

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет**

**Методические указания
для самостоятельного изучения дисциплины
«Электротехника и электроника»**

Уфа 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

Кафедра теоретических основ электротехники

Методические указания
для самостоятельного изучения дисциплин
«Электротехника и электроника»

Уфа 2015

Составители: И.В. Вавилова, И.Е.Чечулина, В.С. Лукманов

УДК 621.3 (07)

ББК 31.2 (я7)

Э45

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплин «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: И.В. Вавилова, И.Е.Чечулина, В.С.Лукманов.-Уфа, 2015. – 86 с.

Содержат сведения о структуре дисциплин, их содержании, рекомендации по изучению дисциплин, а также информацию о требованиях к отчетам по практическим и лабораторным занятиям, рекомендации по выполнению и оформлению курсовой и расчетно-графических работ, перечень теоретических вопросов и типовых задач, выносимых на экзамен и др.

Соответствуют требованиям, предъявляемым Федеральным Государственным образовательным стандартом к содержанию дисциплин «Электротехника и электроника», «Общая электротехника и электроника» «Электротехника», «Электротехника. Электроника».

Предназначены для студентов следующих направлений подготовки *бакалавров*: 13.03.01; 13.03.03; 15.03.01; 15.03.02; 15.03.04; 15.03.05; 15.03.06; 20.03.01; 22.03.01; 23.03.01; 24.03.04; 24.03.05; 25.03.01; 27.03.01; 27.03.05; 28.03.02; и *специалистов*: 20.05.01; 24.05.02; 27.05.01.

Методические указания предназначены для очной, очно-заочной и заочной форм обучения, включая филиалы.

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. кафедры ТОЭ УГАТУ

П.А.Грахов;

канд. техн. наук, доц. кафедры ЭМ УГАТУ

Н.К.Потапчук.

© Уфимский государственный авиационный
технический университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Цели и задачи дисциплины.....	5
2. Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.....	6
3. Тематический план по изучению дисциплины.....	8
3.1. Содержание дисциплины.....	8
3.2. Разделы дисциплины и виды занятий.....	12
4. Указания по изучению дисциплины	12
4.1. Организация работы студента по изучению дисциплины... ..	12
4.2. Общие методические указания к изучению дисциплины....	15
4.3. Указания по изучению разделов дисциплины.....	17
4.4. Указания по работе с литературой	49
4.5. Указания по подготовке к практическим занятиям	53
4.6. Указания по подготовке к лабораторным работам	55
4.7. Указания к самостоятельной работе	58
5. Указания по самоконтролю.....	66
6. Указания по подготовке к промежуточной аттестации.....	66
6.1. Критерии оценки знаний на зачете.....	66
6.2. Критерии оценки знаний на экзамене.....	67
Список использованной литературы.....	86

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания являются составной частью учебно-методического комплекса (УМК) дисциплин «Электротехника и электроника», «Общая электротехника и электроника», «Электротехника», «Электротехника. Электроника» и содержат сведения о структуре дисциплины, ее содержании, а также рекомендации студентам по самостоятельному изучению дисциплины. Все перечисленные дисциплины имеют примерно одинаковую структуру и содержание, поэтому в дальнейшем будут представлены наиболее часто встречающимся названием «Электротехника и электроника». Объем дисциплин варьируется в зависимости от направления – от 3 до 6 ЗЕ.

Методические указания соответствуют требованиям, предъявляемым Федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС) к содержанию и рекомендациям примерной типовой программы, разработанной научно-методическим советом по электротехнике и утвержденной Минобразованием РФ.

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

бакалавров:

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника; 13.03.03 – Энергетическое машиностроение; 15.03.01 – Машиностроение; 15.03.02 – Технологические машины и оборудование; 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств; 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств; 15.03.06 – Мехатроника и робототехника; 20.03.01 – Техносферная безопасность; 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов; 23.03.01 – Технология транспортных процессов; 24.03.04 – Авиастроение; 24.03.05 – Двигатели летательных аппаратов; 25.03.01 – Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей; 27.03.01 – Стандартизация и метрология; 27.03.05 – Инноватика; 28.03.02 – Наноинженерия;

специалистов:

20.05.01 – Пожарная безопасность; 24.05.02 – Проектирование авиационных и ракетных двигателей; 27.05.01 – Специальные организационно-технические системы.

Приведенное в данных методических указаниях содержание дисциплины является наиболее полным. В зависимости от направления подготовки и объема дисциплины содержание может варьироваться, и некоторые разделы могут в него не входить. При использовании методическими указаниями студенты вышеперечисленных направлений найдут полезные рекомендации по изучению всех необходимых им разделов дисциплины «Электротехника и электроника». Кроме того, в данном издании содержится информация о требованиях к отчетам по практическим и лабораторным занятиям, рекомендации по оформлению курсовой и расчетно-графической работы, перечень теоретических вопросов и типовых задач, выносимых на экзамен, рекомендации по работе с литературой и электронным ресурсом кафедры, а также многое другое.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является:

- обеспечение базы подготовки бакалавра и специалиста теоретической и практической подготовки в области электротехники и электроники;
- развитие инженерного мышления;
- приобретение знаний, необходимых для изучения специальных дисциплин, связанных с эксплуатацией электротехнического оборудования;
- развитие творческих способностей, умение формулировать и решать на высоком научном уровне проблемы изучаемой специальности;
- умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания.

Эти цели достигаются на основе фундаментализации образования и широкого применения вычислительной техники в учебном процессе.

Конечной целью обучения является: овладение студентами знаниями, умениями и навыками, необходимыми для квалифицирован-

ного использования того или иного электротехнического устройства для решения проектно-конструкторских задач; теоретическая и практическая подготовка в области электротехники и электроники в такой степени, чтобы они могли выбрать необходимые электротехнические, электронные, электроизмерительные устройства. Уметь правильно их эксплуатировать и составлять совместно с инженерами-электриками технические задания на разработку электрических частей автоматизированных устройств для управления различными установками.

Решаемые задачи: освоение теоретических основ и получение практических навыков по построению моделей и схем замещения электрических цепей, электромагнитных устройств, электрических машин, электронных устройств; расчет основных эксплуатационных характеристик электротехнического оборудования, необходимых как при изучении дальнейших специальных дисциплин, так и в практической деятельности инженеров-механиков при работе с технологическим оборудованием, имеющим электрический привод и современные измерительные системы.

Предшествующие дисциплины, усвоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины:

- *физика* - разделы: электричество и магнетизм;
- *математика* - теория матриц, дифференциальные уравнения и методы их решения, векторный анализ, комплексные числа и действия над ними ;
- *теоретическая механика* - динамика;
- *информатика* – стандартные пакеты прикладных программ;
- *материаловедение* - свойства электротехнических материалов.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ УСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями, соответствующими выбранному направлению обучения или специальности (выбраны наиболее характерные и общие для большинства направлений компетенции):

общекультурными:

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять ме-

тоды математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

- способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов;

- способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива;

профессиональными:

- способностью и готовностью представлять техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД;

- способностью к проведению экспериментов по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата;

- готовностью к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

- способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений;

- умение составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования.

Для приобретения соответствующих компетенций студент должен

- *знать:*

- основные свойства и характеристики электрических цепей;

- принципы действия, конструктивные и эксплуатационные особенности электрических машин;

- основные свойства, характеристики и параметры современных электронных приборов и интегральных микросхем

- *уметь:*

- составлять и читать электротехнические схемы;

- рассчитывать электрические цепи ;

- рассчитывать основные характеристики электротехнических устройств

- *иметь навык:*

- практического анализа работы электрических и электронных цепей;

- чтения и расчета электротехнических схем;

- выбора средств и методов электрических измерений, оценки достоверности получаемых результатов.

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Содержание дисциплины

Содержание дисциплины «Электротехника и электроника» соответствуют Государственным образовательным стандартам (ГОС), содержащих данную дисциплину, а также рекомендациям примерной типовой программы, разработанной научно-методическим советом (НМС) по электротехнике и утвержденной Министерством образования РФ.

Весь объем учебного материала в соответствии с последовательностью изложения можно разделить на следующие части:

- первая - «Электрические и магнитные цепи» содержит обобщение понятий и законов из области электрических и электромагнитных явлений на основе сведений, полученных в курсе физики и развитие теории и методов расчета электрических и магнитных цепей, относящихся ко всем разделам дисциплины;
- вторая - «Электромагнитные устройства и электрические машины» отводится изучению принципа действия, конструкции, основных эксплуатационных характеристик электромагнитных устройств и электрических машин постоянного и переменного токов;
- третья - «Основы электроники и электрические измерения» включает в себя основные сведения об электронных приборах, устройствах, а также измерительных приборах и методах измерений, там, где это предусмотрено образовательным стандартом.

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

Содержание разделов дисциплины:

3.1.1. Введение

Электрическая энергия, особенности ее производства, распределения и области применения. Роль электротехники и электроники в развитии техники. Значение электротехнической

подготовки для бакалавров и инженеров неэлектротехнических направлений. Связь со специальными дисциплинами.

Содержание и структура дисциплины. Методика организации процесса обучения

3.1.2. Электрические и магнитные цепи

3.1.2.1. Электрические цепи постоянного тока

Электрические устройства постоянного тока и области их применения. Условные графические обозначения электротехнических устройств. Схемы замещения электротехнических устройств постоянного тока. Источники и приемники электрической энергии, их вольтамперные характеристики.

Анализ электрического состояния неразветвленных и разветвленных электрических цепей с несколькими источниками электрической энергии путем применения законов Кирхгофа и эквивалентного активного двухполюсника. Применение ЭВМ для расчета электрических цепей.

3.1.2.2. Линейные электрические цепи переменного тока

Электротехнические устройства и электрические цепи переменного тока. Причины широкого распространения электротехнических устройств синусоидального тока промышленной частоты.

Способы представления электрических величин - синусоидальных функций: временными диаграммами, векторами, комплексными числами.

Резисторы, индуктивные катушки, конденсаторы. Условные графические обозначения электротехнических устройств переменного тока. Схемы замещения электрических цепей переменного тока. Элементы схемы замещения: резистивный, индуктивный, емкостной.

Уравнения электрического состояния цепи с последовательно соединенными элементами. Активное, реактивное и полное сопротивление двухполюсника. Векторные диаграммы на комплексной плоскости. Резонанс напряжений и его применение в технике.

Параллельное соединение элементов. Уравнения электрического состояния, векторные диаграммы на комплексной плоскости. Резонанс токов и его применение в технике.

Колебания энергии и мощности в цепях синусоидального тока. Активная, реактивная и полная мощности. Коэффициент мощности.

Исторические предпосылки возникновения трехфазных цепей. Принцип действия трехфазного генератора. Способы изображения симметричной системы ЭДС. Способы соединения обмоток трехфазного источника питания.

Трехпроводная и четырехпроводная цепи. Фазное и линейное напряжения. Условно-положительное направление электрических величин в трехфазной цепи. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь.

Переходные процессы. Причины возникновения переходных процессов, законы коммутации.

3.1.2.3. Магнитные цепи

Магнитные цепи постоянных магнитных потоков. Применение закона полного тока для анализа магнитной цепи.

Магнитные цепи переменных магнитных потоков.

3.1.3. Электромагнитные устройства и электрические машины

3.1.3.1. Трансформаторы

Назначение, области применения трансформаторов. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.

Уравнения электрического и магнитного состояния трансформатора, схемы замещения. Внешние характеристики, паспортные данные трансформаторов.

3.1.3.2. Электрические машины постоянного тока

Основные законы электромеханики. Устройство и принцип действия электрических машин. Понятие об искрении на коллекторе. Формулы ЭДС обмотки якоря и электромагнитного момента.

Двигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Регулирование частоты вращения. Паспортные данные двигателей постоянного тока.

3.1.3.3. Электрические машины переменного тока

Асинхронные машины. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Магнитное поле машины. Механические характеристики. Пуск асинхронных машин с короткозамкнутым и фазным ротором. Регулирование частоты вращения.

Синхронные машины. Синхронные генераторы. Устройство, принцип действия и применение синхронных двигателей малой мощности.

3.1.4. Основы электроники и электрические измерения

3.1.4.1. Электронные приборы

Классификация основных устройств современной электроники, их назначение, история и перспективы развития.

Характеристики, параметры, назначение полупроводниковых резисторов, диодов, тиристоров, биполярных и полевых транзисторов.

Интегральные микросхемы и микроминиатюризация приборов и устройств современной электроники.

3.1.4.2. Электронные устройства

Выпрямители. Электрические схемы и принцип работы выпрямителей. Электрические фильтры. Стабилизаторы напряжения и тока. Внешние характеристики выпрямителей.

Транзисторные усилители. Анализ работы усилителей. Коэффициент усиления, амплитудно-частотные характеристики. Режимы работы и температурная стабилизация.

Операционный усилитель на интегральной микросхеме. Автогенераторы, условия самовозбуждения, генератор синусоидального напряжения.

Импульсное представление информации. Ключевой режим работы транзисторов. Основные логические элементы и их реализация на базе микросхем.

Цифровые электронные устройства. Счетчики импульсов.

3.1.4.3. Электроизмерительные приборы и методы измерения электрических величин

Основные понятия. Метрологические характеристики средств измерений.

Аналоговые измерительные приборы с электромеханическими преобразователями. Устройство, принцип действия, области применения.

Измерение токов, напряжений, сопротивлений, мощности и энергии.

3.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛР
I	Электрические и магнитные цепи	*	*	*
II	Электромагнитные устройства и электрические машины	*	*	*
III	Основы электроники и электрические измерения	*	-	*

В случае, если практические занятия (ПЗ) не предусмотрены учебным планом специальности, то лабораторные работы (ЛР) проводятся как лабораторно-практические занятия, т.е. включают в себя расчетную часть по решению типовых задач по тематике занятия, сочетая проведение расчетов и анализ электрических, магнитных и электронных цепей и схем замещения с экспериментальными исследованиями соответствующих электротехнических и электронных устройств

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 ГОС-ом, 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 «Электротехника и электроника» 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.

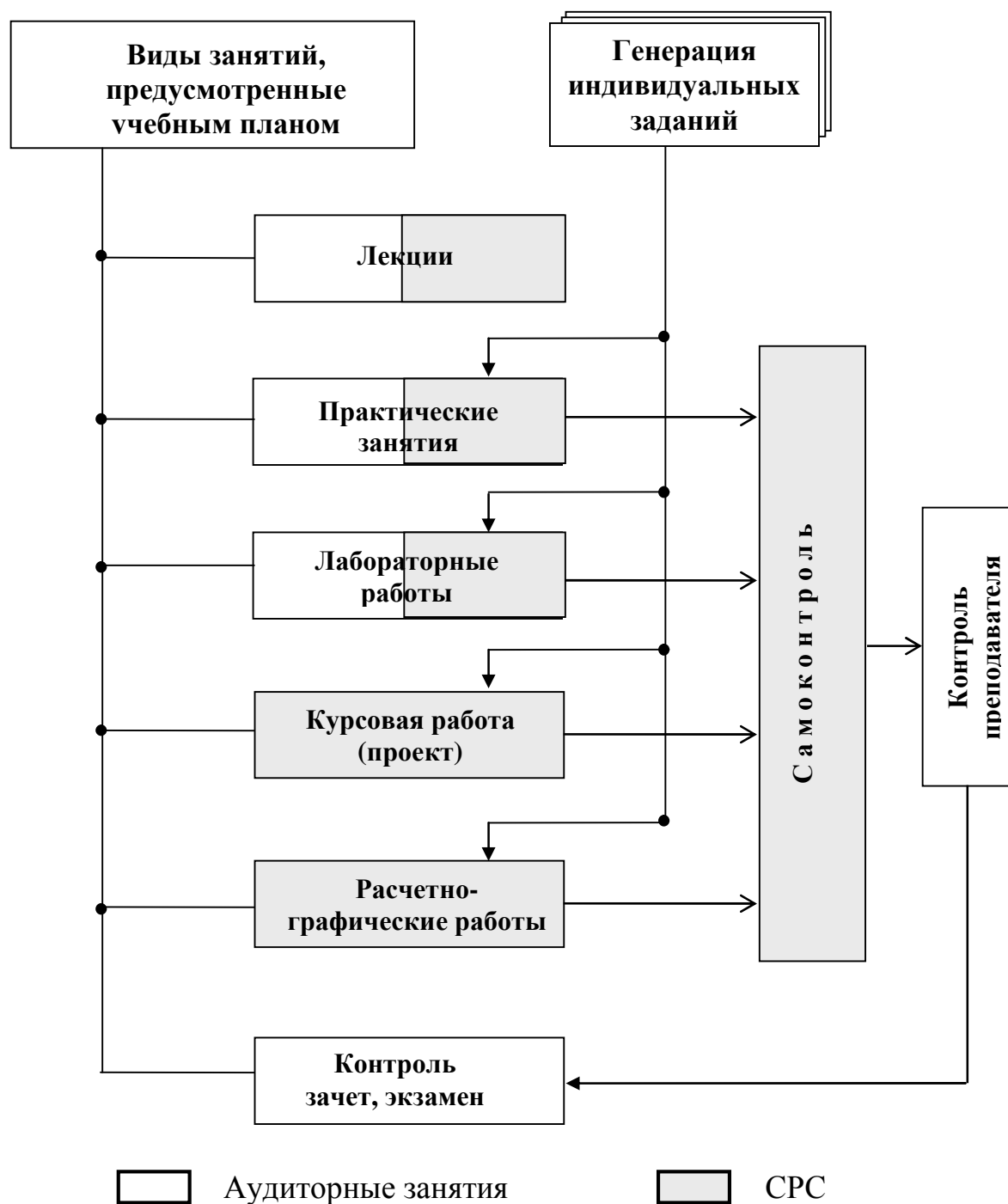


Рис.1. Организация работы студента по изучению дисциплины

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.

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 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 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 к изучению дисциплины

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

2. Изучение предмета 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. Такую 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 электротехнических цепей и машин, 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. Многие законы и определения электротехники являются следствием более общих законов и определений физики и философии. Ряд таких примеров и иллюстраций приводится на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Их следует включать в свой конспект и при самостоятельной работе в них нужно разобраться, понять и усвоить.

8. 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. Электрические и магнитные цепи

Электрические цепи постоянного тока

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, ЭДС, электрической работы, электрической мощности, электрического сопротивления и проводимости. Кроме того, надо помнить о физических факторах, влияющих на электрические сопротивления и проводимости проводников.

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 Ома и 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 ЭДС и сопротивлениям ветвей. Правило составления уравнений на основании этого закона изложено в учебниках и учебных пособиях, указанных в рекомендуемой литературе.

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. После определения токов во всех ветвях следует показать на схеме их действительные направления.

Чрезвычайно 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.

Вопросы для самопроверки

- 1) Чем отличаются между собой источники напряжения и тока? Изобразите для них схемы питания двух параллельных приемников.
- 2) 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.
- 3) Напишите закон Ома для участка цепи, содержащего только приемник энергии (пассивный).
- 4) Напишите обобщенный закон Ома (для активного участка цепи).
- 5) Сформулируйте законы Кирхгофа и напишите их математические выражения.
- 6) Два резистора R_1 и R_2 соединены параллельно. Напишите выражение для эквивалентного сопротивления.
- 7) Напишите выражение для эквивалентного сопротивления трех резисторов (R_1, R_2, R_3), соединенных параллельно.
- 8) Сформулируйте определения понятий линейной и нелинейной цепей постоянного тока.
- 9) Начертите вольтамперную характеристику линейного и какого-нибудь нелинейного элементов.
- 10) Напишите выражение баланса мощности для цепи с несколькими источниками питания и несколькими резисторами.
- 11) Изложите сущность методов расчета разветвленных цепей с несколькими источниками ЭДС; методы непосредственного применения законов Кирхгофа.
- 12) Можно ли для контура, содержащего только пассивные элементы, составить уравнение по второму закону Кирхгофа? Какой вид оно будет иметь?
- 13) Что называется двухполюсником (активным и пассивным) ?
- 14) Изложите сущность метода эквивалентного генератора.
- 15) Изложите на примере расчета простейшей нелинейной цепи сущность графоаналитического метода.
- 16) В цепи действует несколько источников питания. Некоторые из них работают в режиме генератора, а остальные в режиме потребителя. По какому признаку определяется режим работы тех и других источников питания?

Линейные электрические цепи переменного тока

Цепи однофазного переменного тока

При изучении материала этой темы необходимо твердо усвоить основные понятия и определения мгновенных и действующих значений переменных токов и напряжений. 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 и напряжения к их мгновенным значениям. Комплексные числа можно также представить как векторы на комплексной плоскости. Алгебраические действия над синусоидальными величинами можно заменить действиями над комплексными величинами или над векторами. Поэтому алгебра комплексных чисел является основным математическим аппаратом при расчете цепей однофазного синусоидального тока, а векторная алгебра - наглядным средством изображения синусоидально изменяющихся величин.

При расчете цепей синусоидального тока, в отличие от расчета цепей постоянного тока, необходимо учитывать не один, а три пассивных элемента: резистивный, индуктивный и емкостный, которые характеризуются соответственно активным сопротивлением R , индуктивностью L (индуктивным сопротивлением $X_L = \omega L$) емкостью C (емкостным сопротивлением $X_C = 1/\omega C$), где ω - угловая частота.

Индуктивное X_L и емкостное X_C сопротивления определяют не только значения токов в цепи, но также сдвиг фаз между напряжениями и токами.

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 ЭДС самоиндукции и токов смещения на режим цепи. Важным вопросом этой темы является рассмотрение параметров реальных катушек, конденсаторов и сопротивлений.

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 и сопротивления должны входить в уравнения электрического состояния в виде комплексов.

Чрезвычайно полезной иллюстрацией расчета любой электрической цепи является ее топографическая диаграмма, которая 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.

При изучении материала этой темы следует также 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.

Основными законами, применяемыми для расчета электрических цепей, являются законы Кирхгофа.

Вопросы для самопроверки

1) Сформулируйте определение понятия действующего значения синусоидального тока.

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

3) Мгновенное значение тока $i=2,82 \cdot \sin(314t+\pi/2)$. Запишите действующее значение тока в комплексной форме.

4) Как осуществить переход от алгебраической формы записи комплексного тока $\dot{I} = I' + jI''$ к мгновенному значению?

5) Как зависят индуктивное и емкостное сопротивления от частоты?

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

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

8) 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 $u = U_m \sin(\omega t + \psi_i)$. Постройте векторную диаграмму.

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

10) В цепь включены последовательно две катушки с параметрами $R_k=3$ Ом, $L_k=0,0125$ Гн, $f=50$ Гц. и конденсатор емкостью $C=39,8$ мкФ. Действующее значение приложенного напряжения $U=50$ В. Напишите выражения для действующего значения тока и коэффициента мощности цепи. Постройте векторную диаграмму.

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

12) Напишите закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме, а также выражение эквивалентного комплексного сопротивления для смешанного соединения сопротивлений.

13) Начертите треугольники сопротивлений и проводимостей и выведите формулы перехода от сопротивлений к проводимостям и обратно.

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

13) Постройте вектор напряжения \mathcal{U} и вектор тока \dot{I} , сдвинутые между собой по фазе (причем $\varphi > 0$). Разложите тот и другой векторы на активную и реактивную составляющие.

14) Выведите формулу емкости, которая должна быть включена параллельно потребителю для повышения коэффициента мощности цепи.

15) Начертите треугольник мощностей и напишите формулы для расчета мощностей.

16) ЭДС катушки равна 10 В. Чему равен ток, протекающий через нее, если индуктивность $L_k = 0,016$ Гн и частота тока $\omega = 50$ Гц?

Указание. Активным сопротивлением катушки пренебречь.

17) Изобразите простейшую схему фазосдвигающего устройства и напишите в комплексном виде выражения для напряжения на выходе цепи.

Трехфазные цепи

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 имеющих 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.

Необходимо обратить особое внимание на способы определения последовательности фаз для трехфазной системы, а также на измерение мощности с помощью двух ваттметров,. Необходимо подчеркнуть, что схема с двумя ваттметрами получила широкое распространение в электротехнической практике.

Вопросы для самопроверки

1) 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.

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

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

4) Напишите выражения для мгновенных значений токов, образующих симметричную трехфазную систему, если начальная фаза тока в фазе A равна 30° .

5) 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.

6) 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?

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

8) К трехфазной линии подключен электродвигатель. Для повышения коэффициента мощности цепи подключены статические конденсаторы, соединенные треугольником. Начертите соответствующую схему.

9) Трехфазный приемник соединен по схеме "звезда" с нейтральным проводом. Фазные токи в приемнике равны соответственно 50, 80 и 20 А и сдвинуты относительно фазных напряжений соответственно на углы - 30° , -60° и $+60^\circ$. Начертите топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.

10) Изобразите топографическую векторную диаграмму напряжений и покажите на ней векторы токов для трехфазной системы, соединенной по схеме "звезда" с нейтральным проводом, если в одну фазу включен резистор с сопротивлением R , а в две другие - катушки с индуктивностями L_1 и L_2 .

11) Изобразите топографическую векторную диаграмму напряжений и покажите на ней векторы токов для трехфазной системы, соединенной треугольником, если в одну фазу включен элемент с параметром R , во вторую - с параметром L , и в третью - с параметром C .

12) Изобразите схему компенсации реактивной мощности для повышения коэффициента мощности трехфазной системы.

Магнитные цепи

Прежде всего необходимо понять физическую природу и единицы основных магнитных величин Φ , B , μ , H , Iw .

Различие свойств неферромагнитного и ферромагнитного материалов наглядно иллюстрируется зависимостью $B(H)$ - основной характеристикой ферромагнитного материала. Для неферромагнитного материала эта зависимость линейна, а для ферромагнитного - нелинейная. В последнем случае она изображается кривой намагничивания или дается в табличной форме.

Основной закон, используемый при расчете магнитных цепей, - закон полного тока.

При расчете магнитных цепей различают прямую и обратную задачи. Задача определения Iw по заданному магнитному потоку Φ или индукции B называется прямой задачей расчета магнитной цепи. Задача определения Φ (или B) по заданному значению Iw называется обратной задачей расчета магнитной цепи. Для решения этой задачи применяется метод последовательных приближений или графо-аналитический метод.

В начале изучения раздела «Магнитные цепи с переменными магнитными потоками» необходимо обратить внимание на приближенность расчетов таких цепей.

При синусоидальном напряжении на зажимах катушки, кривая тока имеет несинусоидальную форму и, наоборот, в катушке с синусоидальным током на ее зажимах напряжение меняется не по синусоидальному закону.

Формы кривых тока и напряжения в этих случаях зависят от свойств стали и определяются графическим способом.

Необходимо запомнить связь и зависимость потерь в магнитопроводе от частоты и индукции магнитного поля.

Для анализа процессов в катушках со стальными сердечниками пользуются электрической схемой замещения, параметры которой, за исключением активных сопротивлений, имеют расчетный смысл. Причина этого заключается в том, что электрическая схема замещения (эквивалентная схема) не может заменить в работе реальную катушку, так как изменение одного из параметров катушки (витков, воздушного зазора и т. д.) или приложенного напряжения меняет значение почти всех параметров схемы замещения. Иначе говоря, элек-

трическая схема замещения является эквивалентной только при вполне определенных условиях работы реальной катушки.

При расчете разветвленной симметричной магнитной цепи магнитную систему мысленно разрезают по оси симметрии, после чего задача сводится к расчету последовательной магнитной цепи.

Вопросы для самопроверки

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

2) Чему практически равна магнитная проницаемость неферромагнитных материалов?

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

4) Начертите основную кривую намагничивания для какого-либо ферромагнитного материала (чугун, сталь, электротехническая сталь).

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

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

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

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

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

10) Выведите закон Ома для магнитной цепи. Почему это выражение не может быть непосредственно использовано для расчета магнитной цепи?

11) Начертите вольт-амперную характеристику катушки с ферромагнитным сердечником и постройте на том же графике кривую индуктивности.

12) Постройте кривую тока $i(t)$ в катушке с ферромагнитным сердечником, если напряжение на ее зажимах синусоидально.

4.3.2. Электромагнитные устройства и электрические машины

Трансформаторы

Прежде чем приступить к изучению раздела о трансформаторах, необходимо повторить основной закон электромагнетизма - закон электромагнитной индукции - и явления самоиндукции и взаимной индукции, которые лежат в основе принципа работы трансформатора.

Режим холостого хода для первичной обмотки трансформатора аналогичен режиму работы катушки с ферромагнитным сердечником, поэтому этот раздел курса также следует повторить перед изучением темы.

В электротехнике коэффициентом трансформации k называется отношение номинального высшего напряжения трансформатора к номинальному низшему напряжению, т.е. $k = U_{ВН} / U_{НН}$ причем под номинальными понимают напряжения на обмотках трансформатора, работающего в режиме холостого хода.

Под номинальной мощностью трансформатора понимают его полную мощность S_N в номинальном режиме.

Для удобства и упрощения расчетов величины вторичной цепи приводят к числу витков первичной обмотки:

$$I'_2 = \frac{I_2}{k}; \quad U'_2 = kU_2; \quad Z'_H = k^2Z_H; \quad R'_2 = k^2R^2; \quad X'_2 = k^2X_2.$$

Трансформатор в этом случае называется приведенным.

В работе трансформатора важное значение имеет то положение, что при изменении его нагрузки при постоянном первичном напряжении магнитный поток можно считать практически постоянным, поскольку

$$U_1 = 4,44f\omega_1 \Phi_m.$$

Для анализа работы трансформатора применяется такая электрическая схема замещения, в которой отсутствует магнитная связь и величины, характеризующие эту связь, заменены электрическими параметрами. Замечания о свойствах схемы замещения катушки со стальным сердечником целиком относятся и к схеме замещения трансформатора.

Вопросы для самопроверки

- 1) Изобразите (схематически) однофазный трансформатор и объясните принцип его работы.
- 2) Выведите выражения для действующих ЭДС, наводимых в первичной и вторичной обмотках трансформатора основным магнитным потоком.
- 3) В чем состоит режим холостого хода трансформатора? Начертите векторную диаграмму режима холостого хода.
- 4) Что называют коэффициентом трансформации трансформатора?
- 5) Почему на сердечнике трансформатора обмотки высшего и низшего напряжений размещают на общем стержне?
- 6) Напишите уравнение МДС трансформатора.
- 7) В чем состоит явление рассеяния в трансформаторе? Как выражается ЭДС рассеяния обмоток?
- 8) Напишите уравнения напряжений (уравнения электрического состояния) для первичной и вторичной обмоток и объясните смысл каждого из членов этих уравнений.
- 9) Начертите схему замещения трансформатора. Что называют приведенными величинами вторичной обмотки?
- 10) Начертите схему опыта холостого хода трансформатора и объясните, какие величины определяются в этом опыте.
- 11) Почему в опыте холостого хода мощность потерь в меди настолько мала, что ею можно пренебречь?
- 12) Начертите схему опыта короткого замыкания трансформатора и объясните, какие величины определяются в этом опыте.
- 13) Почему в опыте короткого замыкания мощность потерь в стали настолько мала, что ею можно пренебречь?
- 14) Сформулируйте определение напряжения короткого замыкания; назовите его примерное значение.
- 15) Напишите общее выражение для КПД трансформатора с учетом относительного значения вторичного тока (с учетом коэффициента нагрузки).
- 16) Как осуществляется трансформирование трехфазной цепи?
- 17) Изобразите условно-логическую схему и объясните по ней принцип работы трансформатора.

Электрические машины постоянного тока

При изучении данной темы прежде всего необходимо усвоить принцип действия генератора и двигателя постоянного тока, предварительно повторив из курса физики закон электромагнитной индукции (ЭМИ) – закон Фарадея и закон электромагнитной силы (ЭМС) – закон Ампера. Следует уяснить принцип обратимости применительно к машине постоянного тока, обратив внимание на роль противодействующего и вращающего моментов, напряжения и ЭДС машины.

Основными величинами, характеризующими работу машины постоянного тока, являются: вырабатываемая мощность P , напряжение на зажимах U , ток возбуждения I_B ток якоря $I_я$, частота вращения n , электромагнитный момент $M_{эм}$.

Основные зависимости, полученные из закона электромагнитной индукции и закона электромагнитной силы описываются равенствами:

$$E_я = C\Omega\Phi, \quad M = C\Phi I_я$$

Важнейшей для двигателя является механическая характеристика $n(M)$ -зависимость частоты вращения от момента на валу. Она показывает влияние механической нагрузки на валу двигателя на частоту вращения, что особенно важно знать при выборе и эксплуатации двигателей.

Механические характеристики могут быть естественными и искусственными. Под естественными понимают характеристики, снятые при отсутствии в схеме каких-либо дополнительных сопротивлений, под искусственными - при наличии таких сопротивлений.

К пуску двигателя предъявляются два основных требования: обеспечить необходимый для троганья с места и разгона якоря вращающий момент; не допускать при пуске протекания через якорь чрезмерно большого тока, опасного для двигателя. Практически возможны три способа пуска: прямой пуск, пуск при включении реостата в цепь якоря и пуск при пониженном напряжении в цепи якоря.

Характеристики двигателей постоянного тока зависят от схемы включения обмотки возбуждения по отношению к обмотке якоря. Различают двигатели с независимым, параллельным, последовательным и смешанным включением обмотки возбуждения. Все эти схемы надо знать на память.

Особое внимание следует обратить на механические свойства двигателей постоянного тока. Только зная эти свойства, можно ре-

шить вопрос о пригодности того или иного двигателя постоянного тока для привода определенного механизма. Лишь на основе этих свойств станет понятно, почему для привода металлорежущего станка применяется двигатель параллельного возбуждения, а для привода подъемного механизма или двигателя электротранспорта - двигатель последовательного возбуждения.

Вопросы для самопроверки

1) Изобразите схематически устройство машины постоянного тока.

2) Объясните принцип работы машины постоянного тока в качестве генератора и двигателя.

3) Объясните устройство и назначение коллектора.

4) Начертите характеристику холостого хода. Объясните, почему при токе возбуждения, равном нулю, ЭДС якоря не равна нулю.

5) Изобразите картину магнитного поля в машине постоянного тока для трех случаев: а) при холостом ходе (ток в обмотке якоря отсутствует) ; б) при наличии тока только в обмотке якоря; в) при наличии тока в обеих обмотках (возбуждения и якоря).

6) Объясните сущность явления реакции якоря. Как она влияет на работу машины?

7) Что называется коммутацией в машине постоянного тока? Какие процессы с нею связаны?

8) Какие существуют средства ослабления влияния реакции якоря? Какие существуют способы улучшения коммутации?

9) Напишите уравнения по второму закону Кирхгофа для цепи якоря машины, работающей в режимах генератора и двигателя.

10) Начертите электрическую схему машины постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением.

11) Напишите уравнения по первому закону Кирхгофа для машины с параллельным возбуждением, работающей в режимах генератора и двигателя.

12) Изобразите графически зависимости $n(M)$ для машин с параллельным и последовательным возбуждением.

13) Напишите формулы механических характеристик двигателей с параллельным и последовательным возбуждением.

14) Перечислите способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока и укажите их преимущества и недостатки.

15) Начертите в общей системе координатных осей три механических характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением — естественную и две искусственные : а) при включении реостата в цепь якоря; б) при включении регулировочного реостата в цепь обмотки возбуждения.

16) Изобразите схему включения двигателя с параллельным возбуждением, позволяющую реверсировать двигатель.

17) Изобразите условно-логическую схему генератора постоянного тока независимого возбуждения и объясните по ней принцип его работы.

18) Изобразите условно-логическую схему двигателя постоянного тока смешанного возбуждения и объясните по ней принцип его работы.

Электрические машины переменного тока

Асинхронные двигатели

Асинхронные двигатели относятся к классу электрических машин переменного тока. В отличие от машин постоянного тока магнитное поле возбуждается в них трехфазной системой переменного тока.

В данной теме рассматривается одно из чрезвычайно 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.

Асинхронные двигатели включаются в трехфазную сеть по схемам – звезда и треугольник, все расчеты электрических параметров (токов в обмотках и потребляемого тока, потребляемой мощности) проводятся, как это было рассмотрено в трехфазных цепях.

Необходимо четко представлять, что для создания вращающегося момента в двигателе, требуется наличие тока ротора, который образуется от ЭДС ротора, возникающей из-за разности скоростей магнитного поля и ротора – поэтому двигатель называется асинхронным.

Частота вращения n_1 магнитного поля больше частоты вращения n_2 ротора. Относительная разность этих частот $s = (n_1 - n_2)/n_1$ называется скольжением и существенно зависит от нагрузки двигателя.

Необходимо усвоить связь между ЭДС, частотой тока и индуктивным сопротивлением вращающегося и неподвижного ротора – при пуске $s = 1$, а индуктивное сопротивление ротора максимально.

Основной характеристикой является механическая характеристика $n_2(M)$, которая имеет достаточно сложный вид. Построение этой характеристики по паспортным данным двигателя является одной из основных задач данной темы.

Вопросы для самопроверки

- 1) Изобразите схематически устройство асинхронной машины.
- 2) Как происходит возбуждение вращающегося магнитного поля трехфазной системой токов?
- 3) Объясните принцип работы асинхронного двигателя по условно-логической схеме.
- 4) Что называется скольжением в асинхронном двигателе? Как измеряется скольжение?
- 5) Как зависит частота вращения вращающегося магнитного поля от частоты напряжения питающей сети и конструкции обмотки статора?
- 6) Как осуществить изменение направления вращения ротора двигателя?
- 7) Чему равна частота ЭДС в роторе, если частота в сети равна 50 Гц, а скольжение составляет 2 %?
- 8) При каких условиях асинхронная машина работает в режиме:
а) генератора; б) электромагнитного тормоза?
- 9) Напишите выражения для ЭДС, наводимой в неподвижном и вращающемся роторах.
- 10) Выведите выражение для вращающего момента двигателя. Начертите кривую $M(s)$.
- 11) Какая часть кривой $M(s)$ соответствует устойчивой работе двигателя и какая - неустойчивой?
- 12) Что называется механической характеристикой электродвигателя? Начертите естественную механическую характеристику асинхронного двигателя.

13) Как влияет значение сопротивления цепи ротора на пусковые свойства асинхронного двигателя?

14) Какие существуют пути уменьшения пускового тока в асинхронном двигателе с короткозамкнутым ротором?

15) Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.

16) Начертите искусственную механическую характеристику асинхронного двигателя с фазным ротором при регулировании частоты вращения путем включения реостата в цепь ротора.

17) Начертите искусственные механические характеристики двигателя при регулировании частоты вращения путем изменения частоты питающего напряжения.

18) Начертите искусственные механические характеристики двигателя при регулировании частоты вращения путем изменения числа пар полюсов.

Синхронные машины

В теории синхронных машин важное место отводится работе синхронной машины, присоединенной к сети, которая питается мощными генераторами. Исходят из предположения, что общая мощность генераторов несоизмеримо велика по сравнению с мощностью синхронной машины (сеть большой мощности). В соответствии с этим считают, что любое изменение режима работы рассматриваемой машины не в состоянии оказать заметного влияния на электрическое состояние сети, которое можно, следовательно, считать неизменным.

Синхронная машина, присоединенная к сети, может работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя. В обоих режимах вращение ротора происходит с синхронной частотой без каких-либо устройств для поддержания синхронизма.

Изучение процессов, происходящих в синхронной машине, можно существенно облегчить, если воспользоваться механической моделью. Трехфазная система токов в обмотке якоря создает вращающееся магнитное поле. Это поле может быть заменено полюсной системой, скользящей вдоль внутренней поверхности статора с постоянной угловой скоростью, равной частоте вращения магнитного поля. Две вращающиеся полюсные системы - ротора и воображаемая, эквивалентная вращающемуся магнитному полю - статора, неподвижны одна относительно другой. Между ними возникают силы маг-

нитного притяжения, которые могут быть уподоблены упругим связям, соединяющим обе системы. Благодаря этим связям достигается синхронность вращения ротора и магнитного поля.

В случае повышения известного предела нагрузки машины происходит разрыв упругих связей. В результате частота вращения ротора становится не зависящей от частоты вращения магнитного поля. Это явление называется выпадением из синхронизма. Работа синхронной машины в таком режиме невозможна.

Упругие связи между двумя вращающимися полюсными системами могут появиться только в случае, если обе системы вращаются синхронно, а их полюсы расположены надлежащим образом - полюс одной системы против полюса другой системы.

Очень важную роль в синхронной машине играет реакция якоря, т.е. воздействие магнитодвижущей силы якоря на основное магнитное поле, создаваемое МДС возбуждения ротора. Магнитный поток создается магнитодвижущей силой, которая складывается из МДС обмотки возбуждения и МДС обмотки якоря. Для неизменности амплитудного значения магнитного потока необходимо, чтобы результирующая магнитодвижущая сила также оставалась неизменной. Всякое изменение тока в обмотке возбуждения ротора влечет за собой изменение значения и фазы тока в обмотке якоря и соответственное изменение МДС обмотки якоря. В частности, если вследствие увеличения тока в обмотке возбуждения ЭДС якоря станет (по модулю) больше, чем напряжение в сети ("перевозбуждение"), то синхронная машина, работающая в режиме двигателя, будет принуждена к потреблению из сети тока, опережающего по фазе напряжение сети. Иначе говоря, синхронный двигатель в этих условиях представляет собой активно-емкостную нагрузку.

Вопросы для самопроверки

1) Изобразите схематически устройство синхронной машины. Начертите ее электрическую схему.

2) Напишите выражение для действующего значения ЭДС синхронного генератора при холостом ходе.

3) В чем заключается явление реакции якоря в синхронной машине?

4) Какова физическая сущность синхронного индуктивного сопротивления?

- 5) Перечислите условия и порядок включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью трехфазного тока.
- 6) Изложите принцип работы синхронного двигателя.
- 7) Почему пуск в ход синхронного двигателя осуществляется более сложным образом, чем пуск асинхронного двигателя?
- 8) Начертите механическую и угловую характеристики синхронного двигателя.
- 9) Как влияет изменение тока возбуждения на режим работы синхронного двигателя?
- 10) Возможно ли регулирование частоты вращения в синхронном двигателе?
- 11) Что называется выпадением синхронного двигателя из синхронизма?

4.3.3. Основы электроники и электрические измерения

Основы электроники

Электронные приборы

Прежде, чем приступать к изучению данной темы, необходимо вспомнить из курса физики *свойства полупроводниковых материалов*, примесную проводимость: материалы с p - проводимостью и с n - проводимостью.

Полупроводниковые материалы (германий, кремний) по своему удельному электрическому сопротивлению занимают место между проводниками и диэлектриками. Разная величина проводимости у металлов, полупроводников и диэлектриков обусловлена разной величиной энергии, которую надо затратить на то, чтобы освободить валентный электрон от связей с атомами, расположенными в узлах кристаллической решетки. Причем проводимость полупроводников в значительной степени зависит от наличия примесей и температуры.

В полупроводниках присутствуют подвижные носители заряда двух типов: отрицательные электроны и положительные дырки.

Если валентный электрон разорвал ковалентную связь и стал свободным, то в том месте, где он находился, будет преобладать положительный заряд, равный по абсолютной величине заряду электрона. Эти вакантные места, появляющиеся в валентных связях, называются дырками. Процесс возникновения свободного электрона и дырки называется генерацией. Свободный электрон может занять дырку

и вновь стать валентным. Процесс, приводящий к исчезновению свободного электрона и дырки, называется рекомбинацией.

Если в кристаллическую решетку 4-валентного кремния ввести примесь 5-валентного элемента (фосфора P , сурьмы Sb , мышьяка As), то четыре валентных электрона каждого примесного атома примут участие в образовании ковалентных связей с четырьмя соседними атомами кремния, а пятый валентный электрон окажется избыточным. Он слабо связан с атомом и легко превращается в свободный. При этом атом примеси превращается в положительный неподвижный ион. Увеличение концентрации свободных электронов увеличивает вероятность рекомбинации, поэтому концентрация дырок уменьшается. При нормальной температуре практически все атомы примеси превращаются в положительные неподвижные ионы, а число свободных электронов значительно превышает число дырок. Основными носителями заряда в таких полупроводниках являются электроны, поэтому такой полупроводник называется полупроводником n -типа (электронного типа). Неосновными носителями заряда в нем являются дырки. Примеси, атомы которых отдают электроны, называют донорами.

При введении примеси 3-валентного элемента (бора B , индия In , алюминия Al) три валентных электрона каждого атома примеси принимают участие в образовании только трех ковалентных связей, а для четвертой связи атом примеси забирает электрон из какой-либо другой связи между атомами кремния, образуя при этом дырку. Атом примеси превращается в отрицательный неподвижный ион. Таким образом, 3-валентная примесь увеличивает концентрацию дырок, что свою очередь уменьшает концентрацию электронов. Основными носителями заряда таких полупроводников являются дырки, поэтому полупроводник называется полупроводником p -типа (дырочного типа). Неосновными носителями заряда являются электроны. Примеси, отбирающие электроны, называются акцепторами.

Чтобы примесная проводимость преобладала над собственной концентрация атомов примеси N должна превышать концентраций электронов n_i и дырок p_j в собственном полупроводнике ($n_i = p_j$). Практически всегда N гораздо больше n_i и p_j .

Концентрация основных носителей определяется концентрацией примеси и практически не зависит от температуры, так как уже при комнатной температуре все атомы примеси ионизированы, а число

основных носителей, возникающих за счет генерации пар электрон-дырка, пренебрежимо мало по сравнению с общим числом основных носителей. В то же время концентрация неосновных носителей мала и сильно зависит от температуры, увеличиваясь в 2-3 раза при увеличении температуры на каждые 10°C .

Особое внимание необходимо обратить на принцип действия и характеристику $p-n$ перехода, т.к. именно они определяют свойства полупроводниковых приборов. Причем очень важным является количество $p-n$ переходов в приборе, т.к. их взаимодействие также влияет на принцип действия и свойства приборов.

После этого можно переходить к изучению основных полупроводниковых приборов.

Полупроводниковым диодом называется электропреобразовательный полупроводниковый прибор с одним выпрямляющим электрическим переходом, имеющий два вывода.

Обычно концентрации основных носителей заряда (дырок в слое p и электронов в слое n) сильно различаются. Слой полупроводника, имеющий большую концентрацию, называют эмиттером, а имеющий меньшую концентрацию, - базой.

Далее необходимо рассмотреть основные элементы диода ($p-n$ -переход и невыпрямляющий контакт металл-полупроводник), физические явления, лежащие в основе работы диода, а также важные понятия, используемые для описания диода. Глубокое понимание физических явлений и владение указанными понятиями необходимо не только для того, чтобы правильно выбирать конкретные типы диодов, но и для того, чтобы определять режимы работы соответствующих схем при выполнении традиционных расчетов по той или иной методике. В связи с быстрым внедрением в практику инженерной работы современных систем схемотехнического моделирования эти явления и понятия приходится постоянно иметь в виду.

Транзистор - нелинейный элемент, обладающий усилительными свойствами, является основным элементом усилителей - электронных устройств, предназначенных для усиления напряжения, тока или мощности слабых входных электрических колебаний (сигналов) за счет энергии источника питания. Управление процессом усиления осуществляется входным сигналом, воздействующим на транзистор.

В полупроводниковой технике применяют два вида транзисторов - биполярные и полевые.

Биполярный транзистор - это электропреобразовательный полупроводниковый прибор с двумя $p-n$ переходами и тремя выводами (эмиттер, база и коллектор), пригодный для усиления мощности. Термин "биполярный" говорит о наличии в транзисторах данного класса двух различных типов носителей заряда - электронов и дырок, что связано со свойствами полупроводника. В зависимости от порядка чередования областей с дырочной (p) и электронной (n) проводимостями, образующих $p-n$ переходы, различают транзисторы двух типов: $p-n-p$ и $n-p-n$.

Включение транзистора в электронную схему производится таким образом, что один его электрод является общим для входной и выходной цепей, в соответствии с этим возможны три схемы включения транзистора: а) с общим эмиттером (с ОЭ); б) с общим коллектором (с ОК); в) с общей базой (с ОБ). Наиболее распространенная схема с ОЭ.

Далее представляется важным изучение основных характеристик транзистора, которые определяют свойства устройств, выполненных на основе этих транзисторов.

Основные характеристики транзистора по схеме с общим эмиттером - вольтамперные (ВАХ):

- входные (базовые) – зависимости тока I_B от напряжения на входе цепи $U_{BЭ}$ при различных значениях напряжения между коллектором и эмиттером $U_{КЭ}$;

- выходные (коллекторные) - зависимости тока I_K от напряжения между коллектором и эмиттером $U_{КЭ}$ при различных токах базы I_B .

Полевыми транзисторами называют активные полупроводниковые приборы, в которых выходным током управляют с помощью электрического поля (в биполярных транзисторах выходной ток управляется входным током). Полевые транзисторы называют также униполярными, так как в процессе протекания электрического тока участвуют только основные носители.

Различают два вида полевых транзисторов: с управляющим переходом и с изолированным затвором.

Для полевого транзистора, как и для биполярного, выделяют три схемы включения. Для полевого транзистора это схемы с общим за-

твором (ОЗ), общим истоком (ОИ) и общим стоком (ОС). Наиболее часто используются схемы с общим истоком.

Тиристорами называют полупроводниковые приборы с двумя устойчивыми режимами работы (включен, выключен), имеющие три или более *p-n*-переходов.

Тиристор по своему принципу - прибор ключевого действия. Во включенном состоянии он подобен замкнутому ключу, а в выключенное - разомкнутому ключу. Те тиристоры, которые не имеют специальных электродов для подачи сигналов с целью изменения состояния, а имеют только два силовых электрода (анод и катод), называются неуправляемыми, или диодными тиристорами (динисторами). Иные тиристоры называют управляемыми тиристорами или просто тиристорами. Они являются основными элементами в силовых устройствах электроники, которые называют также устройствами преобразовательной техники. Типичными представителями таких устройств являются управляемые выпрямители (преобразует переменное напряжение в однонаправленное) и инверторов (преобразуют постоянное напряжение в переменное).

Интегральная схема (ИС) - микросэлектронное изделие (т. е. изделие с высокой степенью миниатюризации), выполняющее определенную функцию преобразования и обработки сигнала и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов (или элементов и компонентов) и (или) кристаллов, которое рассматривается как единое целое.

Элемент интегральной схемы - часть интегральной схемы, реализующая функцию какого-либо полупроводникового прибора (резистора, диода, транзистора и т. д.), причем эта часть выполнена нераздельно от других частей и не может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации.

Компонент интегральной схемы в отличие от элемента может быть выделен как самостоятельное изделие с указанной выше точки зрения.

Интегральные схемы подразделяют на аналоговые (операционные усилители, источники вторичного электропитания и др.) и цифровые (логические элементы, триггеры и т. п.).

Вопросы для самопроверки

- 1) Назовите два основных материала, используемые в полупроводниковой технике и охарактеризуйте их.
- 2) Какой проводимостью обладают полупроводники?
- 3) Назовите основное свойство *p-n*-перехода.
- 4) Какие приборы строятся на базе одного *p-n*-перехода?
- 5) Перечислите и охарактеризуйте основные виды полупроводниковых диодов?
- 6) Приведите вольт-амперную характеристику (ВАХ) диода и поясните ее участки.
- 7) Поясните принцип действия биполярного транзистора.
- 8) Назовите и охарактеризуйте режимы работы биполярного транзистора.
- 9) Проведите сравнение включения биполярного транзистора по схемам с ОЭ, ОБ и ОК.
- 10) Поясните принцип действия полевого транзистора.
- 11) Для чего предназначен тиристор?
- 12) В чем суть элементарной интеграции? Назовите виды интегральных микросхем.

Электронные устройства

При изучении данной темы необходимо понимать, что именно свойства полупроводниковых приборов определяют возможности и функциональное назначение тех или иных устройств.

К одним из важных электронных устройств относятся преобразовательные устройства, предназначенные для получения напряжения, необходимого для непосредственного питания электронных и других устройств, которые называются *вторичные источники питания*. Они являются одними из наиболее важных устройств электроники, т.к. надежность того или иного устройства существенно зависит от надежности именно источников питания.

Выпрямитель - статическое устройство, служащее для преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока. Выпрямитель состоит из трансформатора, выпрямительной группы и сглаживающего фильтра. Работа выпрямителя основана на свойствах вентилей - нелинейных двухполюсников, пропускающих ток преимущественно в одном (прямом) направлении. В качестве вентилей

используют обычно полупроводниковые диоды, принцип работы которых основан на свойствах $p-n$ перехода в полупроводниках.

Наиболее распространенные схемы однофазного выпрямления: однополупериодная, двухполупериодная мостовая, двухполупериодная с выводом средней точки трансформатора.

Однополупериодная схема служит для питания цепей малой мощности. Она наиболее проста, но имеет высокий уровень пульсации, достаточно малую величину выпрямленного напряжения и характеризуется подмагничиванием сердечника трансформатора постоянной составляющей тока.

Этих недостатков лишены более мощные двухполупериодные выпрямители, в которых используется напряжение сети в оба полупериода его изменения во времени.

В схеме с выделенной средней точкой вторичной обмотки трансформатора требуется применение специального трансформатора ($U'_{вх}$ и $U''_{вх}$ должны быть равны по величине и противоположны по фазе). Конструкция мостовых выпрямителей проще, а габариты, масса и стоимость трансформатора, а также максимальное обратное напряжение на закрытых вентилях меньше (в два раза), чем у выпрямителей с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора. Недостатком мостовых выпрямителей следует считать необходимость в удвоенном количестве вентилях.

Трехфазные выпрямители обычно являются устройствами средней и большой мощности, их существует два типа.

Выпрямитель с нейтральным выводом имеет по одному вентилю в каждой фазе, катоды которых подключены к нагрузке. Вентили работают поочередно, каждый в течение одной трети периода (потенциал анода работающего вентиля более положителен, чем анодные потенциалы двух других вентилях). Когда любой из вентилях закрыт, к нему приложено обратное напряжение, равное линейному.

В схеме трехфазного мостового выпрямителя первичную и вторичную обмотки трансформатора можно соединять как звездой, так и треугольником. Схема имеет шесть вентилях, которые работают попарно.

Для сглаживания (уменьшения пульсаций) выпрямленного напряжения применяют сглаживающие фильтры, которые включают между вентиляльной группой и нагрузкой.

Сглаживающий фильтр содержит реактивные элементы - конденсаторы и индуктивные катушки, которые способны запасать энергию, соответственно, в виде энергии электрического и магнитного поля. Сопротивления этих элементов зависят от частоты протекающего через них тока.

Усилитель - это электронное устройство (четырёхполюсник), управляющее потоком энергии, идущей от источника питания к нагрузке. Мощность, требующаяся для управления, как правило, намного меньше мощности, отдаваемой в нагрузку, а формы входного (усиливаемого) и выходного (на нагрузке) сигналов совпадают

Усилители используются для компенсации потерь при передаче информационных сигналов на большие расстояния, для обеспечения работы регистрирующих устройств, для создания нормальных условий восприятия информации человеком и т. д. Например, для обеспечения работы громкоговорителей мультимедиа-компьютера, как правило, требуется усилитель, так как поступающие от источников звуковые сигналы имеют недостаточную мощность.

По усиливаемой электрической величине различают усилители мощности, напряжения и тока. Коэффициент передачи усилителя по одному из указанных электрических параметров, как правило, много больше единицы. По другим параметрам коэффициент передачи усилителя может быть меньше единицы. Однако у всех усилителей по определению коэффициент передачи по мощности должен быть больше единицы. Поэтому, например, повышающий трансформатор, у которого коэффициент передачи по напряжению может быть больше единицы, усилителям не относится.

По диапазону усиливаемых частот усилители делятся на усилители постоянного тока (УПТ), усилители низкой (звуковой) частоты (УНЧ), усилители высокой частоты (УВЧ) и СВЧ-усилители (сверхвысокой частоты). В компьютерах, например, УПТ используются в источниках питания, УНЧ в звуковых платах, УВЧ и СВЧ-усилители - в приемниках радио и телевизионных сигналов.

По используемым элементам различают усилители на транзисторах, микросхемах, и т.д.

По режимам работы различают линейные и нелинейные усилители, линейных усилителей уровни входных и выходных сигналов малы, поэтому все элементы усилителя при воздействии малых перемены сигналов характеризуются линейной зависимостью между то-

ками приложенными напряжениями. Если амплитуда сигнала велика, линейная зависимость между токами и напряжениями нарушается возникает нелинейный режим работы усилителя.

Усилители классифицируют также по числу каскадов, по назначению, по полосе усиливаемых частот, по характеру усиливаемого сигнала и т. д.

Основные параметры и характеристики усилителей.

Работа усилительных каскадов характеризуется коэффициентами усиления:

- по напряжению $K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ max}}}{U_{\text{ВХ max}}}$,

- току $K_I = \frac{I_{\text{ВЫХ max}}}{I_{\text{ВХ max}}}$

(в случае гармонических сигналов амплитудные значения токов и напряжений могут быть заменены их действующими значениями),

- мощности $K_P = K_U K_I$,

а также входным $R_{\text{ВХ}} = dU_{\text{ВХ}}/dI_{\text{ВХ}}$ и выходным $R_{\text{ВЫХ}} = dU_{\text{ВЫХ}}/dI_{\text{ВЫХ}}$ сопротивлениями.

Помимо коэффициента усиления, важным количественным показателем является коэффициент полезного действия. Роль этого показателя особенно возрастает для мощных, как правило, выходных каскадов усилителя.

К одной из основных характеристик усилителей относится амплитудная (амплитудно-частотная) характеристика (АЧХ) характеристика усилителя - это зависимость амплитуды выходного напряжения (тока) от амплитуды входного напряжения (тока).

Реактивные элементы схемы создают также и частотно-зависимый фазовый сдвиг φ между выходным и входным напряжениями (зависимость фазового сдвига φ от частоты входного сигнала f называется фазо-частотной характеристикой (ФЧХ)). Сдвиг по фазе связан со сдвигом во времени: если составляющие спектра частот сигнала сдвигаются на некоторые промежутки времени, то изменяется форма кривой выходного сигнала, что говорит о фазовых искажениях.

Схемотехника усилителей на транзисторах отличается многообразием и сложностью. Однако в этом многообразии можно выделить основные схемы, на основе которых строятся более сложные схемы. |

При использовании биполярных транзисторов различают: усилитель с общим эмиттером (ОЭ), усилитель с общей базой (ОБ) и усилитель с общим коллектором (ОК). По переменному напряжению в этих схемах с так называемой общей точкой, в частности с корпусом усилителя, соединяется, соответственно, эмиттер, база или коллектор транзистора. Однако наиболее широкое распространение нашла схема с общим эмиттером, поскольку при малой величине входного (управляющего) тока базы I_b выходной коллекторный ток достаточно большой (практически равен эмиттерному $I_k \gg I_b$).

Усилители на полевых транзисторах также строятся с использованием трех основных схем. В зависимости от вывода транзистора, соединяемого с нулевой шиной, различают усилители с общим истоком, с общим затвором и с общим стоком. Свойства этих усилителей аналогичны свойствам усилителей на биполярных транзисторах.

Устройства импульсной техники

Мультивибратор - автогенератор, формирующий периодическую последовательность импульсов, форма которых близка к прямоугольной. Генерируемые им колебания (импульсы, близкие по форме к прямоугольной) имеют широкий спектр частот, что и определило название автогенератора (мультивибратор - генератор множества колебаний). Схемы мультивибраторов строятся на усилителях с положительной обратной связью. В качестве активных элементов в них используют транзисторы и туннельные диоды. Мультивибраторы выпускают как на отдельных (дискретных) элементах, так и в интегральном исполнении. Они бывают симметричные и несимметричные. Рассмотрим мультивибраторы на биполярных транзисторах. Мультивибратор в режиме автоколебаний представляет собой двухкаскадный усилитель на биполярных транзисторах. База одного транзистора соединена с коллектором другого через конденсаторы, которые обеспечивают положительную обратную связь. Схема симметрична по структуре, а параметры симметричных элементов одинаковы. При рассмотрении процессов, происходящих в мультивибраторе, надо помнить, что потенциалы баз и коллекторов каждого транзистора

Триггерами называют устройства, обладающие двумя состояниями устойчивого равновесия и способные под воздействием внешнего управляющего сигнала скачком переходить из одного устойчивого состояния в другое.

Триггеры выполняют как на отдельных (дискретных) элементах, так и методами интегральной технологии. Их широко используют в различных устройствах, в которых они выполняют функции переключателей, счетных, пороговых и запоминающих элементов. Они составляют 20-40% оборудования ЭВМ. Несмотря на то, что в настоящее время триггеры на дискретных схемах выполняют редко, физические процессы удобнее рассматривать именно на таких схемах. На практике наиболее часто встречаются схемы с коллекторно-базовыми связями (симметричные) и с эмиттерной связью.

В качестве активного элемента используют биполярные и полевые транзисторы, туннельные диоды.

Различают несколько разновидностей триггеров: *RS*-триггер, *D*-триггер, *JK*- триггер, *T*- триггер. Если для изменения состояния триггера используется синхронизирующий сигнал, то триггер называется синхронным (синхронизируемым). Если синхронизирующие сигналы не используются, то триггер называется асинхронным.

Элементы вычислительных устройств

Логические элементы

В цифровых вычислительных машинах, устройствах автоматики и обработки информации используют устройства, осуществляющие логические операции (операции булевой алгебры). Булева алгебра - математический аппарат формального описания процессов в цифровых устройствах, оперирует с логическими переменными, принимающими одно из двух возможных значений - 0 или 1.

Логическая операция - это преобразование по правилам алгебры логики входной цифровой информации в выходную. Простейшее в функциональном отношении логическое устройство, выполняющее одну определенную логическую операцию над входными сигналами, называют логическим элементом.

В алгебре логики истинность суждения или высказывания о результатах той или иной логической операции обозначают символом 1, ложность - 0. Таким образом, логические переменные в алгебре логики принимают лишь два значения: единицу и ноль. Их называют двоичными переменными. Чтобы реализовать алгебру логики на электронных элементах, необходимо значение параметров этих элементов перевести на язык алгебры логики (0 или 1). Задавать значе-

ния параметров можно уровнем напряжения или полярностью импульсов.

Если сигналы подают в виде высокого (положительной или отрицательной полярности) и низкого (близкого к нулю) уровня напряжения, то такой способ подачи сигнала называют потенциальным. Если высокому уровню напряжения приписывают значение "единица", а низкому - "нуль", то логику называют положительной (позитивной), в противном случае - отрицательной (негативной). Разность уровней единицы и нуля называют логическим перепадом. Он должен быть значительным, иначе нельзя будет четко разделить один уровень от другого.

Если сигналы подают в импульсной форме, то такой способ подачи сигнала называют импульсным (динамическим). При этом логической единице соответствует наличие фронта импульса, логическому нулю - срез импульса (положительная логика). Сигналы, соответствующие 1 (или 0), могут быть на входе и выходе разными.

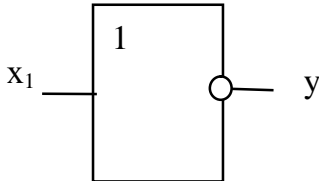
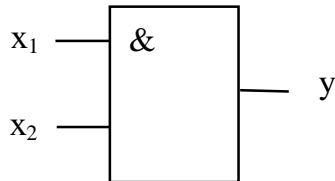
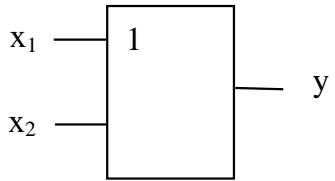
Система логических элементов, на базе которой можно строить логическую схему любой сложности, называется функционально полной. Основными и наиболее простыми логическими элементами являются элементы, выполняющие операции отрицания (НЕ), конъюнкции (И), дизъюнкции (ИЛИ). Они составляют функционально полную систему и являются системой минимального базиса.

Основные логические функции реализуются в базовых логических элементах, которые представлены в таблице истинности, приведенной ниже.

Таблица истинности содержит правила выполнения операций. В каждой ее строке записывают состояние сигналов на входах (x_i) и результат логической операции на выходе (y). В общем случае логические элементы могут иметь и несколько (более чем два) входов.

Функционально полную систему могут обеспечить составные (комбинированные) логические элементы, выполняющие логические операции И - НЕ, ИЛИ - НЕ.

Логические элементы И и ИЛИ могут выполняться на резисторах, диодах, биполярных и полевых транзисторах и туннельных диодах. Элемент НЕ выполняется на транзисторах.

НЕ	И	ИЛИ																																				
																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	1	0	0	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x₁</th> <th>x₂</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	x ₁	x ₂	y	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x₁</th> <th>x₂</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	x ₁	x ₂	y	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
X	Y																																					
1	0																																					
0	1																																					
x ₁	x ₂	y																																				
0	0	0																																				
1	0	0																																				
0	1	0																																				
1	1	1																																				
x ₁	x ₂	y																																				
0	0	0																																				
1	0	1																																				
0	1	1																																				
1	1	1																																				

Логические элементы и другие цифровые электронные устройства выпускаются в составе серий микросхем. Серия микросхем – это совокупность микросхем, характеризующихся общими технологическими и схемотехническими решениями, а также уровнями электрических сигналов и напряжения питания.

Вопросы для самопроверки

- 1) Перечислите основные элементы выпрямительного устройства и назовите основные параметры выпрямителя.
- 2) Изобразите схему однополупериодного выпрямителя и временные диаграммы токов и напряжений.
- 3) Изобразите схему двухполупериодного мостового выпрямителя и временные диаграммы токов и напряжений.
- 4) Сравните эти схемы.
- 5) Изобразите схемы трехфазных выпрямителей и временные диаграммы токов и напряжений к ним.
- 6) Укажите назначение сглаживающих фильтров.
- 7) Назовите основные параметры и характеристики усилителя на биполярном транзисторе.
- 8) Поясните принцип действия усилителя.
- 9) Изобразите схемы фиксации рабочей точки в усилителе.
- 10) Поясните принцип термостабилизации в усилителях.
- 11) Что такое операционный усилитель?

- 12) Изобразите схему триггера и поясните принцип его работы. Где нашли применение триггеры?
- 13) Поясните принцип работы элементов "И", "ИЛИ", "НЕ".
- 14) Поясните принцип работы схем "И-НЕ" и "ИЛИ-НЕ".

4.3.4. Электроизмерительные приборы и методы измерения электрических величин

Электроизмерительные приборы подразделяются на приборы непосредственной оценки и приборы, работающие по методу сравнения. К первой группе относятся, в частности, наиболее распространенные приборы: амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики.

Приборы непосредственной оценки подразделяются на системы в зависимости от того, на каком принципе создается вращающий момент в измерительном механизме. Наиболее употребительные системы магнитоэлектрическая, электромагнитная, электродинамическая, индукционная.

Качество (точность) электроизмерительного прибора оценивается приведенной основной погрешностью, под которой понимают отношение абсолютной погрешности прибора к пределу измерения данного прибора. Электроизмерительным приборам непосредственной оценки присваивают следующие классы точности: (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0)·10ⁿ, где $n = 1, 0, -1, -2$ и т.д. Каждый класс точности характеризуется допустимой приведенной основной погрешностью. Выраженная в процентах, эта погрешность соответствует классу точности.

Для различения и правильного использования систем приборов на их шкалах наносят обозначения, указывающие систему прибора, класс точности, род тока, способ установки, напряжение испытания изоляции.

Для повышения точности измерения следует выбирать прибор с таким пределом измерения, чтобы значение измеряемой величины лежало в правой части шкалы.

На ваттметрах у зажимов имеется обозначение "звездочка", служащее для того, чтобы отличать "начало" обмоток ваттметра от их "концов". Только при соблюдении определенных направлений токов в катушках стрелка будет отклоняться в нужную сторону. К зажимам с обозначением "звездочка" должны присоединяться провода, идущие

щие к источнику питания, а не к нагрузке. При несоблюдении этого условия стрелка будет стремиться отклониться влево, за нуль шкалы.

Измерение неэлектрических величин возможно при условии преобразования их в электрические величины. Нужно усвоить принципы действия основных преобразователей (датчиков). На примере мостовой схемы следует усвоить принципы измерения неэлектрических величин.

Необходимо понимать принципиальные отличия аналоговых измерительных приборов (непрерывного действия) от цифровых (дискретного действия).

Вопросы для самопроверки

1) Сформулируйте определения понятий абсолютной, относительной и приведенной погрешностей. Какой из этих погрешностей оценивается точность измерительного прибора?

2) Поясните типовые обозначения на шкале прибора. Как определить цену деления прибора?

3) Изобразите схематически устройства приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и индукционной систем и объясните принципы их работы.

4) В чем различие между приборами электродинамической и ферродинамической систем? К приборам какой системы относятся ваттметры?

5) Начертите схему включения в цепь ваттметра, предназначенного для измерения активной мощности, потребляемой приемником.

6) Начертите схему включения ваттметра для измерения активной мощности в трехфазной цепи при симметричной нагрузке, отсутствии нейтрального провода и недоступности нейтральной точки.

7) Начертите схему измерения активной мощности в трехфазной трехпроводной цепи по способу двух ваттметров.

8) Почему сопротивление амперметра должно быть мало, а сопротивление вольтметра - велико?

9) Что покажет вольтметр, включенный в цепь последовательно?

10) Что произойдет, если ошибочно включить амперметр в цепь параллельно?

11) Для чего служит добавочное сопротивление в вольтметре? Выведите формулу для определения значения этого сопротивления.

12) Для чего служит шунт в амперметре? Выведите формулу для определения значения сопротивления шунта.

13) Изобразите схему измерения напряжения с помощью трансформатора напряжения и напишите формулу для определения искомого напряжения.

14) Изобразите схему измерения тока с помощью трансформатора тока и напишите формулу для определения искомого тока.

15) Изобразите мостовую схему измерения и объясните принцип ее работы.

4.4. Указания по работе с литературой

При изучении курса по рекомендации преподавателя студенты могут пользоваться учебной, научной и справочной литературой (в том числе отражающей ГОСТы и ЕСКД). Ниже приведен список рекомендуемой литературы, включающий в себя учебники и учебные пособия центральных издательств, а также внутривузовские издания учебных пособий и методических указаний.

В список основной литературы включены издания до 2000 г, являющиеся классическими учебниками хорошо отражающими содержание дисциплины.

Основная литература

1. Алиев И. И. Электротехнический справочник. – изд. 5-е., стер. – М.: РадиоСофт, 2011. – 384 с.

2. Беневоленский С. Б., Марченко А. Л. Основы электротехники: учебное пособие для вузов. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2006. – 568 с.

3. Белов Н. В., Волков Ю. С. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2012. – 432 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Доступ по логину и паролю из сети Интернет <URL:<http://e.lanbook.com/>>.

4. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 552 с.

5. Волынский Б.А., Зейн Е.Н., Шатерников В.Е. Электротехника: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 528 с.

6. Епифанов А. П. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебник. – СПб.: Лань, 2006. – 272 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Доступ по логину и паролю из сети Интернет <URL:<http://e.lanbook.com/>>.

7. Жаворонков М. А., Кузин А. В. Электротехника и электроника: учебное пособие – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 400 с.

8. Иванов И. И., Соловьев Г. И., Фролов В. Я. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебник. – 7-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2012. – 736 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Доступ по логину и паролю из сети Интернет <URL:<http://e.lanbook.com/>>.

9. Касаткин А. С., Немцов М. В. Электротехника: учебник. – 11-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 539 с.

10. Лачин В. И., Савелов Н. С. Электроника: учебное пособие. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 704 с.

11. Практикум по электротехнике и электронике: учебное пособие / В. В. Кононенко, В. И. Мишкович, В. Ф. Планидин, П. М. Чеголин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 384 с.

12. Прянишников В. А. Электроника: полный курс лекций. – 5-е изд. – СПб.; М.: КОРОНА принт: Бином-Пресс, 2006. – 416 с.

13. Прянишников В. А., Петров Е. А., Осипов Ю. М. Электротехника и ТОО в примерах и задачах: практическое пособие – СПб.: Корона – Век, 2007. – 336с.

14. Рекус Г.Г. Основы электротехники и электроники в задачах с решениями: Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.

15. Электротехника и электроника. Учебник для вузов. – В 3-х книгах / В.И. Киселёв, А.И. Копылов, Э.В. Кузнецов и др. // Под ред. Проф. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1997.

Дополнительная литература

1. Электрические цепи, электромагнитные устройства и электроника: учебное пособие / Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, И. Р. Енгальчев, Т. М. Крымская, В. С. Лукманов, О. В. Мельничук, Р. Г. Фаррахов; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2014. – 252с.

2. Электротехника и электроника. Часть 1. Электрические и магнитные цепи: Учебный комплект по дисциплине «Электротехника и электроника» / Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов. – Уфа: УГАТУ, 2007. – 268 с. (мультимедийное издание).

3. Электротехника и электроника. Электрические и магнитные цепи: Учебное пособие /Уфимск. госуд. авиац. техн. ун-т;

- Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, Т. М. Крымская – Уфа, 2009. – 147с.
4. Электрические и магнитные цепи: Практикум по дисциплине «Электротехника и электроника» / Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов, Т.М. Крымская. – Уфа: УГАТУ, 2007. – 78 с.
 5. Электрические и магнитные цепи: Лабораторный практикум по дисциплине “Электротехника и электроника” /Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р.В. Ахмадеев, И.В.Вавилова, П.А. Грахов, Т.М.Крымская, Е.В. Ларионова.- Уфа, 2009.-83 с.
 6. Электрические машины и электромагнитные устройства: Лабораторный практикум по дисциплине “Электротехника и электроника” / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р. В. Ахмадеев, К. К. Барыкин, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, Т. М. Крымская, Р. Г. Фаррахов, А. Р. Халиков.- Уфа, 2010. – 82 с.
 7. Расчёт электрических цепей: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов–Уфа: УГАТУ, 2007. – 47с
 8. Электрические цепи, электромагнитные устройства и электроника: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов, А.П. Казадаев, Т.М. Крымская, -Уфа, 2009. – 65с.
 9. Основы электроники: Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине "Электротехника и основы электроники" / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов, Т.М. Крымская. – Уфа: УГАТУ, 2002. - 54 с.
 10. Расчет трехфазных электрических цепей и электромагнитных устройств: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, Т. М. Крымская Р. Г. Фаррахов. –Уфа: УГАТУ, 2012. – 48 с.
 11. Электрические цепи, электромагнитные устройства: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, Т. М. Крымская Р. Г. Фаррахов. – Уфа, 2012. – 60 с.

12. Электрические цепи. Электрические машины. Лабораторный практикум по дисциплинам «Электротехника и электроника» и «Общая электротехника и электроника»/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, Т.М. Крымская, О.В. Мельничук. – Уфа, 2012. - 66 с.
13. Электротехника. Практикум по дисциплинам «Электротехника и электроника» и «Общая электротехника и электроника»/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, Т.М. Крымская, О.В. Мельничук. – Уфа, 2012. - 32 с.
14. Электрические цепи, электромагнитные устройства: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплинам «Электротехника и электроника» и «Общая электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов, Т.М. Крымская, О.В. Мельничук, – Уфа: УГАТУ, 2012. - 83 с.
15. Электротехника и электроника: Часть 1. Электрические и магнитные цепи. Сборник тестовых заданий: учебное пособие / Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, В. С. Лукманов; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2009. – 87с.
16. Электротехника и электроника: Часть 2. Электрические машины и электроника. Сборник тестовых заданий: учебное пособие Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, В. С. Лукманов; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2009. – 91с.
17. Опорный конспект по электротехнике: метод. указания к изучению дисциплины «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р. В. Ахмадеев, И. В. Вавилова, П. А. Грахов, Т. М. Крымская, Р. Г. Фаррахов. – Уфа, 2009. – 28 с.
18. Опорный конспект по разделу «Электроника» курса «Электротехника и электроника»: метод. указания к изучению дисциплины «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р. В. Ахмадеев, Т. М. Крымская, О. В. Мельничук. – Уфа, 2010. – 44 с.

Интернет-ресурсы

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

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.

4.5. Указания по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия проводятся с целью изучения студентами методов расчета электрических и магнитных цепей, расчет характеристик электротехнических и электронных устройств, а также для получения опыта применения этих методов. Однако не во всех учебных планах предусмотрены практические занятия, в этом случае решение типовых задач предусмотрено в лабораторно-практических занятиях.

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.

Темы практических занятий

№	Наименования разделов дисциплины	Тема практического занятия	Затраты времени (час.)
1.	Методы расчета электрических цепей	Расчет электрических цепей постоянного тока	2
2.		Расчет однофазных цепей переменного тока	2
3.		Расчет трехфазных цепей переменного тока	2
4.	Расчет характеристик электромагнитных и электронных устройств	Расчет характеристик электрических машин постоянного тока	2
5.		Расчет характеристик электрических машин переменного тока	2
6.		Расчет полупроводниковых выпрямителей малой и средней мощности	2

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 работам

Лабораторные работы, при отсутствии в учебных планах направлений подготовки бакалавров (специалистов) практических занятий, в соответствии с рекомендациями Научно-методического совета по электротехнике проводятся как лабораторно-практические работы.

Лабораторно-практические работы включают в себя расчетную часть (решение типовых задач) и экспериментальную часть (сборка электрической цепи и получение, с последующей обработкой, экспериментальных данных). В некоторых работах предусмотрено применение ЭВМ.

Темы лабораторных работ

№	Наименования разделов дисциплины	Наименования лабораторных работ	Затраты времени (час.)
1.	Электрические цепи постоянного тока	Исследование электрической цепи постоянного тока с одним источником электрической энергии	4
2.	Электрические цепи постоянного тока	Изучение аналитических методов расчета цепей и их экспериментальная проверка	4
3.	Линейные электрические цепи переменного тока	Анализ однофазных неразветвленных цепей переменного тока с RL - и RC - приемниками	4
4.	Линейные электрические цепи переменного тока	Исследование неразветвленной электрической цепи переменного тока	4
5.	Линейные электрические цепи переменного тока	Исследование разветвленной электрической цепи переменного тока	4
6.	Трехфазные цепи	Исследование трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки звездой	4

7.	Трёхфазные цепи	Исследование трёхфазной электрической цепи при соединении нагрузки треугольником	4
8.	Магнитные цепи	Исследование катушки с магнитопроводом	4
9.	Электромагнитные устройства и трансформаторы	Исследование однофазного трансформатора	4
10.	Электрические машины постоянного тока	Исследование двигателя постоянного тока	4
11.	Электрические машины переменного тока	Исследование характеристик трёхфазного асинхронного двигателя	4
12.	Электрический привод	Изучение аппаратуры и схем управления электродвигателями	4
13.	Электрические измерения	Изучение погрешностей приборов и измерений	4
14.	Электроника	Исследование полупроводниковых выпрямителей малой и средней мощности	4
15.	Электроника	Исследование характеристик одночного усилительного каскада на биполярном транзисторе	4
16.	Электроника	Исследование операционных усилителей	4
17.	Электроника	Исследование логических микросхем	4

Перед выполнением лабораторных работ студентам следует повторить материал соответствующей лекции и изучить теоретическую часть методических указаний к данной лабораторной работе, на основании чего получить допуск к ее выполнению. Желательно сделать заготовку отчета к следующей лабораторной работе, в которую должны войти: название, цель работы, схема эксперимента и таблица

результатов измерений и вычислений. Во время лабораторных работ следует выполнять учебные задания с максимальной степенью активности. По окончании лабораторных работ оформить отчет по работе и защитить работу перед преподавателем.

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. Возможен тестовый контроль в качестве защиты работы.

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 ГОСТ 2.106-68 «Текстовые документы».

Отчет выполняется на листах формата А4 на компьютере в редакторе Microsoft Word, либо в рукописном виде. Титульный лист является первым листом.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) решение задач, приведенных в расчетной части;
- 3) принципиальную схему экспериментальной установки;
- 4) таблицы результатов экспериментов и вычислений;
- 5) основные расчетные формулы;
- 6) графики и векторные диаграммы токов и напряжений;
- 7) выводы.

Элементы электрических схем и графики, изображенные в отчете, выполняются с применением чертежных инструментов или соответствующих пакетов прикладных программ с соблюдением требований ГОСТ.

Графики изображаются в прямоугольной системе координат в масштабе (с равномерными шкалами).

Векторные диаграммы токов и напряжений выполняются с точным соблюдением углов, топографические диаграммы – также и с соблюдением масштабов.

4.7. Указания к самостоятельной работе

Самостоятельная работа предполагает подготовку студентов к лекциям, лабораторным и практическим занятиям, решение задач, рекомендуемых преподавателем, а также выполнение *курсовой и расчетно-графической работ*.

Самостоятельная работа является составной частью учебного процесса и включает в себя выполнение курсовой и расчетно-графической работ.

Курсовая и расчетно-графические работы являются составной частью учебного процесса и рассчитаны на выполнение в течение изучения дисциплины. Работы над их выполнением способствуют развитию навыков самостоятельного пользования литературой, справочниками, а также освоению стандартных пакетов для ЭВМ. Курсовая и расчетно-графические работы выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТ, а также нормативных документов УГАТУ.

4.7.1. Курсовая работа

Курсовая работа выполняется в одном из семестров в соответствии с учебным планом направления (специальности). В зависимости от этого устанавливается и тема курсовой работы.

Курсовая работа преследует следующие цели:

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

Для выполнения курсовой работы студент должен получить в начале семестра (на 3 - 4 учебной неделе) индивидуальное задание.

Для направлений 27.03.01 – Стандартизация и метрология и 15.03.06 – Мехатроника и робототехника курсовая работа выполняется в 4 семестре по первому разделу дисциплины. Для направлений (специальностей) технологического профиля: 15.03.01 – Машиностроение; 15.03.02 – Технологические машины и оборудование; 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств курсовая работа выполняется в 5 семестре по первому разделу дисциплины.

Тема курсовой работы: «Расчет электрических цепей».

Цель курсовой работы - освоение методов анализа электрических цепей с применением современных методов расчета (для сложных электрических цепей постоянного, однофазного и трехфазного токов; предусматривается использование вычислительной техники).

Формирование вариантов заданий осуществляется с помощью ЭВМ. Значение параметров элементов схем и топология расчетных схем, индивидуальны для каждого студента.

Каждое задание содержит поясняющий текст, рекомендации по преобразованию схемы и требования по выполнению задания.

Структура курсовой работы «Расчет электрических цепей»

№	Разделы курсовой работы	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
1.	Анализ сложных электрических цепей постоянного тока	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	12
2.	Анализ однофазных электрических цепей переменного тока	Раздел пояснительной записки (объемом не более 5 стр.)	12
3.	Анализ трехфазных электрических цепей переменного тока	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	12

Результаты расчетов по каждой части курсовой работы контролируются студентом самостоятельно по индивидуальному коду с помощью Интернет-системы «ЭДО». Преподаватель имеет возможность получить с помощью ЭВМ результаты работы каждого студента в отдельности и срез успеваемости группы в целом в любой момент времени учебного семестра.

Для специальности - 27.05.01 – Специальные организационно-технические системы курсовая работа выполняется в 5 семестре по третьему разделу дисциплины.

Тема курсовой работы: «Расчет стабилизированного источника питания и усилительного каскада»

Цель курсовой работы - освоение методов расчета выпрямительных схем, компенсационных стабилизаторов и расчет параметров усилительного каскада на биполярном транзисторе.

Структура курсовой работы «Расчет стабилизированного источника питания и усилительного каскада»

№	Задачи курсовой работы	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
1.	Расчет выпрямительных схем	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	12
2.	Расчет стабилизаторов напряжения	Раздел пояснительной записки (объемом не более 4 стр.)	6

3.	Расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	12
4.	Расчет трансформатора малой мощности	Раздел пояснительной записки (объемом не более 4 стр.)	6

Для направления 28.03.02 – Наноинженерия курсовая работа выполняется в 5 семестре.

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

Цель курсовой работы - приобретение практических навыков теоретического анализа переходных процессов в электрической цепи, расчет и исследование характеристик четырехполюсников.

Структура курсовой работы «Методы расчета электрических цепей, содержащих четырехполюсники и управляемые элементы».

№	Разделы курсовой работы	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.)	12
3.	Исследование частотных характеристик четырехполюсника	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	12

При курсовом проектировании необходимо использовать лекционный материал, а также рекомендованную литературу.

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 все-стороннее, 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, справляющемся 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.

4.7.2. Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа выполняется в одном или в двух семестрах в соответствии с учебным планом направления (специаль-

ности). В зависимости от этого устанавливается и тема расчетно-графической работы.

Цель работы - освоение методов расчета электрических и магнитных цепей; анализ эксплуатационных характеристик электромагнитных устройств.

Формирование вариантов заданий осуществляется с помощью ЭВМ. Значение параметров элементов схем, а в ряде случаев и топология расчетных схем, индивидуальны для каждого студента.

Каждое задание содержит поясняющий текст, рекомендации по преобразованию схемы и условие задачи

В таблице приведены все темы расчетно-графических работ, из которых можно выбрать темы работ в соответствии с учебной программой дисциплины конкретного направления (специальности).

Темы расчетно-графических работ

№	Задачи расчетно-графических работ	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
Расчет электрических цепей			
1.	Расчет цепи постоянного тока с нелинейным элементом (ЭЦ-1)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 3 стр.)	3
2.	Расчет однофазной цепи синусоидального тока (ЭЦ 2)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 3 стр.)	3
3.	Расчет трехфазной цепи (ЭЦ-3)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 3 стр.)	3
Расчет характеристик электромагнитных и электронных устройств			
1.	Расчет тяговой характеристики электромагнитного клапана (МЦ-1)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 4 стр.)	3
2.	Расчет эксплуатационных характеристик силовых трансформаторов (МЦ-2)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 4 стр.)	4,5

3.	Расчет механической характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (ЭМ-1)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 3 стр.)	3
4.	Расчет механической характеристики стартерного двигателя (ЭМ-2)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 2 стр.)	3
5.	Расчет характеристик асинхронного двигателя (ЭМ-3)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 2 стр.)	4,5
6.	Расчет стабилизированного источника питания (ЭП-1)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 3 стр.)	4,5

Результаты расчетов по разделу «Расчет электрических цепей» контролируются студентом самостоятельно по индивидуальному коду с помощью Интернет-системы «ЭДО».

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

№	Направления подготовки и специальности	Задачи расчетно-графических работ	Семестр обучения
1.	13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3, МЦ-2	5
2.	13.03.03 – Энергетическое машиностроение	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3, МЦ-1, ЭМ-1, ЭМ-2	4 5
3.	15.03.01 – Машиностроение	МЦ-2, ЭМ-3	5
4.	15.03.02 – Технологические машины и оборудование	МЦ-2, ЭМ-3	5
5.	15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3,	3
6.	15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3, ЭП-1	5 6

7.	20.03.01 – Техносферная безопасность	ЭЦ-1, ЭЦ-3,	4
8.	23.03.01 – Технология транспортных процессов	ЭЦ-1, МЦ-2, ЭМ-3 ,	5
9.	24.03.04 – Авиастроение	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3,	5
10.	24.03.05 – Двигатели летательных аппаратов	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3,	5
11.	25.03.01 – Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3,	6
12.	27.03.01 – Стандартизация и метрология	МЦ-2, ЭМ-3	4
13.	20.05.01 – Пожарная безопасность	ЭЦ-1, ЭЦ-3	4
14.	24.05.02 – Проектирование авиационных и ракетных двигателей	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3,	5
15.	27.05.01 – Специальные организационно-технические системы	ЭЦ-1, ЭЦ-2, ЭЦ-3,	3

Для ряда направлений РГР не предусмотрены учебным планом.

В результате выполнения работы числовые ответы, полученные студентами должны совпасть с ответами у преподавателя с точностью не более 5%.

Критерии оценки знаний при защите расчетно-графических работ

Защита расчетно-графической работы служит формой проверки успешного выполнения студентами заданий к расчетно-графической работе, 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 расчетно-графической работы, правильного оформления пояснительной записки, положительного ответа на вопросы по теме расчетно-графической работы.

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". Интернет-система дистанционного обучения электротехнике «ЭДО» предоставляет следующие возможности. Каждому студенту в начале изучения дисциплины выдается индивидуальное задание, соответствующее учебной программе и состоящее из блока расчетно-графических и курсовых работ 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.

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.

6.2. Критерии оценки знаний на экзамене

Завершающим этапом изучения дисциплины является *экзамен*.

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 самостоятель-

ному 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.

Вопросы, выносимые на экзамен

1. Источники и приемники электрической энергии. Источники ЭДС и тока, их свойства и характеристики, режимы работы источников питания. Эквивалентные преобразования в электрических цепях.

2. Методы анализа электрического состояния не разветвленных и разветвленных электрических цепей с несколькими источниками электрической энергии.

3. Электротехнические устройства и электрические цепи однофазного переменного тока. Способы представления электрических величин – синусоидальных функций: временными диаграммами, векторами, комплексными числами. Основные параметры характеризующие синусоидальную ЭДС.

4. Приемники электрической энергии. Резисторы, индуктивные катушки, конденсаторы. Элементы схемы замещения: резистивный, индуктивный, емкостной.

5. Уравнения электрического состояния цепи с последовательно соединенными элементами. Активное, резистивное и полное сопротивление двухполюсника. Векторные диаграммы на комплексной плоскости. Резонанс напряжений и его применение в технике.

6. Параллельное соединение элементов. Уравнения электрического состояния, векторные диаграммы на комплексной плоскости. Резонанс токов и его применение.

7. Колебания энергии и мощности в цепях синусоидального тока. Активная, реактивная и полная мощности. Коэффициент мощности.

8. Трехфазные цепи. Элементы трехфазных цепей. Принцип действия трехфазного генератора. Способы изображения симметричной системы ЭДС.

9. Способы соединения трехфазного источника питания. Трехпроводная и четырехпроводная цепи. Фазное и линейное напряжения.

10. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь.

11. Ферромагнитные материалы и их характеристики. Расчет магнитных цепей. Прямая и обратная задачи расчета магнитной цепи.

12. Назначение, области применения трансформаторов. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.

13. Уравнения электрического и магнитного состояния трансформатора, схемы замещения. Внешние характеристики, паспортные данные. КПД трансформатора.

14. Электрические машины постоянного тока. Устройство и принцип действия. Формулы ЭДС и электромагнитного момента.

15. Генераторы постоянного тока. Схемы, характеристики.

16. Двигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Регулирование частоты вращения. Паспортные данные двигателей постоянного тока.

17. Асинхронные электрические машины. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Магнитное поле машины. Пуск асинхронных машин с короткозамкнутым и фазным ротором. Регулирование частоты вращения.

18. Синхронные генераторы. Устройство, принцип действия.

19. Активные компоненты электронных устройств на полупроводниковой основе. Полупроводниковые диоды, принцип действия, устройство, конструкции, классификация. Выпрямительные диоды, их характеристики. Стабилитроны, особенности конструкции и характеристики, основные параметры.

20. Биполярные транзисторы. Принцип действия, устройство, конструкции, классификация. Характеристики и основные параметры.

21. Полевые транзисторы. Принцип действия, устройство, конструкции, классификация. Характеристики и основные параметры.

22. Тиристоры. Принцип действия, устройство, конструкции, классификация. Характеристики и основные параметры.

23. Усилительный каскад по схеме с общим эмиттером. Принцип работы и основные параметры. Понятие о классах усиления усилительных каскадов. Методы стабилизации рабочей точки. Усилительный каскад по схеме с общей базой.

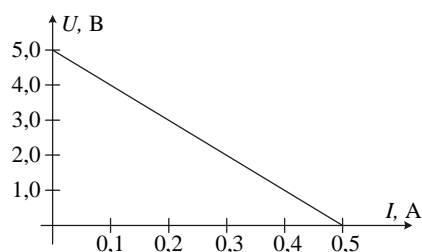
24. Аналоговые элементы на базе интегральных операционных усилителей.

25. Базовые логические элементы. Триггеры. Назначение и классификация триггерных устройств.

Типовые задачи для подготовки к экзамену

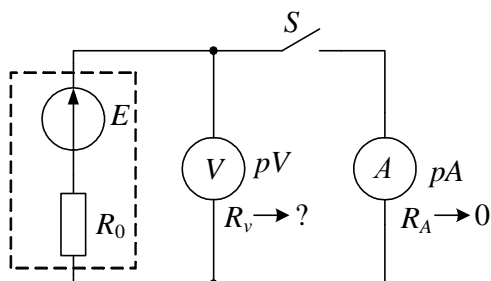
1. Цепи постоянного тока

1.1



По известной ВАХ источника ЭДС определите его параметры и нарисуйте схему замещения.

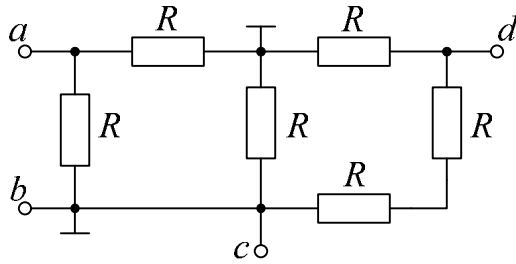
1.2



При разомкнутом ключе вольтметр показал 24 В. При замыкании ключа возникает ток 160 А.

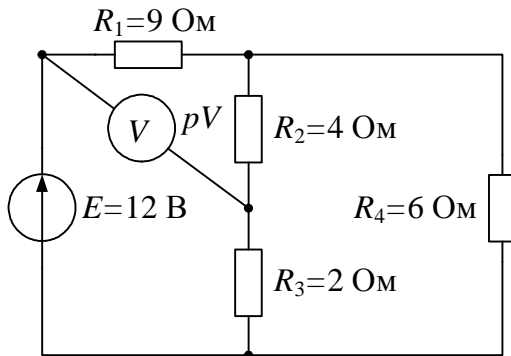
Определите E и R_0 источника, постройте внешнюю характеристику.

1.3



Определите в общем виде сопротивление электрической цепи относительно зажимов ab , bc , cd .

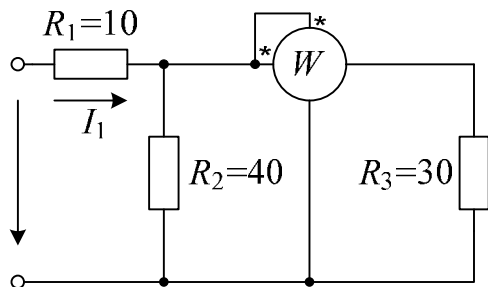
1.4



Определите показание вольтметра.

Принять внутреннее сопротивление вольтметра $R_V \rightarrow \infty$.

1.5

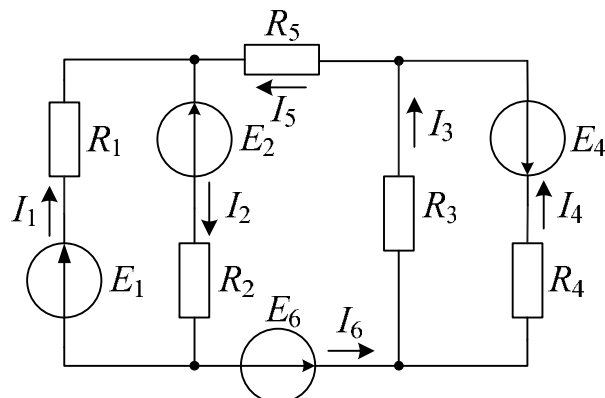


Показание ваттметра $pW \Rightarrow 480$ Вт.

Определите ток I_1 .

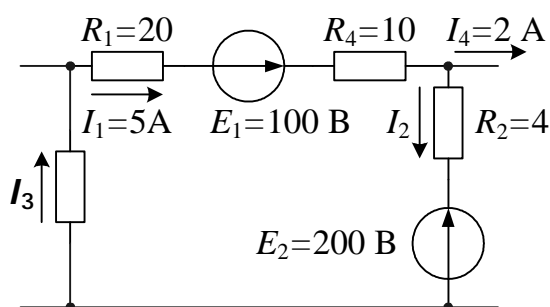
Сопротивления заданы в Омах.

1.6



Составьте в общем виде систему уравнений для определения токов в ветвях по законам Кирхгофа

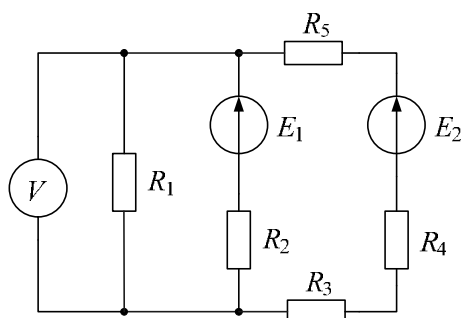
1.7



Используя законы Кирхгофа, определите падение напряжения на сопротивлении R_3 .

Сопротивления заданы в Омах.

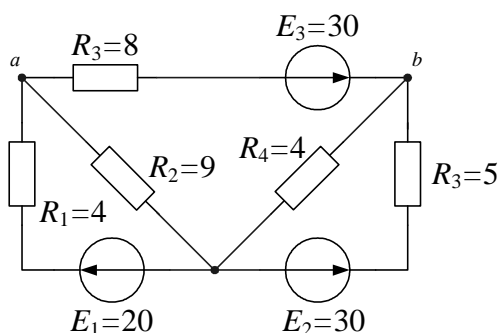
1.8



Определите показания вольтметра наиболее рациональным способом.

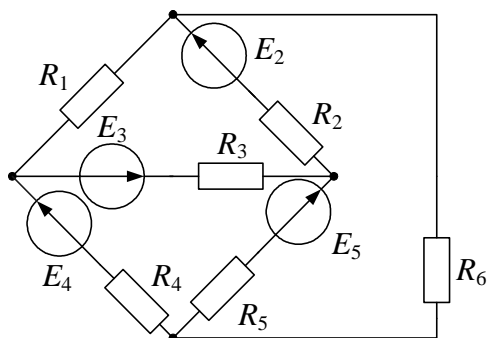
$E_1=10$ В, $E_2=15$ В, $R_1=5$ Ом,
 $R_2=5$ Ом, $R_3=10$ Ом, $R_4=4$ Ом,
 $R_5=1$ Ом.

1.9



Определите ток в ветви “ ab ” методом эквивалентного генератора. ЭДС заданы в Вольтах, сопротивления в Омах.

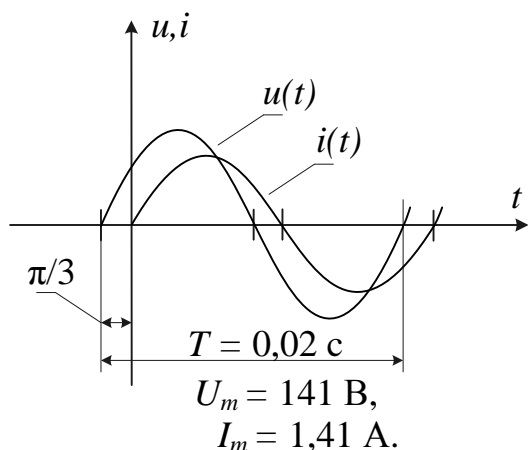
1.10



Составьте уравнения для определения токов в ветвях схемы по законам Кирхгофа, составьте уравнение баланса мощностей.

2. Цепи однофазного синусоидального тока

2.1



Запишите выражения для мгновенных значений $u(t)$ и $i(t)$, приведенных на графике.

Определите комплексное сопротивление этой цепи.

2.2

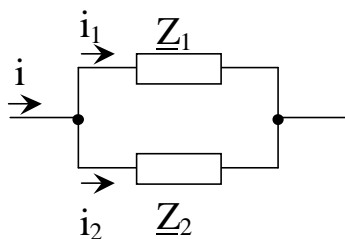
Заданы мгновенные значения тока и напряжения.

Определите полное сопротивление цепи \underline{Z} , изобразите его и постройте векторную диаграмму.

$$i = 14,1 \sin(\omega t - 30^\circ), \text{ А}$$

$$u = 282 \sin(\omega t + 30^\circ), \text{ В.}$$

2.3

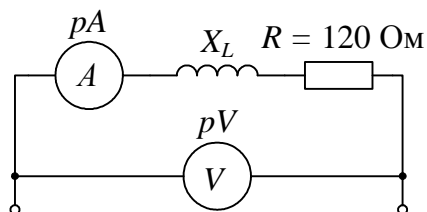


Определите мгновенное значение тока i в цепи, если

$$i_1 = 2,5 \sin(\omega t + 60^\circ), \text{ А,}$$

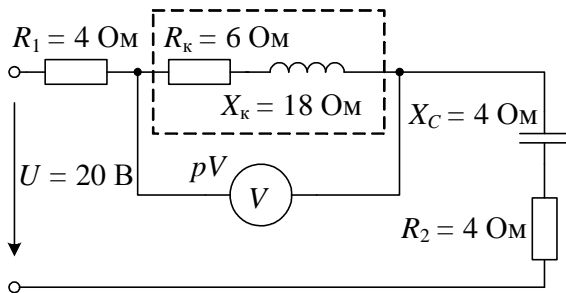
$$i_2 = 2,5 \sin(\omega t - 60^\circ), \text{ А}$$

2.4



Определите величину индуктивного сопротивления X_L , если амперметр показывает $pA \Rightarrow 1 \text{ А}$, а вольтметр - $pV \Rightarrow 200 \text{ В}$.

2.5

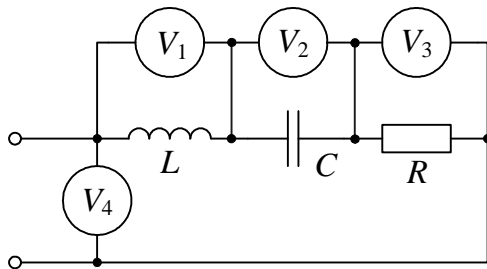


Определите показания вольтметра.

Постройте векторную диаграмму.

Покажите на ней напряжение на катушке индуктивности (R_k, X_k).

2.6



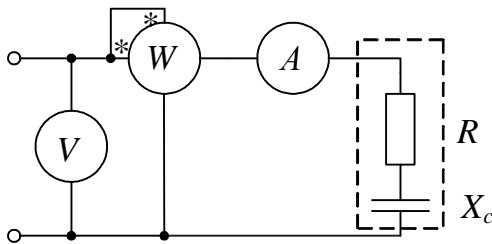
Определите показание вольтметра pV_4 при

$$pV_1 \Rightarrow 60 \text{ В}, pV_2 \Rightarrow 30 \text{ В},$$

$$pV_3 \Rightarrow 30 \text{ В}.$$

Постройте векторную диаграмму.

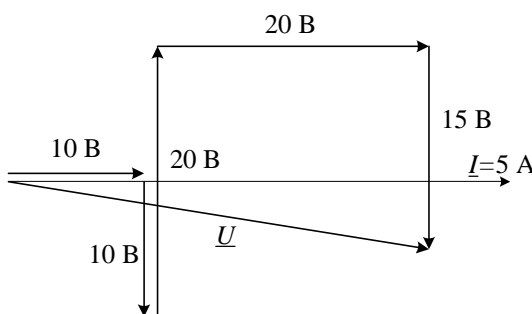
2.7



Определите параметры двухполюсника по показаниям приборов.

$$pA \Rightarrow 2 \text{ А}, pV \Rightarrow 80 \text{ В}, pW \Rightarrow 40 \text{ Вт}, f = 50 \text{ Гц}.$$

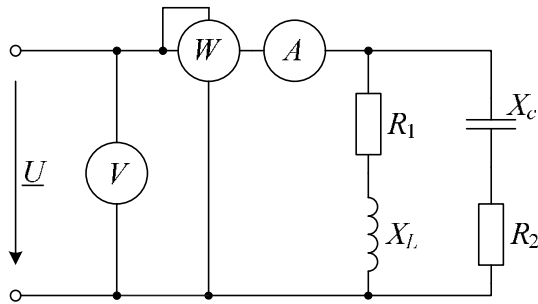
2.8



По заданной векторной диаграмме восстановите схему цепи.

Определите приложенное напряжение и потребляемую активную мощность.

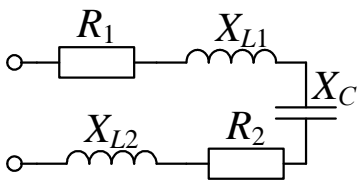
2.9



Что показывает амперметр и ваттметр, если вольтметр на входе показал напряжение 50 В.

$$R_1 = 6 \text{ Ом}, R_2 = 4 \text{ Ом}, \\ X_L = 8 \text{ Ом}, X_C = 3 \text{ Ом}.$$

2.10

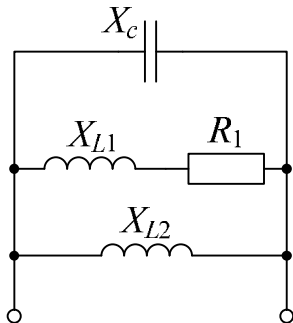


В цепи резонанс (какой?).

Найдите напряжение на индуктивном элементе L_2 , если активная мощность, потребляемая цепью, равна 36 Вт.

$$Z = 10 \text{ Ом}, \\ R_1 = 5 \text{ Ом}, \\ X_{L2} = 2 \text{ Ом}, X_{L1} = 2 \text{ Ом}.$$

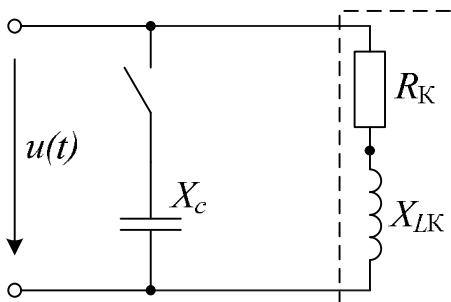
2.11



Определите, возможен ли в приведенной цепи резонанс токов при заданных параметрах:

$$R_1 = 6 \text{ Ом}, \\ X_{L1} = 8 \text{ Ом}, \\ X_{L2} = 6 \text{ Ом}, \\ X_C = 9 \text{ Ом}.$$

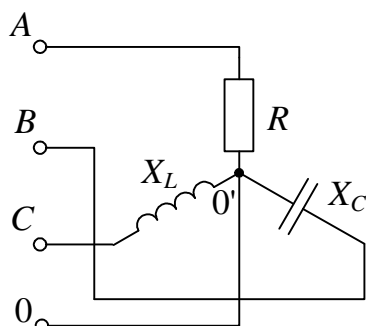
2.12



Найдите емкостное сопротивление X_C , которое следует подключить параллельно катушке с сопротивлением R , X_L , чтобы коэффициент мощности цепи увеличить вдвое. $R = 1 \text{ Ом}$, $X_L = 10 \text{ Ом}$.

3. Трехфазные цепи

3.1

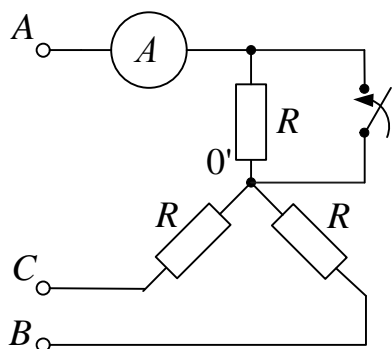


Найдите ток в нулевом проводе
при $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$,
 $R = X_C = X_L = 76 \text{ Ом}$.
Постройте векторную диаграмму

3.2

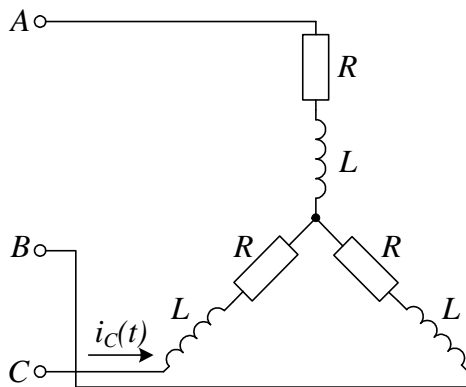
Дано соединение звездой с нейтральным проводом. Нагрузка фазы A активная, фазы B - активно-емкостная ($\varphi=60$), фазы C - активно-индуктивная ($\varphi=60$). Определите ток в нейтральном проводе, если $I_A = I_B = I_C = 1 \text{ А}$. Постройте векторную диаграмму

3.3



Во сколько раз изменится
показание амперметра при
закорачивании фазы A , если $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$,
 $R = 100 \text{ Ом}$?
Постройте векторную диаграмму
до и после замыкания ключа.

3.4

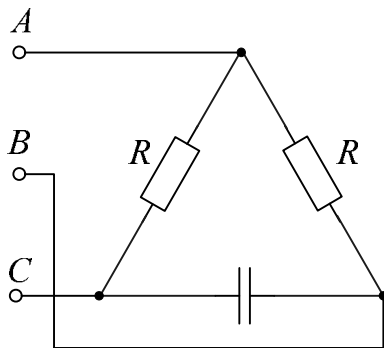


Определите мгновенное значение тока $i_c(t)$ при

$$U_A = j220\text{В},$$

$$R = \omega L = 44 \text{ Ом}.$$

3.5

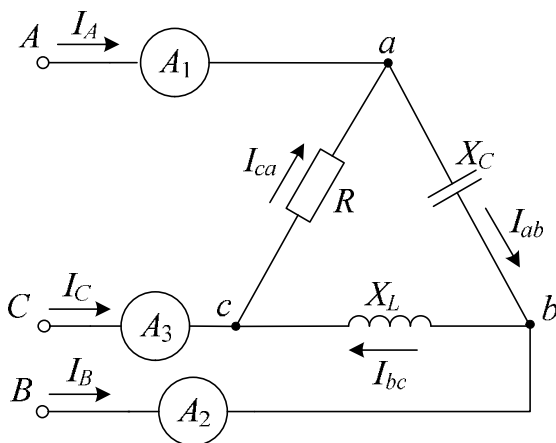


Чему равна мощность, потребляемая трехфазной нагрузкой при

$$U_{\text{л}} = 220 \text{ В},$$

$$R = X_C = 100 \text{ Ом?}$$

3.6



В трёхфазной сети с системой линейных напряжений $U_{\text{л}}=220 \text{ В}$ подключена трёхфазная нагрузка с сопротивлениями

$$R = X_L = X_C = 22 \text{ Ом}.$$

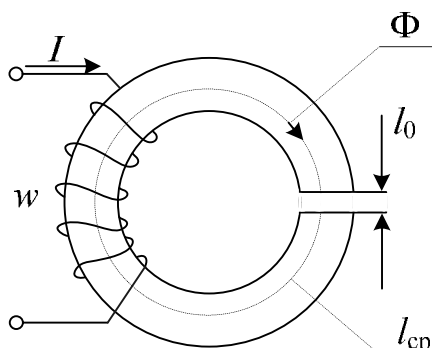
Определите показания амперметров.

3.7

Как изменится активная мощность трехфазного потребителя при переключении фаз со схемы «звезда» на схему «треугольник»?

4. Магнитные цепи и трансформаторы

4.1



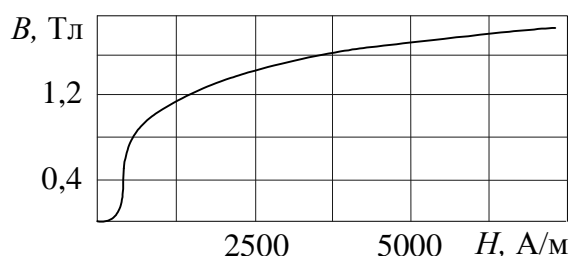
Определите магнитодвижущую силу, необходимую для создания в сердечнике постоянного магнитного потока $\Phi = 4 \cdot 10^{-4}$ Вб, если площадь сечения $S = 4 \text{ см}^2$, длина средней силовой линии $l_{cp} = 100 \text{ см}$, величина зазора $l_0 = 0,2 \text{ мм}$. Материал сердечника – электротехническая сталь 3406. Кривая намагничивания задана таблично.

$B, \text{ Тл}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
$H, \text{ А/м}$	50	75	115	170	291	700	1800

4.2

В отсутствие зазора в магнитной цепи с относительной магнитной проницаемостью материала сердечника $\mu = 1000$, индукция $B = 1 \text{ Тл}$. Как нужно изменить ток в обмотке с числом витков равным w , чтобы при зазоре l_0 , составляющем 1 мм , чтобы магнитная индукция оставалась неизменной ($l_{cp} = 20 \text{ см}$)?

4.3

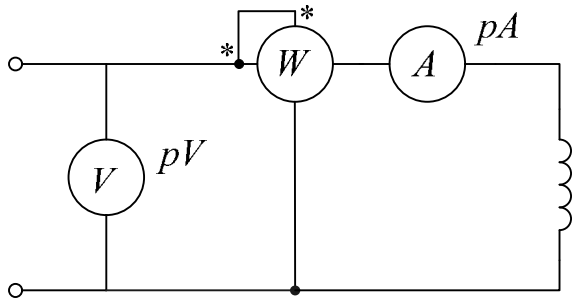


В стальном магнитопроводе со средней длиной магнитной линии $l_{mg} = 0,5 \text{ м}$, магнитная индукция $B = 1,2 \text{ Т}$. Какой зазор нужно сделать в магнитопроводе при неизменном токе, чтобы индукция уменьшилась вдвое?

4.4

Определите площадь сечения сердечника, если амплитуда магнитной индукции в магнитопроводе $B = 1$ Тл, число витков обмотки составляет $w_1=7500$, и она подключена к сети переменного тока с напряжением $U_1 = 16650$ В и с частотой $f = 50$ Гц.

4.5



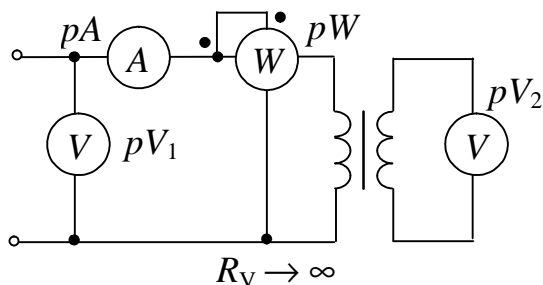
Катушка с сердечником включена в цепь переменного тока. Показания приборов составили: $U = 50$ В, $I = 1$ А, $P = 30$ Вт. После удаления сердечника показания приборов стали следующие: $U = 50$ В, $I = 10$ А, $P = 300$ Вт.

Постройте схему замещения катушки с магнитопроводом и пояснить назначение ее элементов.

4.6

Однофазный трансформатор подключен к сети $U_1 = 220$ В, $f = 50$ Гц. Вторичная обмотка имеет 40 витков и силу тока $I_2 = 10$ А. Определите коэффициент трансформации, если сердечник имеет сечение $S = 7,2 \cdot 10^{-4}$ м², а $B = 1$ Тл. Как изменится магнитная индукция если сила тока I_2 возрастет в 1,5 раза?

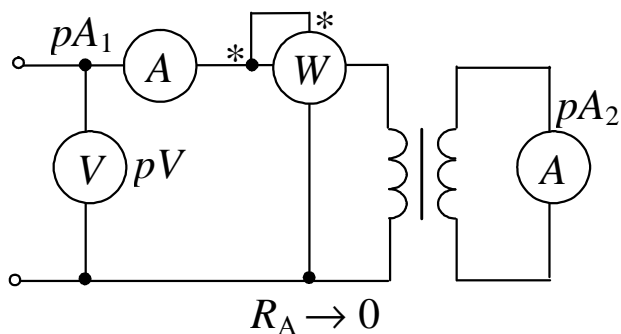
4.7



В каком режиме работает трансформатор, какие параметры схемы замещения можно определить из этого опыта, какую мощность измеряет ваттметр и почему?

Определите параметры элементов схемы замещения этого режима, если показания приборов следующие: $pV_1 \Rightarrow 220$ В; $pV_2 \Rightarrow 22$ В; $pA \Rightarrow 0,4$ А; $pW \Rightarrow 36$ Вт.

4.8



В каком режиме работает трансформатор, какие параметры схемы замещения можно определить из этого опыта.

Какие потери мощности измеряет ваттметр и почему?

4.9

Число витков первичной обмотки трансформатора равно 500, вторичной - 50.

Определите напряжение холостого хода трансформатора при подключении его к сети переменного напряжения 380 В.

Найдите ток вторичной обмотки трансформатора, если ток первичной обмотки равен 6 А, а потерями в трансформаторе можно пренебречь.

4.10

По паспортным данным постройте Т-образную схему замещения трехфазного трансформатора, считая, что потери распределяются по обмоткам одинаково.

Паспортные данные: $S_n=40$ кВА; $U_{вн}=10$ кВ; $U_{нн}=0,23$ кВ; $P_{xx}=0,4$ кВт; $P_{кз}=0,85$ кВт; $i_{xx}=3\%$; $u_{кз}=5\%$.

Поясните, почему в схеме замещения вторичная обмотка может быть электрически соединена с первичной.

4.11

Мощности потерь трансформатора в режимах холостого хода и короткого замыкания равны соответственно 100 и 270 Вт.

Рассчитайте КПД трансформатора при номинальной нагрузке, если коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi=0,8$ при номинальной мощности трансформатора 20 кВА.

Объясните, какой физический смысл имеют потери холостого хода и короткого замыкания.

5. Электрические машины

5.1

Известны паспортные данные двигателя постоянного тока:

Тип двигателя	P_H , кВт	U_H , В	n_H , об/мин	η_H , %	Сопротивление, Ом	
					$R_{\text{я}}$	R_B
2ПН90МУХЛ	0,71	220	2360	70	3,99	470

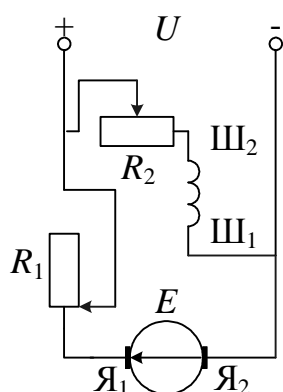
Рассчитайте все токи двигателя, постройте естественную и искусственную механическую характеристику при введении добавочного сопротивления в цепь якоря $R_{\text{доб}} = 10$ Ом и определите (для этого случая) какой момент создаст двигатель при скорости 2000 об/мин.

5.2

Определите скорость вращения двигателя независимого возбуждения, если напряжение, подаваемое на якорь, увеличится до 240 В.

Параметры двигателя: $P_H = 6$ кВт, $U_H = 220$ В, $\eta_H = 82,0$ %, $n_H = 1500$ об/мин, $R_{\text{я}} = 0,472$ Ом, $R_B = 132$ Ом.

5.3



Двигатель включен в сеть с напряжением $U = 220$ В. Ток двигателя $I = 12,2$ А, сопротивления цепи якоря и возбуждения соответственно составляют – $R_{\text{я}} = 1$ Ом, $R_B = 120$ Ом.

Определите ток в цепи возбуждения, ток в цепи якоря, потери в цепи возбуждения и якоря, ЭДС, наводимую в обмотке якоря.

Для чего в цепях возбуждения и якоря установлены сопротивления R_1 и R_2 ? В каком положении они должны быть установлены в момент пуска двигателя?

5.4

Короткозамкнутый асинхронный двигатель включен в сеть 380 В.

Паспортные данные двигателя: $P_n=1,2$ кВт; $U_n=380/220$ В; $\eta_n=80$ %; $n_n=974$ об/мин; $\lambda=M_{max}/M_n=2,1$; $\beta=M_{пуск}/M_n=1,4$; $\cos\varphi=0,8$.

Изобразите схему включения двигателя в сеть.

Определите потребляемый двигателем ток и ток в обмотках статора.

5.5

Короткозамкнутый трёхфазный асинхронный двигатель включен в сеть 380 В.

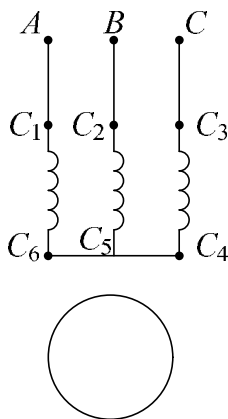
Паспортные данные двигателя: $P_n=2,2$ кВт, $U_n=220/380$ В, $\eta_n=79\%$, $n_n=1470$ об/мин, $\lambda=M_{max}/M_n=2,0$; $\beta=M_{пуск}/M_n=1,3$; $\cos\varphi=0,8$.

Постройте механическую характеристику двигателя.

Определите возможен ли запуск двигателя при снижении напряжения сети на 10%.

Если под воздействием внешних причин скорость вращения ротора окажется больше скорости вращения магнитного поля, в каком режиме будет работать двигатель?

5.6



Ротор асинхронного двигателя вращается с частотой 1440 об/мин, причем от сети потребляется мощность 55 кВт. Чему равны мощность на валу двигателя и развиваемый момент, если мощность потерь в двигателе составляет 5 кВт.

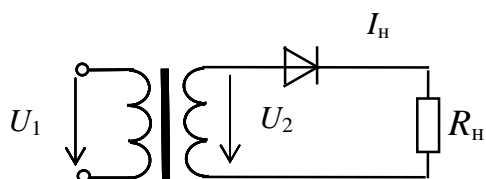
Изобразите схему, позволяющую реверсировать асинхронный двигатель.

5.7

Асинхронный двухполюсный двигатель имеет номинальное скольжение $S_n=2\%$, критическое скольжение $S_{кр}=8\%$, номинальный момент $M_n=250$ Нм, пусковой момент $M_n=1,2M_n$ и частоту сети $f=50$ Гц. Определите синхронную и номинальную частоту вращения, критический момент. Постройте график механической характеристики $n_2=f(M)$ в режимах от холостого хода до полного торможения.

6. Электроника

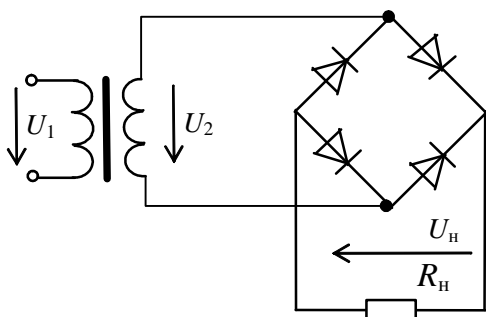
6.1



На выход однофазного трансформатора подключен однополупериодный выпрямитель, работающий на активную нагрузку $R_H=4$ кОм. Падение напряжения на нагрузке $U_H=160$ В.

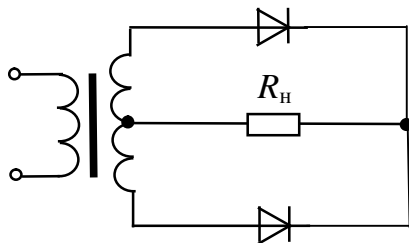
Определите максимальное напряжение приложенное к диоду в обратном направлении, коэффициент трансформации трансформатора. Диод считать идеальным.

6.2



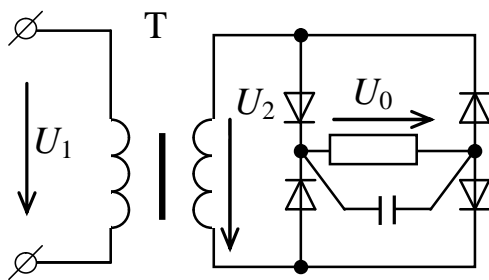
Определите действующее значение U_2 напряжения на вторичной обмотке трансформатора и его коэффициент трансформации k . Если $U_H=350$ В, $U_1=127$.

6.3



Определите максимальные значения выпрямленного тока I_{2m} и напряжения U_{2m} и мощность P , выделяемую на нагрузочном сопротивлении $R_H=1100$ Ом, если $U_H=300$ В.

6.4

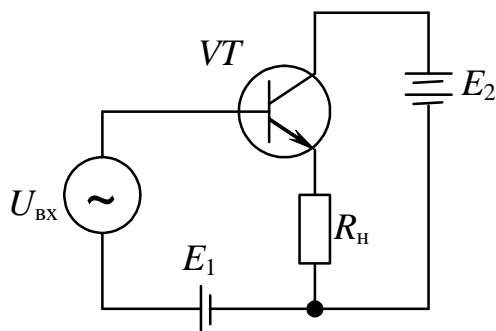


Изобразите графики изменения напряжения на сопротивлении с емкостью и без. Графики совместите с графиками напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

6.5

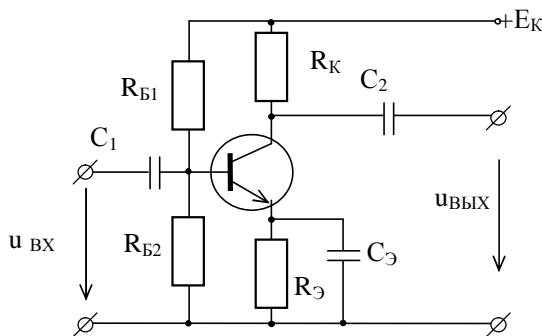
Опишите работу емкостного фильтра и приведите временные диаграммы токов и напряжений.

6.6



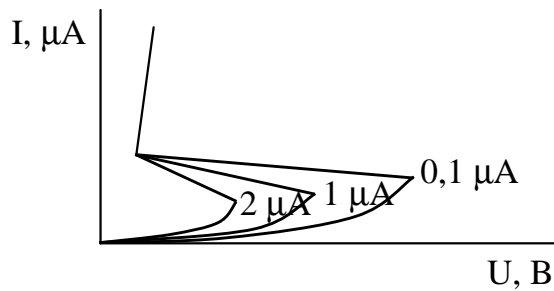
В каком режиме работает прибор? Ответ объясните.

6.7



Расскажите, что за схема приведена на рисунке. Объясните назначение резистора R_{B1} , R_{B2} , R_K и что за тип транзистора использован в схеме.

6.9



По виду вольтамперной характеристики определите, какому полупроводниковому прибору она принадлежит, опишите его устройство, принцип работы и назначение.

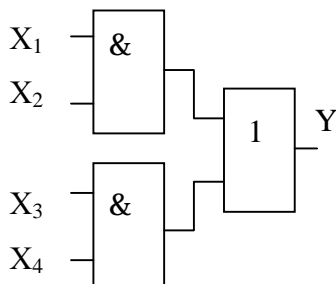
6.10

Нарисуйте схемное обозначение трехвходового логического элемента.

X_1	X_2	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

6.11

Заполните таблицу истинности для приведенной схемы



X_1	X_2	X_3	X_4	Y

Полный банк заданий для экзамена по дисциплине «Электротехника и электроника» размещен на сайте кафедры <http://toe.ugatu.ac.ru> и доступен для самостоятельной подготовки к экзамену

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение об организации промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости студентов (приложение к приказу по УГАТУ № 299-О от 10.03.2015 г.),
2. Приказ по УГАТУ № 462-О от 4.09.2006 г. «Об утверждении минимального состава учебно-методического комплекса по дисциплине».
3. Приказ по УГАТУ № 494-О от 27.06.2007 г. «О дополнении минимального состава учебно-методического комплекса по дисциплине».
4. Приказ по УГАТУ №399-О от 18.04.2012 г. «Об утверждении Положения об УМК».
5. СТП УГАТУ 016-2007. Графические и текстовые конструкторские документы. Общие требования к построению, изложению, оформлению.
6. Методические рекомендации по преподаванию предмета «Общая электротехника с основами электроники»: Вып.2/Под ред М.Ю.Зайчика – М.: Высшая школа, 1984. – 104с.
7. Электротехника: Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников неэлектротехнических специальностей инженерно-технических вузов / Волинский Б.А. – М.: Высшая школа, 1987. – 119с.
8. 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.
9. Примерная программа дисциплины «Электротехника и электроника». – М., 2006.
10. 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.25-29.

Составители: ВАВИЛОВА Ирина Владимировна
ЧЕЧУЛИНА Ирина Евгеньевна
ЛУКМАНОВ Виталий Сабирович

Методические указания
для самостоятельного изучения дисциплин
«Электротехника и электроника»

Подписано в печать 2015. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.
Усл.печ. л. Уч.-изд. л. .
Тираж 100 экз. Заказ №.....
ФГБОУ ВПО
Уфимский государственный авиационный технический университет
Редакционно-издательский комплекс УГАТУ
450000, Уфа – центр, ул. К. Маркса,12