



**ЧАСТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЗАПАДНО-УРАЛЬСКИЙ ГОРНЫЙ ТЕХНИКУМ»**

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения
профессионального образования

Базовая подготовка

Пермь 2025

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов для среднего профессионального образования базовой подготовки и рабочей программой дисциплины.

Организация-разработчик: ЧОУ ПО «Западно – Уральский горный техникум»

Разработчик: Белкин Николай Михайлович, преподаватель ЧОУ ПО ЗУГТ

Рассмотрено и одобрено на заседании методического совета техникума
Протокол № 1 от «24» января 2025 г.

Методические указания содержат теоретический материал по дисциплине, содержание практических занятий, задания для самостоятельной работы студентов и методические указания по выполнению контрольных работ.

1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехника и электроника» относится к циклу общепрофессиональных дисциплин.

В результате освоения дисциплины обучающийся каждой специальности **должен уметь:**

- подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками;
- правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов;
- рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;
- собирать электрические схемы;
- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;

знать:

- классификацию электронных приборов, их устройство и область применения;
- методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
- основные законы электротехники;
- основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин;
- основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств;
- основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов;
- принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
- свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
- способы получения, передачи и использования электрической энергии;
- устройство, принцип действия и основные характеристики электротехнических приборов;
- характеристики и параметры электрических и магнитных полей.

В результате изучения дисциплины «Электротехника и электроника» формируются общие и профессиональные компетенции.

Техник-технолог должен обладать **общими компетенциями**:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчинённость), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Техник должен обладать **профессиональными компетенциями**

ПК 1.1. Контролировать эффективность работы оборудования.

ПК 1.2. Обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования и коммуникаций при ведении технологического процесса.

ПК 1.3. Подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ различного характера.

ПК 2.1. Контролировать и регулировать технологический режим с использованием средств автоматизации и результатов анализов.

ПК 2.2. Контролировать качество сырья, получаемых продуктов.

ПК 2.3. Контролировать расход сырья, продукции, реагентов, катализаторов, топливно-энергетических ресурсов.

ПК 3.1. Анализировать причины отказа, повреждения технических устройств и принимать меры по их устранению.

ПК 3.2. Анализировать причины отклонения от режима технологического процесса и принимать меры по их устранению.

ПК 3.3. Разрабатывать меры по предупреждению инцидентов на технологическом блоке.

ПК 4.1. Организовывать работу коллектива и поддерживать профессиональные отношения со смежными подразделениями.

ПК 4.2. Обеспечивать выполнение производственного задания по объему производства и качеству продукта.

ПК 4.3. Обеспечивать соблюдение правил охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности.

Учебная дисциплина изучается в течение двух лабораторно-экзаменационных сессий, формой итогового контроля является выполнение контрольной работы в виде заполнения рабочей тетради и сдача экзамена.

Изучение учебной дисциплины базируется на знаниях курсов математики и физики и является основой для освоения дисциплин профессионального цикла.

При самостоятельном изучении предмета предусматривается:

- проработка всех тем программы по рекомендуемой литературе;
- ведение конспекта с соответствующими схемами, эскизами;
- ответы на вопросы тестов для самопроверки;
- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ (заполнение рабочей тетради);
- выполнение практических работ;
- сдача экзамена.

Цель данных методических указаний показать, что и в какой последовательности изучать, на что следует обратить особое внимание при изучении тем; как решаются технологические задачи, активизировать процесс усвоения и закрепления знаний и умений путем ответов на вопросы для самоконтроля.

2. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование тем и разделов	Макс. нагрузка на студента (час)	Количество аудиторных часов				Самостоятельная работа
		Всего	Обзорно установ. занятия	Лабор. работа	Практ. работа	
Введение	1	1	1			
Раздел 1. Электротехника	149	18	11	5	2	131
Тема 1.1. Электрическое поле	10	1	1			9
Тема 1.2. Электрические цепи постоянного тока	10	2	1	1		8
Тема 1.3. Электромагнетизм	9	1	1			8
Тема 1.4. Электрические цепи переменного тока	15	2	1	1		13
Тема 1.5. Электрические измерения	10	1	1			9
Тема 1.6. Трёхфазные электрические цепи	12	2	1		1	18
Тема 1.7. Трансформаторы	15	2	1	1		13
Тема 1.8. Электрические машины переменного тока	20	3	1	2		17
Тема 1.9. Электрические машины постоянного тока	8	1	1			14
Тема 1.10. Основы электропривода	10	1	1			9
Тема 1.11. Передача и распределение электрической энергии	15	2	1		1	13
Раздел 2. Электроника	104	5	4	1		58
Тема 2.1. Физические основы электроники. Электронные приборы	8	1	1			12
Тема 2.2. Электронные выпрямители, стабилизаторы и усилители	8	2	1	1		12
Тема 2.3. Электронные генераторы и измерительные приборы	8	1	1			12
Тема 2.4. Электронные устройства автоматики и вычислительной техники. Микропроцессоры и микро-ЭВМ.	8	1	1			8
Итого:	144	24	16	6	2	102

3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Введение

Электрическая энергия, ее свойства и применение.

Основные этапы развития отечественной электроэнергетики, электротехники и электроники. Перспективы развития электроэнергетики, электротехники и электроники РФ.

Основное содержание учебной дисциплины «Электротехника и электроника», ее значение в подготовке к освоению новой техники, робототехники, прогрессивных технологий, станков ЧПУ и автоматических линий; ее связь с другими учебными дисциплинами.

Раздел I ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Тема 1.1 Электрическое поле

Студент должен:

- знать:** *основные свойства и характеристики электрического поля; закон Кулона и условия его применения; связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля; влияние электрического поля на проводники и диэлектрики; конденсаторы и их соединения;*
- уметь:** *рассчитывать электрическую напряженность и разность потенциалов в поле единичного заряда и в однородном поле, решать задачи на применение закона Кулона; объяснять физический смысл сущности поляризации диэлектриков, действие электрического поля на проводники и диэлектрики; определять пробивное напряжение и запас электрической прочности различных диэлектриков; определять эквивалентную емкость различных соединений конденсаторов.*

Основные свойства и характеристики электрического поля. Электрическое напряжение и потенциал. Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Электрическая емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия электрического поля. Поляризация диэлектрика. Электроизоляционные материалы.

Литература: 1, с. 6... 26

Методические указания

Основные вопросы данной темы изучены в курсе физики: что такое электрическое поле, закон Кулона, напряженность, потенциал (напряжение), электрическое поле в проводниках и диэлектриках, конденсаторы, соединения конденсаторов, энергии электрического поля. Поэтому данный материал следует изучить по основной литературе, приведенной в списке. Особое внимание уделите

явлению пробоя диэлектрика, понятия электропроводности диэлектрика, запаса электропрочности. Эти величины являются одной из характеристик изоляционного материала, которая учитывается на практике

Вопросы для самоконтроля

1. Какое поле называют электростатическим?
2. Что такое напряженность электрического поля? Имеет ли эта величина направление?
3. В каких единицах выражают напряженность электрического поля?
4. Что называют напряжением между двумя точками поля?
5. Поясните явление поляризации диэлектрика. Почему поляризованные атомы ослабляют внешнее поле?
6. Перечислите основные типы диэлектриков: газообразных, жидких и твердых. Какие из них используются в электрических аппаратах и электрических машинах?

Тема 1.2 Электрические цепи постоянного тока

Студент должен:

знать: классификацию электрических цепей и их основных элементов; параметры активных и пассивных элементов электрической цепи, их вольтамперные характеристики; зависимость электрического сопротивления от температуры; зависимость электрического сопротивления от материала, длины и площади поперечного сечения проводника; режимы работы электрической цепи; законы Ома и Кирхгофа; метод преобразования (свертывания) схем, преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную трехлучевую звезду и звезды - в эквивалентный треугольник; методы расчета электрических цепей постоянного тока: контурных токов, узловых потенциалов, двух узлов (узлового напряжения);

уметь: различать и классифицировать проводниковые материалы по удельному сопротивлению, классифицировать проводниковые изделия; раскрывать понятия: ЭДС, разность потенциалов, напряжение, сопротивление, проводимость; производить анализ электрической цепи, рассчитывать полное сопротивление цепи, определять напряжение, ток, мощность и энергию на каждом участке цепи, составлять баланс мощностей; применять законы Ома для участка цепи и для полной цепи; составлять систему уравнений для электрической цепи на основе законов Кирхгофа для узла и контура; производить расчет электрической цепи методами: контурных токов, узловых потенциалов, двух узлов (узлового напряжения); составлять простейшие электрические цепи; производить измерения в цепях постоянного тока.

Элементы электрической цепи, их параметры и характеристики. Пассивные и активные элементы электрической цепи.

Элементы схемы электрической цепи: ветвь, узел, контур. Схемы замещения электрических цепей. Электродвижущая сила (ЭДС). Электрическое сопротивление. Зависимость электрического сопротивления от температуры. Электрическая проводимость. Резистор. Соединение резисторов.

Режимы работы электрической цепи: холостой ход, номинальный, рабочий, короткого замыкания.

Энергия и мощность электрической цепи. Баланс мощностей. КПД. Основы расчета электрической цепи постоянного тока. Законы Ома и Кирхгофа. Расчет электрических цепей произвольной конфигурации методами: контурных токов, узловых потенциалов, двух узлов (узлового напряжения).

Лабораторная работа № 1. Опытная проверка свойств последовательного, параллельного и смешанного соединения резисторов и конденсаторов.

Литература: 1, с. 11...40; 2, с. 26...54.

Методические указания

Изучение темы следует начать с уяснения, что такое постоянный ток и электрическая цепь, ее назначение и элементы, параметры и характеристики. Затем изучите режимы электрической цепи, законы Ома и Кирхгофа, применение этих законов для расчета электрической цепи.

При расчете электрической цепи методом преобразования (свертывания) часто приходится треугольник сопротивлений преобразовывать в эквивалентную звезду сопротивлений и наоборот. При этом допускается, что токи напряжения на остальных участках цепи остаются прежними, т.е. до преобразования.

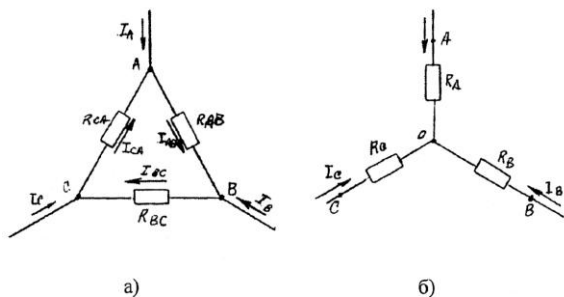


Рисунок 1

При замене треугольника сопротивлений (рисунок 1а) эквивалентной звездой (рисунок 1б) сопротивления определяются по формуле:

$$R_A = \frac{R_{AB} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}; \quad R_B = \frac{R_{BC} \cdot R_{AB}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}; \quad R_C = \frac{R_{CA} \cdot R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

При замене звезды (рисунок 1 б) эквивалентным треугольником (рисунок 1 а) каждое сопротивление треугольника определяется следующим выражением:

$$R_{AB} = R_A + R_B + \frac{R_A \cdot R_B}{R_C};$$

$$R_{BC} = R_B + R_C + \frac{R_B \cdot R_C}{R_A};$$

$$R_{CA} = R_C + R_A + \frac{R_C \cdot R_A}{R_B}$$

Расчет электрической цепи произвольной конфигурации методами контурных токов, двух узлов напряжений и расчета баланса мощности рассмотрен в методических указаниях к выполнению первой контрольной работы на примере решения задачи 1.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют электрическим током? Укажите его направление во внешней и внутренней цепях источника электрической энергии.
2. Напишите закон Ома для всей цепи и для одного ее участка: внешнего и внутреннего.
3. Какое явление называют коротким замыканием цепи? Как защитить цепь оттока короткого замыкания?
4. Напишите формулу для ЭДС источника, работающего в режиме потребителя и режиме генератора. Какие направления в этих случаях имеют ЭДС и ток в линии?
5. Сформулируйте закон Кирхгофа для замкнутого контура с несколькими ЭДС. Как в этом случае определяется знак каждой ЭДС?
6. Какую цепь называют сложной? Какие законы используют для ее расчета?

Тема 1.3 Электромагнетизм

Студент должен:

знать: основные свойства и характеристики магнитного поля; закон Ампера и условия его применения; физический смысл понятия индуктивности; закон Ленца и его физический смысл; область применения ферромагнитных материалов; метод расчета однородной неразветвленной магнитной цепи с использованием характеристик намагничивания ферромагнитных материалов и электротехнических сталей; процесс наведения ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле;

уметь: определять основные свойства и характеристики магнитного поля; определять электромагнитную силу, действующую на проводник с током в магнитном поле и силы взаимодействия между параллельными проводниками с токами; определять ЭДС электромагнитной индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле; применять правила для определения направлений электромагнитных сил, магнитных потоков, ЭДС; применять закон Ленца для определения индукционных ЭДС и токов; раскрывать физический смысл понятий индуктивности и индуктивности взаимной; производить расчет однородной неразветвленной магнитной цепи постоянного тока; пользоваться характеристиками намагничивания ферромагнитных материалов и электротехнических сталей.

Основные свойства и характеристики магнитного поля. Закон Ампера. Индуктивность: собственная и взаимная.

Магнитная проницаемость: абсолютная и относительная. Магнитные свойства вещества. Намагничивание ферромагнетика. Гистерезис.

Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле.

Магнитные цепи: разветвленные и неразветвленные. Расчет неразветвленной магнитной цепи. Электромагнитные силы. Энергия магнитного поля. Электромагниты и их применение.

Литература: 1, с. 173...208.

Методические указания

Вопросы, рассматриваемые в этой теме, такие как магнитное поле и его природа, магнитная индукция, магнитная проницаемость, напряженность магнитного поля, магнитный поток и единицы измерения, также электромагнитные силы: сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, взаимодействие двух параллельных проводников с токами, сила, действующая на движение в магнитном поле, намагничивание ферромагнитных веществ, закон Ленца, самоиндукции и электромагнитная индукция, взаимная индукция, изучались в курсе

физики. Эти материалы следует повторить по основной литературе, приведенной в списке. Затем изучите закон полного тока и что такое полный ток контура. Этот закон используется для расчета магнитной цепи. Уясните понятия: «магнитное сопротивление и напряжение», «магнитодвижущая сила». Законы Ома и Кирхгофа для магнитной цепи (аналогом тока в электрической цепи для магнитной цепи является магнитный поток). Затем рассмотрите расчет магнитной цепи. Задачи расчета магнитной цепи разделяют на два типа: первый - по заданному магнитному потоку определяют силу тока в катушке для создания этого потока, и обратная задача - по току в катушке определяют магнитный поток. Виды магнитных цепей аналогичны электрическим цепям: разветвленные, неразветвленные, простые и сложные.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют магнитным полем? Начертите магнитное поле вокруг прямолинейного проводника с током, кольцевого тока и катушки с током.
2. Приведите определение основных магнитных величин и их единиц измерения: индукции, магнитного потока, напряженности, абсолютной магнитной проницаемости, магнитной проницаемости, намагничивающей силы.
3. От каких величин зависит электромагнитная сила, действующая на проводник с током в магнитном поле? Как определить направление этой силы? В каких единицах выражают все величины, входящие в формулу для определения электромагнитной силы?
4. Как формулируют и записывают математически закон полного тока?
5. В чем сущность намагничивания ферромагнитных материалов?
6. Какой характер имеет магнитная петля гистерезиса для магнитомягких и магнитотвердых материалов? Как зависят потери энергии от площади петли гистерезиса?
7. Опишите порядок расчета магнитной цепи, если заданы ее размеры и магнитный поток или индукция.
8. Сформулируйте принцип электромагнитной индукции. Почему при движении проводника в магнитном поле происходит разделение зарядов в проводнике?
9. Как определить значение и направление ЭДС, наведенной в проводнике, движущемся в магнитном поле?
10. Сформулируйте закон Ленца.
11. Выведите формулу для определения ЭДС в контуре при его перемещении и магнитном поле. О чем говорит знак минус в этой формуле?
12. От каких факторов зависит ЭДС самоиндукции? Какое направление имеет она при возрастании и убывании тока в цепи?

Тема 1.4 Электрические цепи переменного тока

Студент должен:

- знать:** *параметры цепей синусоидального тока и их сущность: активное сопротивление, реактивное емкостное, индуктивное и полное сопротивление; разность фаз; активную, реактивную и полную мощности; коэффициент мощности; законы Ома и Кирхгофа для цепи синусоидального тока; связь мгновенного, амплитудного, среднего и действующего значений ЭДС, напряжения, тока; фазовые соотношения между напряжением и током на отдельных участках цепи; порядок построения векторных диаграмм токов, напряжений, сопротивлений, мощностей; физическую сущность процессов, протекающих в электрической RLC-цепи переменного тока; физическую сущность явлений: резонанс напряжений, резонанс токов; условия возникновения резонанса напряжений и резонанса токов;*
- уметь:** *строить временные диаграммы, рассчитывать параметры синусоидальных сигналов по временным диаграммам; применять законы Ома и Кирхгофа для расчета цепей синусоидального тока; определять характер электрической цепи, производить расчет цепи синусоидального тока, составлять баланс мощностей; определять по параметрам электрической RLC-цепи ее резонансную частоту, добротность, разность фаз напряжения и тока, коэффициент мощности; производить графический расчет цепи синусоидального тока, строить векторные диаграммы сопротивлений, напряжений, мощностей; по векторным диаграммам определять параметры электрической цепи синусоидального тока; производить измерения в однофазных цепях синусоидального тока.*

Понятие о генераторах переменного тока. Получение синусоидальной ЭДС. Общая характеристика цепей переменного тока. Амплитуда, период, частота, фаза, начальная фаза синусоидального тока. Мгновенное, амплитудное, действующее и среднее значения ЭДС, напряжения, тока.

Изображение синусоидальных величин с помощью временных и векторных диаграмм.

Электрическая цепь: с активным сопротивлением; с катушкой индуктивности (идеальной); с емкостью. Векторная диаграмма. Разность фаз напряжения и тока.

Неразветвленные электрические RC и RL-цепи переменного тока. Треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей. Коэффициент мощности. Баланс мощностей. Неразветвленная электрическая RLC-цепь переменного тока, резонанс напряжений и условия его возникновения. Разветвленная электрическая RLC-цепь переменного тока, резонанс токов и условия его возникновения. Расчет электрической цепи, содержащей источник синусоидальной ЭДС.

Лабораторная работа № 2. Изучение на осциллографе диаграмм электрических цепей с различными нагрузками переменного тока.

Литература: 5, с. 40...60.

Методические указания

При изучении этой темы важно понять физический смысл явлений, происходящих в цепи при переменном токе, что такое переменный ток и какими параметрами он характеризуется.

Переменный электрический ток - электрический ток, изменяющийся с течением времени. В электрических сетях используется синусоидальный переменный ток, который возникает в цепи под действием синусоидальной ЭДС и ее получают в генераторах синусоидального переменного тока. Часто под переменным током понимают синусоидальный ток. В замкнутой цепи под действием синусоидальной ЭДС создаются синусоидальные токи, а напряжение на участках цепи тоже будет синусоидальным. Аналитические выражения ЭДС:

$$e = E_m \sin(\omega t + \psi_e),$$

напряжения:

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u),$$

тока:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i),$$

где e, u, i - мгновенные значения ЭДС, напряжения, тока;

E_m, U_m, I_m - максимальные значения (амплитуда) ЭДС, напряжения, тока;

ω - угловая частота;

ψ_e, ψ_u, ψ_i - начальная фаза э.д.с, напряжения, тока.

Переменный ток характеризуется периодом T , частотой f или угловой частотой $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$, начальной фазой ψ .

Начальная фаза - угол, определяющий значение синусоидальной величины в начальный момент времени ($t = 0$).

Характер изменения синусоидального тока можно графически изобразить при помощи синусоиды или вращающихся векторов. Угол сдвига фаз: $\omega = \psi_1 - \psi_2$ - разность начальных фаз.

При изображении переменного тока в виде синусоиды по оси ординат откладывают мгновенные его значения, а по оси абсцисс - время или электрический угол.

Векторы вращаются против часовой стрелки со скоростью, равной угловой частоте ω этих синусоидов, а длины строят в масштабе, равном амплитудному значению тока.

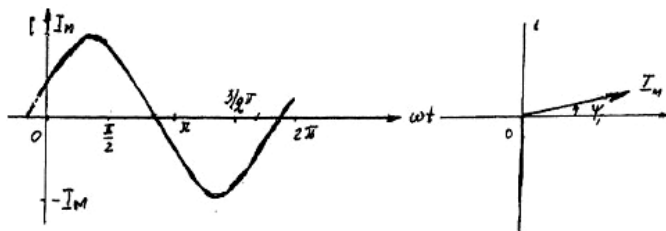


Рисунок 2

Кроме мгновенных и амплитудных значений переменный ток характеризуется средним и действующим значениями. Среднее значение переменного тока I за полупериод равно величине такого постоянного тока, при котором в течение полупериода через поперечное сечение проходит то же количество электрических зарядов, что и при переменном токе:

$$I_{\text{cp}} = \frac{2}{\pi} I_m \approx 0,637 I_m$$

Среднее значение переменного тока за период равно нулю.

При изучении темы «Электрические цепи однофазного синусоидального тока» важно понять физический смысл явлений, происходящих в цепи при переменном токе, знать, чем обусловлено индуктивное и емкостное сопротивления, а также различать омическое сопротивление и активное сопротивление в цепи переменного тока, уметь выводить количественные соотношения между током, напряжением и сопротивлением, понять причины, обуславливающие отставание по фазе тока относительно напряжения с индуктивной катушкой и опережение в цепи с емкостью.

Для неразветвленной цепи, содержащей несколько активных и реактивных сопротивлений различного характера справедливо геометрическое равенство напряжений:

$$\overline{U} = \overline{U}_{a1} + \overline{U}_{a2} + \dots + \overline{U}_{L1} + \overline{U}_{L2} + \dots - \overline{U}_{c1} - \overline{U}_{c2}$$

Из векторной диаграммы следует что $U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2}$

где $U_a = U_{a1} + U_{a2} + \dots$,

$U_p = U_{L1} + U_{L2} + \dots - U_{C1} - U_{C2} - \dots$

Полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2},$$

где $R = R_1 + R_2 + \dots$ - сумма активных сопротивлений, Ом;

$X = X_{L1} + X_{L2} + \dots - X_{C1} - X_{C2}$ - алгебраическая сумма реактивных сопротивлений, Ом.

Полная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

где $P = P_1 + P_2 + \dots$ - активная мощность цепи, Вт;

$Q = Q_{L1} + Q_{L2} + \dots - Q_{C1} - Q_{C2}$ - реактивная мощность цепи, ВАр.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z};$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S} = \frac{X}{Z}$$

Для расчета разветвленной цепи переменного тока вводятся расчетные величины активные и реактивные токи цепи. Если ветвь цепи содержит активные и реактивные сопротивления, то ток в цепи раскладывается на активные составляющие: $I_{a_n} = I_n \cos \varphi_n$ и реактивные составляющие $I_{p_n} = I_n \sin \varphi_n$.

Ток I в неразветвленной части цепи определяют как геометрическую сумму активных I_a и реактивных I_p составляющих и находят:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2},$$

где $I_a = I_{a1} + I_{a2} + \dots$;

$$I_p = I_{L1} + I_{L2} + \dots - I_{C1} - I_{C2}$$

I_{L1}, I_{L2} – реактивные токи ветви, содержащей индуктивность;

I_{C1}, I_{C2} – реактивные токи ветви, содержащие емкость.

Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{I};$$

$$\sin \varphi = \frac{I_p}{I}.$$

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют начальным фазовым углом и углом сдвига фаз?
2. Какие сопротивления называют активным и омическим сопротивлением?
3. От каких величин зависит величина индуктивного и емкостного сопротивления?
4. Какую мощность называют реактивной мощностью? Какое экономическое значение имеет реактивная мощность?
5. Почему при большой реактивной мощности нельзя полностью использовать мощность генератора?
6. Поясните причину резонанса напряжений и ее последствия.
7. При каких условиях возникает резонанс токов? Где на практике используется резонанс токов?

Тема 1.5 Электрические измерения

Студент должен:

- знать:** роль и значение электротехнических измерений в науке и технике; принцип действия и назначение электроизмерительных приборов магнитоэлектрического, электромагнитного, электродинамического, индукционно - измерительных механизмов; правила пользования цифровыми электроизмерительными приборами; погрешности измерения;
- уметь:** различать тип и характеристики измерительных приборов по условным обозначениям; пользоваться электроизмерительными приборами магнитоэлектрического, электромагнитного, электродинамического, индукционно - измерительных механизмов; пользоваться цифровыми приборами, выбирать предел измерения; определять погрешности электроизмерительных приборов по данным измерений; выбирать прибор для измерения с наименьшей погрешностью различных электрических величин; составлять схемы включения приборов при измерении различных электрических величин.

Основные понятия измерения. Погрешности измерений.

Классификация измерительных приборов.

Измерение тока и напряжения. Магнитоэлектрический измерительный механизм, электромагнитный измерительный механизм. Приборы и схемы для измерения электрического напряжения. Расширение пределов измерения амперметров и вольтметров.

Измерение мощности. Электродинамический измерительный механизм. Измерение мощности в цепях постоянного и переменного токов.

Индукционный измерительный механизм. Измерение электрической энергии.

Измерение электрического сопротивления, измерительные механизмы. Косвенные методы измерения сопротивления, методы и приборы сравнения для измерения сопротивления.

Литература: 4, с. 30-50.

Методические указания

Изучение темы следует начать с методики определения абсолютной и относительной погрешностей при измерениях, цель ее определения, роль и значение электрических измерений. Для измерения электрических величин используются устройства, преобразующие электрическую величину в форму, доступную для восприятия наблюдателем, например, в перемещение указателя: поворот стрелки, цифровую форму и т. д. В приборах непосредственной оценки используются электроизмерительные механизмы, в которых для движения подвижной части механизма используются электромагнитные силы. Рассмотрите устройства и принцип действия систем приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, индукционной, которые используются для измерения тока,

напряжения, мощности и энергии. Рассмотрите методы измерения электрических сопротивлений проводников.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие погрешности называют абсолютной и относительной?
2. Какими значками на шкале обозначают приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и индукционной систем?
3. Приборы каких систем - магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической - можно использовать для измерений в цепях постоянного и переменного тока?
4. Поясните работу воздушного и магнитного успокоителей подвижной системы.
5. Начертите схемы включения электродинамического ваттметра для измерения мощности: а) в цепи однофазного тока; б) в трехпроводной трехфазной цепи при равномерной нагрузке фаз; в) в четырехпроводной трехфазной цепи при равномерной нагрузке фаз.

Тема 1.6 Трехфазные электрические цепи

Студент должен:

знать: *схемы соединений звездой и треугольником трехфазных генераторов и трехфазных приемников электрической энергии; принцип работы трехфазной электрической цепи, порядок соединения обмоток трехфазных генераторов звездой и треугольником; соотношение между фазным и линейным напряжениями, соотношение между фазным и линейным токами при различных соединениях нагрузки; принцип построения векторной диаграммы для трехфазной цепи, распределение мощности в нагрузке; назначение нейтрального (нулевого) провода;*

уметь: *определять вид трехфазной электрической цепи при подключении нагрузки звездой и треугольником; различать симметричную и несимметричную нагрузки; производить расчет трехфазной электрической цепи при симметричной нагрузке; определять фазные и линейные напряжения, фазные и линейные токи при различных соединениях нагрузки, мощность одной фазы и трехфазной цепи в целом, определять коэффициент мощности; строить векторные диаграммы напряжений и токов для симметричной нагрузки; производить измерения в трехфазных электрических цепях.*

Соединение обмоток трехфазных источников электрической энергии звездой и треугольником. Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные электрические цепи. Фазные и линейные напряжения, фазные и линейные токи, соотношения между ними. Симметричные и несимметричные трехфазные электрические цепи. Нейтральный (нулевой) провод и его назначение. Векторная диаграмма напряжений и токов. Передача энергии по трехфазной линии. Мощность трехфазной

электрической цепи при различных соединениях нагрузки. Расчет симметричной трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки звездой и треугольником.

Практическая работа № 1. Исследование трехфазной четырехпроводной электрической цепи синусоидального тока.

Литература; 2, с. 123...173.

Методические указания

Изучение этой темы следует начать с уяснения преимущества трехфазных установок переменного тока перед однофазными. Важно знать соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при соединении элементов трехфазной цепи звездой и треугольником. Необходимо иметь ясное представление о назначении нейтрального провода в трехфазной четырехпроводной цепи переменного тока. В этой связи рассмотрите несимметричные режимы работы трехфазной цепи при соединении звездой. Расчет симметричного режима сводится к расчету одной фазы. При несимметричном режиме могут быть использованы методы для расчета однофазной цепи синусоидального тока. При несимметричном режиме можно определить ток в нейтральном проводе из векторной диаграммы:

$$i_N = i_A + i_B + i_C$$

Если нейтральный провод отсутствует, то напряжения на фазах приемника изменяются так, что сумма фазных напряжений будет равна нулю $U_A + U_B + U_C = 0$, если напряжение на клеммах трехфазного генератора симметричное. Если несимметричный приемник соединен в треугольник, то токи в фазах вычисляют как в однофазной цепи, а ток в линейных проводах можно определить из векторной диаграммы, исходя из уравнений:

$$i_A = i_{AB} - i_{CA}; i_B = i_{BC} - i_{AB}; i_C = i_{CA} - i_{BC}$$

Мощности находят на каждой фазе отдельно, а затем определяют мощность трехфазной цепи.

Вопросы для самоконтроля к разделу 1

1. Какими преимуществами обладает трехфазная система перед однофазной?
2. Как получить трехфазную систему ЭДС? Какие стандарты напряжения используются для трехфазных цепей?
3. Каждая фаза обмотки трехфазного электродвигателя рассчитана на напряжение 380 В. Как следует соединить обмотки при линейном напряжении сети 380 и 660 В?
4. В каких случаях применяют четырехпроводную систему? Какова в ней роль нулевого провода?
5. Почему в нулевой провод не разрешается устанавливать предохранитель? Является ли аварийным режимом обрыв нулевого провода при соединении трехфазного генератора и потребителя: а) при симметричной нагрузке; б) при несимметричной нагрузке?
6. Как определить активную, реактивную и полную мощности в трехфазной цепи при симметричной, несимметричной нагрузках?

Тема 1.7 Трансформаторы

Студент должен:

знать: устройство и принцип действия однофазного трансформатора; режимы работы однофазного трансформатора; номинальные параметры однофазного и трехфазного трансформаторов; типы трансформаторов и их применение;

уметь: объяснять устройство и принцип действия трансформаторов; определять тип трансформатора; определять параметры трансформаторов по паспортным данным; различать режимы работы трансформатора; определять потери мощности и КПД трансформатора по результатам измерений; определять коэффициент трансформации трансформатора по данным измерений токов и напряжений; определять согласное и встречное включение обмоток трансформатора; регулировать выходное напряжение с помощью автотрансформатора.

Назначение, принцип действия и устройство однофазного трансформатора. Режим работы трансформатора. Номинальные параметры трансформатора: мощность, напряжение и токи обмоток. Потери энергии и КПД трансформатора. Типы трансформаторов и их применение: трехфазные, многообмоточные, измерительные, автотрансформаторы.

Лабораторная работа № 3. Исследование режимов работы однофазного трансформатора.

Литература: 1, с. 208...253.

Методические указания

Трансформатор - это статический электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования напряжения переменного тока. Принцип действия основан на явлении электромагнитной индукции. Обратите внимание на формулу действующего значения ЭДС, которую индуцирует синусоидальный магнитный поток:

$$E = 4,44f\omega\Phi_M$$

Эта формула используется при исследовании трансформатора и электрических машин. Уясните связь между намагничивающими силами (н. с.) первичной и вторичной обмоток. Считается, что магнитный поток в сердечнике остается постоянным при изменении нагрузки от холостого хода до номинальной нагрузки. Вследствие этого сумма н.с. первичной и вторичной обмоток равна н. с. холостого хода.

Важное практическое значение имеет КПД трансформатора и потери энергии в трансформаторе.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните роль трансформатора в энергетической системе при передаче и распределении электрической энергии.
2. Укажите назначение и устройство основных элементов трансформатора.
3. Какие магнитные потоки имеют место в трансформаторе при нагрузке? Какие ЭДС в обмотках они наводят?
4. Почему практически коэффициент трансформации можно определить отношением напряжений обмоток именно при холостом ходе трансформатора?
5. Какие неисправности могут вызвать понижение вторичного напряжения трансформатора?
6. Какие потери мощности имеют место в трансформаторе при нагрузке?
7. Как изменится КПД при повреждении изоляции пластин магнитопровода?
8. Почему недопустимо размыкание вторичной обмотки трансформатора тока при нагрузке? Почему у трансформатора напряжения или у обычного силового трансформатора такое размыкание безопасно?
9. Каковы особенности устройства сварочных трансформаторов?

Тема 1.8. Электрические машины переменного тока

Студент должен:

- знать:** *устройство и принцип действия электрических машин переменного тока; принцип обратимости электрических машин переменного тока; основные характеристики асинхронных двигателей и синхронных генераторов; причину, по которой частота вращения ротора асинхронного двигателя меньше синхронной; способы пуска в ход электрических машин и способы регулирования частоты вращения ротора;*
- уметь:** *определять частоту вращения ротора по значению скольжения и частоте тока в сети; выбирать способы пуска двигателей в зависимости от их мощности; определять потребляемую мощность двигателя по паспортным значениям КПД и номинальной мощности; подключать двигатель к сети и осуществлять его пуск и реверс; включать обмотки статора электрической машины звездой и треугольником на требуемое напряжение.*

Назначение машин переменного тока и их классификация. Получение вращающегося магнитного поля в трехфазных электродвигателях и генераторах. Устройство электрической машины переменного тока: статор и его обмотка, ротор и его обмотка. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Частота вращения магнитного поля статора и частота вращения ротора. Вращающий момент асинхронного двигателя. Скольжение. Пуск в ход асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.

Рабочий процесс асинхронного двигателя и его механическая характеристика. Регулирование частоты вращения ротора. Однофазный и двухфазный асинхронный электродвигатели. Потери энергии и КПД асинхронного двигателя.

Синхронные машины и область их применения.

Лабораторные работы № 4,5. Исследование рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Исследование схем подключения трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Литература: 1, с. 260...300.

Методические указания

Машины переменного тока предназначены для преобразования механической энергии в электрическую переменного тока и, наоборот, в первом случае называют генератором, а во втором - двигателем. По числу фаз переменного тока они могут быть однофазными и трехфазными. Наибольшее применение в промышленности нашли трехфазные машины. Трехфазные машины могут быть синхронными и асинхронными.

Трехфазные асинхронные двигатели наиболее широко используются на практике благодаря простоте конструкции и надежности в эксплуатации. Асинхронные двигатели различают с короткозамкнутым ротором и фазным ротором.

Изучение асинхронных двигателей надо начинать с его устройства и принципа работы. Необходимо обратить особое внимание на электромагнитные процессы, возникающие в двигателе, как при его пуске, так и в процессе работы. Эксплуатационные параметры асинхронного двигателя демонстрируются механическими и рабочими характеристиками. Изучая характеристики проанализируйте формулы, из которых вытекают способы регулирования.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните получение вращающегося магнитного поля в асинхронном электродвигателе. От чего зависит частота его вращения?
2. Поясните принцип действия асинхронного двигателя. Почему такой двигатель называют асинхронным?
3. Что называют скольжением? Почему увеличение нагрузки на валу вызывает увеличение скольжения?
4. Что называют способностью двигателя к перегрузке и кратностью пускового момента?
5. Какие схемы пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором Вам известны? Их особенности?
6. Почему включение реостата в цепь ротора асинхронного двигателя увеличивает пусковой момент и снижает пусковой ток?
7. Какие способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя Вам известны?
8. Какие потери имеют место в асинхронном двигателе при работе и в режиме холостого хода?

9. Может ли ротор такой машины вращаться асинхронно?
10. Как производится пуск синхронных двигателей?
11. Как можно регулировать частоту вращения синхронного двигателя?

Тема 1.9. Электрические машины постоянного тока

Студент должен:

- знать:** *устройство и принцип действия машин постоянного тока; принцип обратимости электрических машин постоянного тока; основные характеристики двигателей и генераторов постоянного тока; способы пуска вход электрических машин и способы регулирования частоты вращения якоря;*
- уметь:** *определять типы и параметры машин постоянного тока по маркировке; строить рабочие характеристики генераторов и двигателей постоянного тока по данным измерений; выбирать способы пуска двигателей в зависимости от их мощности и схемы возбуждения; подключать двигатель к сети, осуществлять его пуск и регулирование частоты вращения.*

Назначение машин постоянного тока и их классификация.

Устройство и принцип действия машин постоянного тока: магнитная цепь, коллектор, обмотка якоря. Рабочий процесс машины постоянного тока: ЭДС обмотки якоря, реакция якоря, коммутация.

Генераторы постоянного тока, двигатели постоянного тока, общие сведения. Электрические машины с независимым возбуждением, с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением.

Пуск в ход, регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Потери энергии и КПД машин постоянного тока.

Литература: 2, с. 60 –...80.

Методические указания

Изучение машин постоянного тока следует начать с устройства и принципа действия. Отличительной особенностью машины постоянного тока является наличие коллектора. Рассмотрите его роль в машине.

Изучая свойства двигателей постоянного тока, надо уяснить их отличие от электродвигателей других типов, рассмотреть способы пуска, методы регулирования частоты вращения и механические характеристики. Понимая эти свойства, решите пригодность для привода того или другого механизма. Машины постоянного тока всегда запускаются пусковым реостатом, ограничивающим пусковой ток.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких конструктивных элементов состоят машины постоянного тока и для чего они предназначены?
2. Поясните принцип действия генератора и двигателя постоянного тока?

3. От каких величин зависит ЭДС якоря?
4. Для чего устанавливают в машинах постоянного тока дополнительные полюса?
5. Почему при пуске электродвигатели потребляют значительный постоянный ток?
6. Какими способами можно регулировать скорость вращения якоря машины постоянного тока?

Тема 1.10. Основы электропривода

Студент должен:

знать: функциональную блок-схему электропривода; методику расчета мощности электродвигателя при различных режимах работы;

уметь: объяснять по функциональной схеме устройство электропривода; выбирать тип электродвигателя по механической характеристике рабочей машины; выбирать электродвигатель в зависимости от режима работы; строить для выбранного двигателя реальную нагрузочную диаграмму; производить расчет мощности двигателя при различных режимах работы; анализировать работу схем управления электродвигателем.

Понятие об электродвигателе. Уравнение движения электропривода. Механические характеристики нагрузочных устройств. Расчет мощности и выбор двигателя при продолжительном, кратковременном и повторно - кратковременном режимах. Аппаратура для управления электроприводом.

Литература: доп. 4, с. 74...85

Методические указания

Электроприводом называется электромеханическая система, состоящая из электродвигателя (или нескольких электродвигателей), передаточного механизма к рабочей машине и всей аппаратуре для управления электродвигателем. Изучая эту тему, следует познакомиться с методами выбора типа и мощности электродвигателей для привода различных типов механизмов, иметь четкое представление о режимах работы и влияния режима работы на нагрев двигателя, следовательно, на максимальную мощность, которую он может развивать, так как номинальная мощность определяется тепловой прочностью изоляции.

Изучите, какие электрические аппараты используются для управления электродвигателем.

Вопросы для самоконтроля

1. Что входит в состав электропривода?
2. Как происходит нагревание и охлаждение электродвигателя, и от каких факторов зависит температура нагрева?

3. Какие факторы определяют выбор электродвигателя?
4. Какие электрические аппараты используются для управления электродвигателями электропривода?

Тема 1.11. Передача и распределение электрической энергии

Студент должен:

- знать:** *преимущества объединения энергосистем; потери напряжения и энергии в проводах ЛЭП; метод выбора сечения проводов по таблицам допустимых нагрузок; назначение защитного заземления и защитного зануления в электроустановках;*
- уметь:** *определять конструкцию и область применения проводов и кабелей по их маркам; выбирать сечения проводов и кабелей по допускаемой токовой нагрузке и потере напряжения; отличать защитное заземление от защитного зануления.*

Электроснабжение промышленных предприятий от электрической системы. Назначение и устройство трансформаторных подстанций и распределительных пунктов.

Электрические сети промышленных предприятий: воздушные линии; кабельные линии; внутренние электрические сети и распределительные пункты; электропроводки.

Электроснабжение цехов и осветительных электросетей. Графики электрических нагрузок.

Выбор сечений проводов и кабелей: по допустимому нагреву; с учетом защитных аппаратов; по допустимой потере напряжения.

Эксплуатация электрических установок. Защитное заземление.

Защитное зануление.

Практическое занятие № 2. Изучение схем передачи и распределения электрической энергии.

Литература: доп. 1, с. 484...502.

Методические указания

Изучение темы следует начать с четкого представления энергосистемы. Энергетической системой называется совокупность электрических станций и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты.

Электроэнергетической системой называется электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Создание энергосистемы позволяет более рационально и экономно использовать электрическую энергию. Далее рассмотрите трансформаторные подстанции и распределительные устройства, их назначение, электрические сети.

В этой теме обратите внимание на расчет электрических сетей. Расчет сетей проводится по двум критериям: по нагреву и по падению напряжения. Конечной целью расчета проводов является определение допустимого значения тока для них. По допустимому значению определяются потери напряжения, чтобы обеспечить номинальное напряжение для потребителя.

Затем изучите устройство, назначение защитного заземления и зануление и их отличие.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких частей состоит энергосистема? Назовите преимущества единой энергетической системы?
2. Для чего предназначены распределительные устройства и трансформаторные подстанции?
3. Как выполняются воздушные и кабельные линии, внутренняя электропроводка?
4. Для чего выполняют заземляющие устройства, и какие требования предъявляются к ним?

Раздел 2 Электроника

Тема 2.1. Физические основы электроники. Электронные приборы

Студент должен:

знать: физические процессы, происходящие в «р-п» переходе при его прямом и обратном включении; принцип работы полупроводниковых диодов, стабилитронов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоры; основные параметры и назначение полупроводниковых приборов;

уметь: *объяснять устройство и принцип работы полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров; определять параметры полупроводниковых приборов по их характеристикам; определять типы полупроводниковых приборов по их маркировке; пользоваться справочной литературой по полупроводниковым приборам; проводить измерения токов и напряжений при снятии входных и выходных характеристик биполярных транзисторов.*

Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимость. Электронно-дырочный переход и его свойства. Прямое и обратное включение «р-п» перехода.

Полупроводниковые диоды: классификация, свойства, маркировка, область применения.

Полупроводниковые транзисторы: классификация, принцип действия, назначение, область применения, маркировка.

Биполярные транзисторы. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения биполярных транзисторов: общая база, общий эмиттер, общий коллектор. Вольтамперные характеристики, параметры схем. Статические параметры, динамический режим работы, температурные и частотные свойства биполярных транзисторов.

Полевые транзисторы: принцип работы, характеристики, схемы включения. Тиристоры: классификация, характеристики, область применения, маркировка.

Литература: 4, с. 20....30.

Методические указания

Тема посвящена изучению физических основ полупроводников и полупроводниковых приборов, принципов их функционирования, устройства и принципов работы всех приборов электронной техники, выполненных на их основе. Сначала нужно усвоить физические процессы в полупроводниках, формирование электронно-дырочного перехода и его свойства. При изучении транзисторов и способов включения в электрическую схему необходимо проработать вопрос взаимодействия двух встречно включенных р-п переходов. Изучите особенности статических входных и выходных характеристик транзистора. Необходимо научиться определять малосигнальные h -параметры.

Полевые транзисторы отличаются от биполярных транзисторов носителями зарядов, создающих ток: либо электронами (в n -канале), либо дырками (в p -канале). Четырехслойные переключающие приборы желательно начать изучать с динистора, а затем перейти к тринистору.

Вопросы для самоконтроля

1. Какую проводимость полупроводников называют собственной проводимостью и от каких факторов она зависит?
2. Какую проводимость проводников называют примесной проводимостью?

3. Что из себя представляет электронно-дырочный переход? Что такое запирающий слой и потенциальный барьер?
4. Поясните принцип работы полупроводникового диода.
5. Как подключаются источники ЭДС к р-п переходам транзистора?
6. Почему униполярный транзистор называют полевым?
7. В чем отличие полевого транзистора с управляющим р-п переходом от полевого транзистора с изолированным затвором?
8. Поясните принцип работы динистора и тринистора.

Тема 2.2. Электронные выпрямители, стабилизаторы и усилители

Студент должен:

знать: *основные параметры электронных выпрямителей, принцип работы схем однополупериодного, двухполупериодного и трехфазного выпрямителей; основные требования, предъявляемые к сглаживающим фильтрам; основные параметры электронных стабилизаторов напряжения и тока; принцип работы стабилизаторов постоянного напряжения и тока; основные технические характеристики электронных усилителей; принцип работы усилителя низкой частоты на биполярном транзисторе; принцип работы импульсного, избирательного, операционного усилителей; назначение обратной связи в усилителях; методы температурной стабилизации режима работы усилителя;*

уметь: *составлять схемы однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей; изображать графики мгновенных значений выпрямленных напряжений и токов для различных типов выпрямителей; графически пояснять работу схем выпрямления; рассчитывать по осциллограмме напряжения значения выпрямленных напряжений и тока для схем выпрямления; объяснять работу различных сглаживающих фильтров, электронных стабилизаторов напряжения и тока. снимать и строить амплитудно-частотную характеристику электронного усилителя; по АЧХ определять коэффициент усиления усилителя и его полосу пропускания, граничные частоты рабочего диапазона; выражать коэффициенты усиления усилителя по току, по напряжению, по мощности в логарифмических единицах - децибеллах (дБ).*

Основные сведения, структурная схема электронного выпрямителя. Однофазные и трехфазные выпрямители. Сглаживающие фильтры.

Основные сведения, структурная схема электронного стабилизатора. Стабилизаторы напряжения. Стабилизаторы тока.

Схемы усилителей электрических сигналов. Основные технические характеристики электронных усилителей. Принцип работы усилителя низкой частоты на биполярном транзисторе. Обратная связь в усилителях.

Многокаскадные и избирательные усилители, температурная стабилизация режима работы.

Импульсные и избирательные усилители. Операционные усилители.

Лабораторная работа № 6. Исследование входного напряжения однополупериодного и двухполупериодного выпрямителя с помощью осциллографа

Литература: 4, с. 35...42.

Методические указания

Выпрямители - это электрические устройства, предназначенные для преобразования переменного тока в постоянный. Изучение этой темы следует начинать со схемы однофазного однополупериодного выпрямителя, а затем рассмотрите схему выпрямителя с выводом нулевой точки и мостовую схему. После изучения этого вопроса изучите схемы трехфазных выпрямителей. Обратите внимание на особенности каждой схемы, выделив их достоинства, недостатки и возможность применения в тех и других случаях. После выпрямления получаем пульсирующий ток одного направления, но для электронных устройств требуется постоянное напряжение. Поэтому следует рассмотреть сглаживающие фильтры и стабилизаторы напряжения и тока.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение выпрямителей и его составных частей.
2. Почему для электронных устройств без уменьшения пульсации выпрямленного тока нельзя использовать выпрямитель?
3. Какие электрические элементы используются в качестве вентилей?
4. Для чего используются в выпрямителях сглаживающие фильтры?
5. Какие элементы используются в фильтрах?
6. Какие различают стабилизаторы напряжения и тока? Поясните принцип стабилизации?
7. По каким показателям выбираются диоды для выпрямителей?

Методические указания

Усилители различных типов широко используются в электронных устройствах различного назначения. Изучение схемы любого усилителя следует начать с изучения типовых каскадов усиления, при этом следует обратить внимание на элементы схемы. Какие элементы используются для автоматического смещения потенциала базы и температурой стабилизации режима усиления транзистора.

Уясните, по каким признакам производится классификация усилителей, какие параметры и характеристики имеют усилители.

В многокаскадных усилителях используется обратная связь. Следует рассмотреть виды обратной связи и как работают усилители, имеющие те или иные виды обратной связи.

Изучая специальные виды усилителей (импульсные и избирательные), уясните отличительную особенность, т.е. каким образом достигается избирательность и расширение диапазона, усиление, уменьшение искажений, процесс усиления входного сигнала. Организационный усилитель (ОУ) - это высококачественный усилитель, предназначенный для усиления как постоянных, так и переменных сигналов. Ранее такие усилители применяли для выполнения математических операций в аналоговых вычислительных машинах. Поэтому их называют операционным. Операционные усилители в основном выпускаются в виде ИМС. Затем рассмотрите основные допущения при составлении схем усилителя. Краткое описание, параметры и характеристики усилителя.

При составлении электронных устройств применяют обратную связь, это делает стабильным режим усиления. Рассмотрите примеры устройств с применением ОУ.

Вопросы для самоконтроля

1. По каким признакам классифицируют электронные усилители?
2. Назовите основные технические показатели усилителей.
3. Опишите работу усилительного каскада на транзисторе, схемы с общим эмиттером. Какую функцию выполняют элементы схемы?
4. Какую связь в усилителях называют обратной? Как отличается положительная обратная связь от отрицательной?
5. Как достигается избирательность усилителя?
6. Какие требования предъявляются к импульсным усилителям?
7. Какие основные требования предъявляются к операционным усилителям?

Тема 2.3. Электронные генераторы и измерительные приборы

Студент должен:

знать: принцип работы различных типов электронных генераторов и их применение; сущность переходных процессов в RC-цепях; принцип работы электронного вольтметра и осциллографа;

уметь: объяснять принцип работы генераторов LC-типа и RC-типа; объяснять принцип работы импульсных генераторов; мультивибратора, триггера, генератора линейно-изменяющегося напряжения; пользоваться осциллографом для наблюдений формы напряжений и токов; по осциллограммам напряжений и токов определять параметры электрических сигналов; по параметрам схемы электронного генератора определять его рабочую частоту и период колебаний; пользоваться электронным вольтметром.

Колебательный контур. Структурная схема электронного генератора. Генераторы синусоидальных колебаний: генераторы LC-типа, генераторы RC-типа. Переходные процессы в RC-цепях. Импульсные генераторы: мультивибратор, триггер. Генератор линейно-изменяющегося напряжения (ГЛИН-генератор). Электронные стрелочные и цифровые вольтметры. Электронный осциллограф.

Литература: 4, с. 57...70.

Методические указания

Тема предназначена для изучения электронных преобразовательных устройств, широко используемых в приборной аппаратуре и в высокочастотных промышленных установках.

Изучение темы начните с рассмотрения электромагнитных процессов LC в колебательном контуре, где получаются затухающие электромагнитные колебания. Затем изучите LC генератор, в котором имеется электронный ключ. Он периодическим включением источника ЭДС пополняет энергией LC контур. Изучая автогенераторы, выясните условия самовозбуждения автогенераторов и рассмотрите автогенераторы синусоидальных напряжений с LC и RC связями.

Изучение мультивибратора и триггера начните с изучения переходных процессов, происходящих в RC цепях. Затем изучите работу генератора линейно-импульсного напряжения (ГЛИН).

Изучение электронных вольтметров следует начать с рассмотрения недостатков стрелочных приборов при измерении напряжений на участках цепи, имеющих сопротивления большей или равной сопротивлению вольтметра, источников высокочастотных напряжений и т. д. Изучите работу аналогового и цифрового вольтметра по их блок-схеме; рассмотрите функции, выполняемые этими блоками.

Электронный осциллограф - это универсальный электронный прибор. Он применяется для визуального изучения входных электрических сигналов, а также для измерения всех основных параметров. Рассмотрите блок-схему осциллографа. В нем главным элементом является электронно-лучевая трубка. Изучите процесс формирования электронного луча и управление смещением луча на экране электроннолучевой трубки, применение электронного осциллографа для изучения электрических сигналов.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему в реальном колебательном контуре происходят затухающие электромагнитные колебания?
2. Какие условия необходимо выполнить для самовозбуждения автогенераторов?
3. От каких параметров элементов генератора зависит частота электрических колебаний в LC, RC генераторах и мультивибраторе?
4. Почему нельзя применять для измерения высокочастотных напряжений стрелочные вольтметры?
5. Как происходит колебательный процесс в мультивибраторах?
6. Почему в триггере не могут происходить электрические колебания?

7. Из каких основных узлов состоят электронные аналоговые и цифровые вольтметры? Поясните их назначение.
8. Из каких узлов состоит электронный осциллограф? Поясните их назначение?

Тема 2.4 Электронные устройства автоматики и вычислительной техники. Микропроцессоры и микро-ЭВМ

Студент должен:

знать *назначение автоматического контроля, управления и регулирования; назначение и типы измерительных преобразователей и исполнительных электродвигателей; устройство, принцип работы и назначение электромагнитного и ферромагнитного реле; место микропроцессоров и микро-ЭВМ в структуре средств вычислительной техники; объективную необходимость применения микропроцессоров и микро-ЭВМ для комплексной автоматизации управления производством, в информационно-измерительных системах, технологическом оборудовании; принцип работы микропроцессоров и микро-ЭВМ, полупроводниковых запоминающих устройств, логических элементов; основные логические операции И, ИЛИ, НЕ и их комбинации; способы изображения логических чисел; двоичную и десятичную систему счисления;*

уметь *различать измерительные преобразователи по принципу действия и назначению; различать типы исполнительных элементов, электромеханических промежуточных элементов и ферромагнитных промежуточных элементов систем автоматики по принципу действия и назначению; определять параметры срабатывания и возврата электромагнитного реле. описывать архитектуру и функции микропроцессоров и микро-ЭВМ; объяснять место и роль интерфейса в микропроцессорах и микро-ЭВМ; пользоваться элементами формальной логики; составлять таблицы истинности; переводить числа из десятичной системы счисления в двоичную систему и обратно; пользоваться справочной литературой по интегральным микросхемам.*

Структура системы автоматического контроля, управления и регулирования.

Измерительные преобразователи. Измерение неэлектрических величин электрическими методами. Параметрические преобразователи: резистивные, индуктивные, емкостные. Генераторные преобразователи.

Исполнительные элементы: электромагниты; электродвигатели постоянного и переменного токов, шаговые электродвигатели.

Электромагнитное и ферромагнитное реле.

Понятие о микропроцессорах и микро-ЭВМ. Устройство и работа микро-ЭВМ. Структурная схема, взаимодействие блоков.

Арифметическое и логическое обеспечение микропроцессоров и микро-ЭВМ.

Микропроцессоры с жесткой и гибкой логикой. Интерфейс микропроцессоров и микро-ЭВМ.

Интегральные схемы микроэлектроники. Основные параметры больших интегральных схем микропроцессорных комплектов.

Периферийные устройства микро-ЭВМ.

Литература: 10, с. 142...160.

Методические указания

Системы автоматики и телемеханики широко используются в промышленности, научных исследованиях, внедряются в бытовых приборах, ЭВМ и т. д. Автоматические системы используются для контроля, управления и регулирования сигнализации и т. д. Автоматические системы различают замкнутые и разомкнутые, но в этих системах можно выделить общее: имеется ее объект, параметры которого регулируются, управляются, контролируются, измеряются; параметры этого объекта преобразуются в электрические, если этот параметр не электрический. Затем полученный сигнал усиливается усилителями до мощности, достаточной для приведения исполнительного органа.

Структурная схема

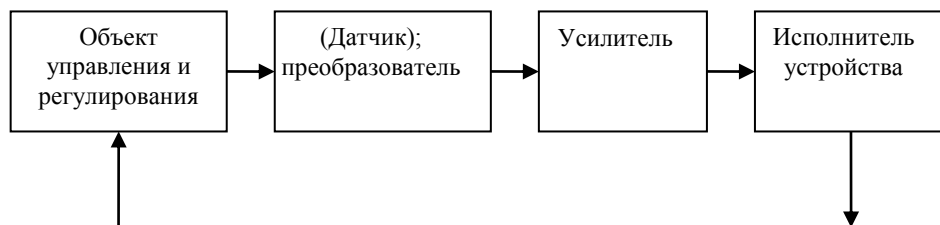


Рисунок 3 Вопросы, предусмотренные в этой теме изучите по литературе [1,2].

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют автоматическим устройством?
2. Какие различают измерительные преобразователи?
3. Какие преобразователи называют генераторными, параметрическими?
4. Какие преобразователи называют резисторами? Виды резистивных преобразователей.
5. Какие преобразователи называют индуктивными? Какая величина, характеризующая индуктивность, изменяется в преобразователях?
6. Какие величины применяются в емкостных преобразователях, характеризующие емкость устройства?

7. Какие исполнительные элементы используются в автоматических системах и их отличие от силовых генераторов и двигателей?
8. Что называют реле? Принцип действия электромагнитных и ферромагнитных реле. Какими параметрами характеризуются реле?

Методические указания

Любая научная, производственная, хозяйственная деятельность связана с обработкой информации. Вычислительная машина прежде всего появилась как средство автоматизации вычислений. Широкое развитие вычислительной техники и ее внедрение в деятельность общества используется не только как средство вычисления, а как средство анализа массива данных и управления ими.

Изучение этой темы следует начать с принципа построения ЭВМ, учитывая, что главным элементом, выполняющим основные функции, является процессор. Затем рассмотрите основную архитектуру ЭВМ и процессора - структурную схему взаимодействия блоков.

Чтобы уяснить действие микропроцессора и микро-ЭВМ, нужно изучить арифметическое логическое обеспечение, двоичную и десятичную систему счисления, способы изображения логических чисел, основные логические операции И, ИЛИ, НЕ и их комбинации.

Затем изучите периферийные устройства - интерфейс, их назначение и функционирование.

При изучении приборов интегральной технологии (микросхем, микропроцессоров) следует обратить внимание на исполнение элементов и их упаковку на кристалле полупроводника - степень интеграции. Уясните классификацию микросхем по этому параметру и технологии изготовления. Также необходимо обратить внимание на различие микросхемы и микропроцессора, на понятие микропроцессорного комплекта и микро-ЭВМ.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные устройства, входящие в состав ЭВМ, и их функции.
2. Что называют процессором, и какие функции выполняют процессоры?
3. Микропроцессоры? Какое место занимают микропроцессоры в структуре микро-ЭВМ?
4. Почему в цифровой технике используется в основном двоичная система счисления или система счисления с основанием 2"?
5. Какие периферийные устройства имеют микро-ЭВМ?
6. Почему некоторые электронные схемы называют интегральными? По каким признакам их классифицируют?
7. Почему одни микропроцессоры называют с жесткой логикой, а другие с гибкой логикой?
8. Перечислите основные параметры микропроцессоров.

Раздел 3. Примерный перечень практических занятий, лабораторных и самостоятельных работ

Тема 3.1 Примерный перечень лабораторных работ

Номер темы	Номер и наименование работ	Количество аудиторных часов
1.2	№ 1. Опытная проверка свойств последовательного параллельного и смешанного соединения резисторов и конденсаторов	1
1.4	№ 2. Изучение на осциллографе диаграмм электрических цепей с различными нагрузками переменного тока	1
1.7	№ 3. Исследование режимов работы однофазного трансформатора	1
1.8	№ 4. Исследование рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	1
1.8	№ 5 Исследование схем подключения трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	1
2.2	№ 6 Исследование входного напряжения однополупериодного и двухполупериодного выпрямителя с помощью осциллографа	1
	Всего:	6

Тема 3.2 Примерный перечень практических занятий

Номер темы	Номер и наименование занятия	Количество аудиторных часов
1.6	№ 1. Исследование трехфазной четырехпроводной электрической цепи синусоидального тока	1
2.2	№ 2. Изучение схем передачи и распределения электрической энергии	1
	Всего:	2

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Электрическое поле. Основные свойства и характеристики электрического поля. закон Кулона и условия его применения.

2. Связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля; влияние электрического поля на проводники и диэлектрики; конденсаторы и их соединения.

3. Электрические цепи постоянного тока. Классификация электрических цепей и их основные элементы; параметры активных и пассивных элементов электрической цепи, их вольтамперные характеристики; зависимость электрического сопротивления от температуры; зависимость электрического сопротивления от материала, длины и площади поперечного сечения проводника.

4. Режимы работы электрической цепи; законы Ома и Кирхгофа; метод преобразования (свертывания) схем, преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную трехлучевую звезду и звезды - в эквивалентный треугольник; методы расчета электрических цепей постоянного тока: контурных токов, узловых потенциалов, двух узлов (узлового напряжения).

5. Электромагнетизм. Основные свойства и характеристики магнитного поля; закон Ампера и условия его применения; физический смысл понятия индуктивности; закон Ленца и его физический смысл; область применения ферромагнитных материалов; метод расчета однородной неразветвленной магнитной цепи с использованием характеристик намагничивания ферромагнитных материалов и электротехнических сталей; процесс наведения ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле;

6. Электрические цепи переменного тока. Параметры цепей синусоидального тока и их сущность: активное сопротивление, реактивное емкостное, индуктивное и полное сопротивления; разность фаз; активную, реактивную и полную мощности; коэффициент мощности; законы Ома и Кирхгофа для цепи синусоидального тока; связь мгновенного, амплитудного, среднего и действующего значений ЭДС, напряжения, тока; фазовые соотношения между напряжением и током на отдельных участках цепи; порядок построения векторных диаграмм токов, напряжений, сопротивлений, мощностей; физическую сущность процессов, протекающих в электрической RLC-цепи переменного тока; физическую сущность явлений: резонанс напряжений, резонанс токов; условия возникновения резонанса напряжений и резонанса токов.

7. Электрические измерения. роль и значение электротехнических измерений в науке и технике; принцип действия и назначение электроизмерительных приборов магнитоэлектрического, электромагнитного, электродинамического, индукционно - измерительных механизмов; правила пользования цифровыми электроизмерительными приборами; погрешности измерения.

8. Трехфазные электрические цепи. схемы соединений звездой и

треугольником трехфазных генераторов и трехфазных приемников электрической энергии; принцип работы трехфазной электрической цепи, порядок соединения обмоток трехфазных генераторов звездой и треугольником; соотношение между фазным и линейным напряжениями, соотношение между фазным и линейным токами при различных соединениях нагрузки; принцип построения векторной диаграммы для трехфазной цепи, распределение мощности в нагрузке; назначение нейтрального (нулевого) провода;

9. Трансформаторы. устройство и принцип действия однофазного трансформатора; режимы работы однофазного трансформатора; номинальные параметры однофазного и трехфазного трансформаторов; типы трансформаторов и их применение;

10. Электрические машины переменного тока. устройство и принцип действия электрических машин переменного тока; принцип обратимости электрических машин переменного тока; основные характеристики асинхронных двигателей и синхронных генераторов; причину, по которой частота вращения ротора асинхронного двигателя меньше синхронной; способы пуска в ход электрических машин и способы регулирования частоты вращения ротора;

11. Электрические машины постоянного тока. устройство и принцип действия машин постоянного тока; принцип обратимости электрических машин постоянного тока; основные характеристики двигателей и генераторов постоянного тока; способы пуска вход электрических машин и способы регулирования частоты вращения якоря;

12. Основы электропривода. функциональную блок-схему электропривода; методику расчета мощности электродвигателя при различных режимах работы;

13. Передача и распределение электрической энергии. преимущества объединения энергосистем; потери напряжения и энергии в проводах ЛЭП; метод выбора сечения проводов по таблицам допустимых нагрузок; назначение защитного заземления и защитного зануления в электроустановках;

14. Физические основы электроники. Электронные приборы. физические процессы, происходящие в «р-п» переходе при его прямом и обратном включениях; принцип работы полупроводниковых диодов, стабилитронов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров; основные параметры и назначение полупроводниковых приборов;

15. Электронные выпрямители, стабилизаторы и усилители. основные параметры электронных выпрямителей, принцип работы схем однополупериодного, двухполупериодного и трехфазного выпрямителей; основные требования, предъявляемые к сглаживающим фильтрам; основные параметры электронных стабилизаторов напряжения и тока; принцип работы стабилизаторов постоянного напряжения и тока;

16. Электронные генераторы и измерительные приборы. принцип работы различных типов электронных генераторов и их применение; сущность переходных процессов в RC-цепях; принцип работы электронного вольтметра и осциллографа;

17. Электронные устройства автоматики и вычислительной техники.

Микропроцессоры и микро-ЭВМ. назначение автоматического контроля, управления и регулирования; назначение и типы измерительных преобразователей и исполнительных электродвигателей; устройство, принцип работы и назначение электромагнитного и ферромагнитного реле; место микропроцессоров и микро-ЭВМ в структуре средств вычислительной техники.

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общие требования

Необходимым этапом самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения над программным материалом является выполнение контрольной работы, которая делается методом **заполнения рабочей тетради** своей дисциплины. Для студентов неэлектрических специальностей выдаётся рабочая тетрадь с сокращённым материалом, а для студентов электрического профиля выдаётся с более объёмным материалом.

Контрольная работа - это самостоятельная работа студента с литературой, ответы на поставленные вопросы и выполнение конкретных заданий, она должна показать умение студента кратко и четко отвечать на поставленные в теме вопросы, подбирать и использовать необходимые для ответа материалы.

Цель конкретной работы - привить навыки самостоятельного изучения учебного материала, закрепление знаний по изучаемой дисциплине.

Контрольная работа должна быть выполнена в установленные учебным графиком сроки, сделана аккуратно и грамотно.

На лицевой стороне контрольной работы следует указать свою фамилию, инициалы, дату выполнения контрольной работы, поставить подпись.

Получив контрольную работу после проверки, студент должен ознакомиться с рецензией и с учетом замечаний доработать отдельные вопросы.

Незачтенная контрольная работа возвращается с рецензией, выполняется работа над ошибками по указанному преподавателем замечаниям и сдается этому же преподавателю на проверку.

Студенты, не выполнившие контрольные работы или получившие за них отрицательную оценку (незачет), к сдаче экзамена/зачета не допускаются.

Параметры оценки контрольной работы:

1. Сдача работы в установленные сроки.
2. Выполнение требований к оформлению работы.
3. Подбор, анализ и использование в работе актуальной литературы.
4. Корректное использование Интернет-источников.
5. Полные и четкие ответы на поставленные вопросы задания.

5. ЛИТЕРАТУРА

Основные источники:

1. Бутырин П.А. Основы электротехники: учебник для студентов средних и высших учебных заведений профессионального образования по направлениям электротехники и электроэнергетики / П.А. Бутырин, О.В. Толчеев, Ф.Н. Шакирзянов. М. : Издательский дом МЭИ, 2014. — 360 с.
2. Сильвашко С.А. Основы электротехники: учебное пособие/С.А. Сильвашко. Оренбург:Оренбургский государственный университет,ЭБС АСВ, 2009. — 209 с
3. Трубникова В.Н. Электротехника и электроника. Часть 1. Электрические цепи: учебное пособие / В.Н. Трубникова. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 137 с.
4. Лаппи Ф.Э. Минимальный курс электротехники и электроники. Часть 1. Основные элементы электротехники и электроники: учебное пособие / Ф.Э. Лаппи. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 112 с.
5. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 1. Линейные электрические цепи постоянного тока: учебное пособие / В.Ю. Нейман. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 116 с.
6. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 2. Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока: учебное пособие / В.Ю. Нейман. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2009. — 150 с.
7. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 3. Четырехполюсники и трехфазные: учебное пособие / В.Ю. Нейман. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 144 с.
8. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 4. Линейные электрические цепи несинусоидального тока: учебное пособие / В.Ю. Нейман. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 182 с.
9. Ванюшин М. Занимательная электроника и электротехника для начинающих и не только / М. Ванюшин. СПб. : Наука и Техника, 2017. — 352 с.
10. Ермуратский П.В. Электротехника и электроника / П.В. Ермуратский, Г.П. Лычкина, Ю.Б. Минкин. Саратов: Профобразование, 2017. — 416 с

Дополнительные источники:

1. Бычков, Ю.А. Основы теоретической электротехники: учеб. пособие / Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э.П. Чернышев. Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 592 с.

2. Марченко, А.Л. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. Учебное пособие для вузов: учеб. пособие / А.Л. Марченко, С.В. Освальд. Москва : ДМК Пресс, 2010. — 448 с.
3. Лихачев В.Л. Электротехника. Том 1: справочник / В.Л. Лихачев. М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2010. — 553 с.
4. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование: справочник. Учебное пособие для вузов / И.И. Алиев. Саратов: Вузовское образование, 2014. — 119 с.
5. Ванюшин М. Первые шаги в электронику и электротехнику / М. Ванюшин. СПб. : Наука и Техника, 2015. — 352 с.
6. Волченсков В.И. Исследование трехфазных электрических цепей: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Электротехника и электроника» / В.И. Волченсков, О.И. Мисеюк. М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 36 с.
7. Муравьев Б.М. Электротехника, электроника и электрооборудование. Часть 1А. Электроника: методические рекомендации к выполнению лабораторных работ / Б.М. Муравьев, Л.В. Савенко. М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2005. — 47 с.
8. Душин А.Н. Электротехника и электроника: электроника. Лабораторный практикум / А.Н. Душин, М.С. Анисимова, И.С. Попова. М. : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 107 с.
9. Лихачев В.Л. Электротехника: практическое пособие / В.Л. Лихачев. М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. — 608 с.
10. Клепча В.Ф. Электротехника. Лабораторный практикум: учебное пособие / В.Ф. Клепча. Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2016. — 180 с.

Электронные библиотеки	- Электронно-библиотечная система "Лань" - https://e.lanbook.com/ ; - Электронно-библиотечная система "Iprbookshop" http://www.iprbookshop.ru/6951.html .
------------------------	---

Интернет-ресурсы:

1. <http://electrolibrary.info> <http://povny.blogspot.com>
 ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ЭЛЕКТРИКА
 Где найти в Интернете специалиста-электрику узкотематическую
 Информацию Автор: Андрей Повный
2. www.electrik.org Вопросы и ответы по электротехнике
3. www.vsva-elektrotehnika.ru Курс предмета «Электротехника и Электроника»
4. www.electrotechnika.info Электротехника, электроника и импульсная техника