**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЁЖНОЙ ПОЛИТИКИ**

**ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Чувашской Республики

«Цивильский аграрно-технологический техникум» Министерства образования Чувашской Республики

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

по дисциплине «Электротехника и электронная техника»

для студентов заочной формы обучения

по специальностей 35.02.07 Механизация сельского хозяйства и

23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

**Цивильск 2016**

Прокопьев, В.В.

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Электротехника и электронная техника» для студентов заочной формы обучения/ В.В. Прокопьев. – Цивильск, 2016.- с.64

Рецензент: Моисеев Иван Николаевич, заведующий отделением заочного обучения

Составитель: Прокопьев В.В., преподаватель

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Электротехника и электронная техника» составлены в соответствии с характеристикой профессиональной деятельности выпускников и требований к минимуму результатов освоения дисциплины и адресованы студентам заочной формы обучения в помощь для организации самостоятельной работы по изучению материалов курса.

Рассмотрено на заседании учебно-методической комиссии транспортных средств, механизации и электрификации сельского хозяйств Государственного автономного профессионального образования Чувашской Республики «Цивильский аграрно-технологический техникум» Минобразования Чувашии, протокол № 8 от 17.04.2016 г.

©В.В. Прокопьев, 2016

**СОДЕРЖАНИЕ**

стр.

1. Введение 4

2. Тематический план 8

3. Содержание дисциплины и методические указания 9

4. Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины 34

5.Задания и методические рекомендации по выполнению

контрольныхработ 35

5. Информационное обеспечение дисциплины 63

**ВВЕДЕНИЕ**

Уважаемый студент! Самостоятельная работа при заочной форме обучения является основным видом учебной деятельности. Ваша самостоятельная работа по дисциплине предполагает следующее:

− самостоятельное изучение теоретического материала;

− выполнение практических и лабораторных работ;

− выполнение контрольной работы;

Методические указания по дисциплине «Электротехника и электронная техника» является частью основной профессиональной образовательной программы Государственного автономного профессионального образования Чувашской Республики «Цивильский аграрно-технологический техникум» Минобразования Чувашии по специальностей 35.02.07 Механизация сельского хозяйства, 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, разработанной в соответствии с ФГОС СПО третьего поколения.

Содержание дисциплины «Электротехника и электронная техника» разбито на смысловые блоки (разделы), которые изучаются по темам. Структура каждой темы представлена следующим образом:

• Основные понятия и термины по теме (определения даются в глоссарии) - Их нужно знать!

• План изучения темы (вопросы, необходимые для изучения).

• Краткое изложение теоретических вопросов. Наличие тезисной информации по теме сориентирует Вас на ключевые моменты тем, которые необходимо углубить и расширить материалом указанной литературы.

• Практическая работа оформляется в виде отчета

Выполнение практических работ обязательно!

• Вопросы для самоконтроля по теме (ориентированы на вопросы итогового контроля по дисциплине).

• Основные и дополнительные источники по теме. Из всего перечня рекомендованной литературы следует опираться на литературу, указанную как основную.

Для того чтобы Вы успешно прошли итоговую форму контроля, Вам необходимо, помимо освоения теоретического материала и отчета по практическим работам, выполнить две домашние контрольные работы, предусмотренные учебным планом.

Определив свой вариант контрольной работы по присвоенному Вам шифру, вы должны:

- внимательно ознакомиться с вопросами (теоретическими и практическими) своего варианта;

- подобрать соответствующие учебно-методические пособия, изданные в техникуме, учебную литературу, нормативные и нормативно-правовые документы;

- ознакомиться с подобранной информацией;

- выполнить задания по теоретическим вопросам, составив, в зависимости от задания, конспект, таблицу, схему, план ответа и др.

- провести расчеты, решить задачи, предварительно изучив типовые

образцы по теме, используя учебно-методические пособия.

- оформить работу в соответствии с образцами.

Если Вами не освоен теоретический материал или у Вас возникают трудности при выполнении практических работ, а также при выполнении контрольной работы, необходимо обратиться за помощью к преподавателю или попытаться ещё раз самостоятельно с помощью данных методических указаний пройти весь образовательный маршрут по проблемному разделу.

В результате освоения дисциплины студент должен уметь:

использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности;

- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;

- рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;

- пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

- подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками;

- собирать электрические схемы;

знать:

- способы получения, передачи и использования электрической энергии;

- электротехническую терминологию;

- основные законы электротехники;

- характеристики и параметры электрических и магнитных полей;

- свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;

- основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств;

- методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;

- принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;

- принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов, составления электрических и электронных цепей;

- правила эксплуатации электрооборудования;

OK 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 (подчиненных), 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.

В результате освоения учебной дисциплины техник должен обладать профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Выполнять регулировку узлов, систем и механизмов двигателя и приборов электрооборудования.

ПК 1.2. Подготавливать почвообрабатывающие машины.

ПК 1.3. Подготавливать посевные, посадочные машины и машины для ухода за посевами.

ПК 1.4. Подготавливать уборочные машины.

ПК 1.5. Подготавливать машины и оборудование для обслуживания животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик.

ПК 1.6. Подготавливать рабочее и вспомогательное оборудование тракторов и автомобилей.

ПК 2.1. Определять рациональный состав агрегатов и их эксплуатационные показатели.

ПК 2.2. Комплектовать машинно-тракторный агрегат.

ПК 2.3. Проводить работы на машинно-тракторном агрегате.

ПК2.4. Выполнять механизированные сельскохозяйственные работы.

ПК 3.1. Выполнять техническое обслуживание сельскохозяйственных машин и механизмов.

ПК 3.2. Проводить диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов.

ПК 3.3. Осуществлять технологический процесс ремонта отдельных деталей и узлов машин и механизмов.

ПК 3.4. Обеспечивать режимы консервации и хранения сельскохозяйственной техники.

ПК 4.1. Участвовать в планировании основных показателей машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия.

ПК 4.2. Планировать выполнение работ исполнителями.

ПК 4.3. Организовывать работу трудового коллектива.

ПК 4.4. Контролировать ход и оценивать результаты выполнения работ исполнителями.

ПК4.5. Вести утвержденную учетно-отчетную документацию.

В Государственном автономном профессиональном образовательном учреждении Чувашской Республики «Цивильский аграрно-технологический техникум» Минобразования Чувашии на освоение учебной дисциплины «Электротехника и электронная техника» по специальности 110809 Механизация сельского хозяйства отводится 120 часов, в том числе 28 часа аудиторной нагрузки и 92 часа самостоятельной работы студента. Освоение дисциплины требует обязательного выполнения двух контрольных работ и 4 лабораторных и 3 практических работ. По итогам изучения дисциплины предусмотрен экзамен в 4 семестре.

Перечень вопросов и варианты заданий представлены в методических указаниях.

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАРШРУТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

*Таблица 1*

|  |  |
| --- | --- |
| **Формы отчетности, обязательные для сдачи** | **Количество** |
| Лабораторные работы | 7 |
| Контрольная работа | 2 |
| Итоговая аттестация | экзамен |

**Желаем Вам удачи!**

**ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Учебная дисциплина «Электротехника и электронная техника» является общепрофессиональной, устанавливающей базовые знания для освоения специальных дисциплин.

Дисциплина предусматривает значение физических процессов, происходящих в электрических цепях постоянного и переменного тока, свойства электрического и магнитного полей, принципы действия и основных свойств электрических машин трансформаторов, измерительных приборов, электрофизических основ работы полупроводников приборов, которые являются конструктивными элементами узлов и блоков, широко распространенных устройств электронной техники. При изучении материала темы следует ознакомиться с программой и методическими указаниями к данной теме, изучить текст по учебнику и кратко законспектировать.

В случае затруднений следует обратиться к преподавателю данного курса в техникум.

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование  разделов  и тем | Количество часов | | |
| Обязательных по очной форме | Аудиторные занятия | Самостоятельная работа |
| **ВВЕДЕНИЕ**  **Раздел 1. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**  Тема 1.1 Электрическое поле  Тема 1.2 Электрические цепи постоянного тока  Тема 1.3 Электромагнетизм  Тема 1.4 Электрические измерения  Тема 1.5 Однофазные электрические цепи переменного тока.  Тема 1.6 Трехфазные электрические цепи переменного тока  Тема 1.7 Трансформаторы  Тема 1.8 Электрические машины переменного тока  Тема 1.9 Электрические .машины постоянного тока  Тема 1.10 Электрические и магнитные элементы автоматики  Тема 1.11 Основы электропривода  Тема 1.12 Передача и распределение электрической энергии | **70** | **16** | **54** |
| **Раздел 2 . ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА**  Тема 2.1 Полупроводниковые приборы  Тема 2.2 Фотоэлектронные приборы  Тема 2.3 Электронные выпрямители и стабилизаторы  Тема 2.4 Электронные усилители  Тема 2.5 Электронные генераторы и измерительные приборы  Тема 2.6 Электронные устройства автоматики и вычислительной техники  Тема 2.7 Интегральные схемы микроэлектроники  Тема 2.8 Микропроцессоры и микроЭВМ | **50** | **12** | **38** |
| **Итого:** | **120** | **28** | **92** |

**СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Введение**

Студенты должны иметь представление:

• о содержании дисциплины;

• о связи с другими дисциплинами;

• о роли и перспективах развития электроэнергетики, электротехники, электроники;

Содержание дисциплины и ее задачи, связь с другими дисциплинами. Роль в электрификации и развитии экономики. История электрификации России. Совершенное состояние и перспективы дальнейшего развития электроэнергетики, электротехники, электроники.

Электрическая энергия, ее свойства и применение.

Электромагнитное поле – носитель электрической энергии; две стороны электромагнитного поля; электрическое поле, магнитное поле; материальность магнитного поля.

Методические указания

Электротехника – наука о применении электрической энергии в практических целях. Электротехника рассматривает вопросы производства электрической энергии, ее распределение и преобразование в другие виды энергии.

История развития электротехники, основные этапы, вклад русских ученых.

Значение электроники как основного средства для управления, автоматизации и контроля сложных производственных процессов в различных отраслях, развитии современной техники и прогрессивных технологий.

**РАЗДЕЛ 1. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**Тема 1.1. Электрическое поле**

Студент должен знать:

• основные характеристики электрического поля;

• определение емкости плоского конденсатора.

Уметь:

• производить расчеты цепей со смешанным соединением конденсаторов.

Основные характеристики электрического поля.

Проводник и диэлектрик в эл. поле. Электрическая ёмкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.

**Методические указания**

Всякое тело содержит электрические заряды, которые взаимодействуют друг с другом. Взаимодействие объясняется тем, что каждый заряд окружает электрическое поле.

Электрическое поле обладает электрической энергией.

Электрическое поле характеризуется электрической силой, напряженностью, потенциалом, напряжением. В зависимости от концентрации носителей заряда определяется электрическая проводимость вещества. Все вещества в зависимости от электрической проводимости и зависимости её от ряда физических факторов делятся на проводники, диэлектрики и полупроводники.

Проводники обладают высокой проводимостью (металлы, их сплавы). Диэлектрики, наоборот, обладают ничтожной проводимостью (газы, минеральные масла, лаки и т.д.). Полупроводники обладают промежуточной проводимостью между проводниками и диэлектриками (кремний, германий, селен и др.)

При внесении диэлектрика в электрическое поле под действием сил поля орбиты электронов смещаются в направлении, противоположном полю. Явление смещения называется поляризацией диэлектрика. Способность диэлектрика поляризоваться оценивается диэлектрической проницаемостью.

Система из двух проводников, разделенных диэлектриком, представляет собой электрический конденсатор. Конденсатор характеризуется электрической емкостью. Конденсаторы выпускаются различных емкостей и напряжений; устройства и назначения.

**Вопросы для самоконтроля:**

Сформулируйте определение эл. напряжения, напряженности, потенциала.

В чем смысл явления поляризации диэлектрика?

Что такое электрическая емкость?

Чему равна эквивалентная емкость при параллельном и последовательном соединении конденсаторов

**Тема 1.2. Электрические цепи постоянного тока**

Студент должен знать:

• основные законы электротехники;

• правила последовательного и параллельного соединений резисторов.

Уметь:

Производить электрические расчеты с использованием законов Ома и Кирхгофа.

Общие сведения об электрических цепях: определение, классификация. Направление, величина и плотность электрического тока. Электрическая проводимость и сопротивление проводников; закон Ома; зависимость электрического сопротивления проводников от температуры.

Основные элементы электрических цепей: источники и приемники электрической энергии, их мощность и к.п.д.

Основы расчета электрических цепей постоянного тока: понятие о режимах электрических цепей (номинальный, рабочий, холостого хода, короткого замыкания), условные обозначения, применяемые в электрических схемах; участки схем электрических цепей, ветвь, узел, контур; законы Кирхгофа. Последовательное, параллельное и смешанное соединение элементов и их свойства. Расчеты электрических цепей методом преобразования

**Методические указания**

Электрической цепью называют совокупность устройств и объектов, предназначенных для распределения, взаимного преобразования и передачи электрической и других видов энергии и (или) информации. Свое назначение цепь выполняет при наличии в ней электрического тока.

Электрическая цепь состоит из отдельных частей, выполняющих определенные функции и называемых элементами цепи. Основными элементами цепи являются источники и приемники электрической энергии.

Основной закон электротехники – закон Ома, применяемый для расчета электрических цепей. При изучении методов расчета электрических цепей постоянного тока обратить внимание на используемые способы и приемы, а также на основные законы (Ома и Кирхгофа)

**Вопросы для самопроверки:**

Физ. смысл эл. сопротивления. От чего оно зависит?

В чем различие между ЭДС и напряжением?

Как рассчитать эквивалентное сопротивление цепи при смешанном соединении резисторов?

Какова методика расчета сложных эл. цепей?

**Лабораторная работа 1**

Изучение соединений резисторов и проверка законов Ома и Кирхгофа

**Тема 1.3. Электромагнетизм**

Студент должен знать:• определение характеристик магнитного поля, определение индукции, самоиндукции и взаимоиндукции.

Уметь:

• объяснять явления электромагнитной индукции, самоиндукции и взаимоиндукции.

Основные свойства и характеристики магнитного поля, силовое действие магнитного поля, закон Ампера, магнитная индукция, магнитный поток, потокосцепление.

Индуктивность: собственная индуктивность, индуктивной катушки, взаимная индуктивность, коэффициент магнитной связи.

Электромагнитные силы: сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, правило левой руки; сила, действующая на параллельные провода с током; тяговое усилие электромагнита; энергия магнитного поля.

Магнитные свойства веществ: намагниченные вещества; магнитная проницаемость: абсолютная и относительная; напряженность магнитного поля; ферромагнитные материалы, их свойства и применение. Работа А.Г.Столетова по исследованию магнитных свойств железа.

Понятие о расчете магнитных цепей; общие сведения о магнитных полях; закон полного тока; неразветвленные магнитные цепи; разветвленные магнитные цепи.

Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции. Э.д.с. самоиндукции и взаимоиндукции, вихревые токи.

Э.д.с. в проводнике, движущемся в магнитном поле, правила правой руки; принцип преобразования механической энергии в электрическую и электрической энергии в механическую.

**Методические указания**

Магнитное поле – это один из видов материи. Магнитное поле всегда сопутствует электрическому току и обладает энергией. Магнитное поле можно изобразить графически, определяя направление по правилу буравчика. Основные характеристики магнитного поля – магнитная индукция, магнитный поток, напряженность, электромагнитная сила.

При расчетах магнитных цепей вводится понятие закона Ома для магнитных цепей, а также закон полного тока. При изучении такого явления как электромагнитная индукция следует обратить внимание на его прикладное значение.

**Вопросы для самоконтроля:**

Физическая сущность характеристик магнитного поля.

Как привести законы полного тока к виду, подобному второму закону Кирхгофа?

В чем проявляется явление гистерезиса?

В чем сущность электромагнитной индукции?

**Тема 1.4. Электрические измерения**

Студент должен знать:

• условное обозначение приборов, устройство, принцип действия систем приборов (магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и др.)

Уметь:

• производить измерение тока, напряжения, мощности.

определять погрешности измерения электрических величин.

Общие сведения об электрических измерениях и электроизмерительных приборах; физические величины и их единицы измерения; средства измерений ( меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи); прямые и косвенные измерения; погрешности измерений; классификация электроизмерительных приборов; условные обозначения на электроизмерительных приборах.

Измерение токаи напряжения: магнитоэлектрический измерительный механизм; электромагнитный измерительный механизм; приборы и схемы для измерения электрического тока; приборы и схемы для измерения электрического напряжения; расширение пределов измерения амперметров и вольтметров.

Измерение мощности и энергии: электродинамический измерительный механизм; измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока; индукционный измерительный механизм; измерение электрической энергии индукционным счетчиком.

Измерение электрического сопротивления: измерительные механизмы омметров (однорамочный, двухрамочный, мегомметр); косвенные методы измерения сопротивления (метод сравнения измеряемого сопротивления с образцовым, метод замещения, одинарная мостовая схема).

**Методические указания**

Измерить какую-либо величину – это значит сравнить её с другой величиной того же рода, условно принятой за единицу измерения. Устройство, при помощи которого производится сравнение измеряемой величины с единицей измерения, называется измерительным прибором.

При изучении данной темы следует обратить внимание на приемы и принципы, применяемые при измерениях основных электрических величин, а также на приборы, используемые при этом.

Вопросы для самоконтроля:

Привести условные обозначения систем измерительных механизмов?

Как определить цену деления шкалы многопредельного прибора?

Почему при замере необходимо выбрать прибор со шкалой, где стрелка бы находилась в правой половине?

Почему амперметр должен включаться последовательно с нагрузкой, а вольтметр - параллельно?

**Лабораторная работа 2**

Исследование методов измерения сопротивлений с применением омметров, измерительных мостов, мегомметра.

**Тема 1.5.Однофазные электрические цепи переменного тока.**

Студент должен знать:

• особенности переменного тока;

• характеристики синусоидальных величин.

Уметь:

• рассчитывать простейшие электрические цепи;

• строить векторные диаграммы для цепей переменного тока

Переменный ток: определение, получение синусоидальных э.д.с и тока, их уравнения и графики. Характеристики синусоидальных величин: амплитуда, фаза, начальная фаза, угловая частота, период, частота, мгновенные величины.

Действующая и средняя величина переменного тока.

Векторная диаграмма и ее обоснование. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Цепь с активным сопротивлением, цепь с индуктивностью, цепь с емкостью; уравнения и графики тока и напряжения, векторные диаграммы; определение тока по заданному напряжению; мощности активная и реактивная, их определение для каждой цепи.

Цепь с активными и реактивными элементами: индуктивная катушка и конденсатор с потерями энергии, их схемы замещения; уравнения, графики, векторные диаграммы; определение тока по заданному напряжению и напряжения по заданному току; активные и реактивные сопротивления; активные и реактивные мощности; треугольники сопротивлений и мощностей. Неразветвленная цепь переменного тока: векторная диаграмма, расчетные формулы; резонанс напряжений. Разветвленная цепь переменного тока: векторная диаграмма, расчетные формулы, резонанс токов.

**Методические указания**

Переменный ток имеет громадное практическое значение, что объясняется в первую очередь возможностью его трансформирования.

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на способы получения переменного тока, его основные характеристики и понятия, параметры. Кроме того следует учесть, что при расчетах электрических цепей переменного тока вводятся такие понятия как активные, реактивные элементы, их составляющие.

При изучении разветвленных и неразветвленных электрических цепей переменного тока следует обратить внимание на условия возникновения явлений резонанса напряжения и токов, их промышленного применения.

**Вопросы для самоконтроля:**

Дать определение амплитуды, периода, частоты, фазы, сдвига фаз, действующих значений напряжений и токов.

Как определить реактивные сопротивления конденсатора и катушки.

Объяснить способ построения векторных диаграмм.

Как определяются активная, реактивная, полная мощности? В каких единицах они измеряются?

В чем заключается явление резонанса напряжений и токов?

В чем смысл коэффициента мощности? Способы его улучшения.

**Лабораторная работа 3**

Неразветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью.

**Тема 1. 6. Трехфазные электрические цепи переменного тока**

Студент должен знать:

• принцип получения электроснабжения по трехфазной системе;

• соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями.

Уметь:

• рассчитывать трехфазные цепи при соединении приемников электрической энергии звездой и треугольником.

Трехфазная система электрических цепей, трехфазная цепь. Соединения обмоток трехфазных генераторов электрической энергии: трехфазная симметричная система э.д.с., прямая и обратная последовательность фаз;

соединение обмоток генератора и потребителей звездой; соединение обмоток генератора треугольником; фазные и линейные напряжения, соотношения между ними.

Трехфазные симметричные цепи: соединения обмоток генератора и приемника энергии звездой, четырехпроводная трехфазная цепь, роль нулевого провода; краткие сведения об аварийных режимах в трехфазных цепях.

**Методические указания**

Трехфазная система переменного тока получила широкое распространение как система, обеспечивающая более выгодную передачу энергии и позволяющая создать надежные в работе и простые по устройству электрические машины и аппараты.

Трехфазной системой электрических цепей называется система, состоящая из трех электрических цепей переменного тока одной частоты, с системой трех э.д.с., которые сдвинуты по фазе на 1/3 периода.

Каждая из обмоток трехфазного генератора может быть самостоятельным источником электрической энергии и может замыкаться на свой приемник энергии. В этом случае получается несвязная трехфазная система. На практике такие системы не применяются. Обычно обмотки трехфазного генератора соединяются звездой или треугольником. В зависимости от способа соединения генератора и приемников энергии трехфазная система может быть четырех- или трехпроводной.

В данной теме необходимо обратить внимание на особенности и взаимосвязи между параметрами при соединениях обмоток генераторов и приемников энергии звездой и треугольником.

**Вопросы для самоконтроля:**

В чем преимущества трехфазной системы перед однофазной.

Зависят ли фазные токи от линейных при соединении звездой, при соединении треугольником?

Какова роль нулевого провода?

Каково соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями при соединении звездой, треугольником?

Как изменяются токи в фазах при обрыве линейного провода, если включено по схеме: звезда, треугольник.

**Лабораторная работа 4**

Исследование трехфазной цепи при соединении приемников электроэнергии звездой и треугольником.

**Тема 1. 7. Трансформаторы**

Студент должен знать:

• устройство, назначение и принцип действия силового трансформатора.

Уметь:

• проводить опыты: холостого хода, короткого замыкания, рабочего режима трансформатора;

• определять коэффициент трансформации, к. п. д.

Назначение трансформаторов. Принцип действия и устройство однофазного трансформатора, принципиальная схема, коэффициент трансформации, э.д.с. обмоток, номинальные величины; магнитопроводы, обмотки; нагревание и охлаждение, элементы защиты силовых трансформаторов.

Режимы работы трансформатора: холостой ход, рабочий режим, режим короткого замыкания, потери энергии и к.п.д. трансформатора.

Типы трансформаторов: трехфазные, многообмоточные, сварочные, измерительные, автотрансформааторы, их применение.

**Методические указания**

Трансформатором называется электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения, при той же частоте.

Устройство однофазного трансформатора: магнитопровод, на котором располагаются обмотки – первичная и вторичная.

Принцип действия трансформаторов основан на явлении взаимной индукции.

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на специальные трансформаторы, их устройство и назначение.

**Вопросы для самоконтроля**

Почему обмотки трансформатора располагаются на сердечнике, каким должен быть сердечник?

При каких условиях проводится опыт холостого хода, короткого замыкания трансформатора?

Почему при холостом ходе можно пренебречь потерями в меди, а при коротком замыкании - потерями в стали?

При каких условиях к. п. д. трансформатора достигает максимума?

**Лабораторная работа 5**

Исследование режимов работы трансформатора.

**Тема 1. 8. Электрические машины переменного тока**

Студент должен знать:

• устройство, назначение, принцип действия асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Уметь:

• определять параметры, пользоваться характеристиками электрических машин при анализе работы машин и аппаратов нефтегазоперерабатывающих производств

Назначение машин переменного тока и их классификация.

Получение вращающегося магнитного поля в трехфазных асинхронных электродвигателях и генераторах. Устройство машин переменного тока: статор электродвигателя и его обмоток. Принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя. Частота вращения магнитного поля статора и частота вращения ротора. Скольжение. Э.д.с., сопротивление и токи в обмотках статора и ротора. Вращающий электромагнитный момент асинхронного электродвигателя. Пуск в ход трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым и фазным роторами. Регулирование частоты вращения трехфазных электродвигателей. Однофазный электродвигатель. Потери энергии и к.п.д. асинхронного электродвигателя. Области применения асинхронных электродвигателей. Понятие о синхронном электродвигателе.

**Методические указания**

Асинхронный двигатель – наиболее распространенный тип современного электродвигателя. Обладая высокими техническими и экономическими показателями, этот электродвигатель находит широкое применение в промышленных и бытовых установках.

Асинхронный двигатель состоит из двух главных частей: неподвижной части – статора и вращающейся части - ротора.

Принцип действия АД основан на наведении э.д.с. в обмотке ротора вращающимся магнитным полем.

В данной теме необходимо обратить внимание на основные параметры и характеристики АД, особенности пуска короткозамкнутых двигателей и двигателей с фазным ротором.

**Вопросы для самоконтроля:**

Как образуется магнитное поле асинхронных машин?

Как изменить направление вращения ротора двигателя?

Объяснить принцип работы асинхронного двигателя.

Назвать ряд возможных синхронных частот вращения магнитного поля статора при частоте 50 Гц.

Как определить скольжение?

**Лабораторная работа № 6**

Снятие рабочих характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

**Тема 1.9. Электрические машины постоянного** тока

Студент должен знать:

• устройство, назначение, принцип действия машин постоянного тока, ее обратимость.

Уметь:

• определять характеристики генератора и двигателя постоянного тока.

Устройство, назначение, принцип действия электрической машины постоянного тока: магнитная цепь, коллектор, обмотка якоря.

Генераторы постоянного тока: генератор с независимым возбуждением, генератор с постоянным возбуждением, генератор с последовательным возбуждением, генератор смешанного возбуждения.

Электродвигатели постоянного тока: общие сведения; двигатели параллельного возбуждения; двигатели последовательного и смешанного возбуждения; пуск в ход, регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока.

**Методические указания**

Электрическими машинами называются устройства, предназначенные для преобразования механической энергии в электрическую или электрической в механическую. В первом случае они называются генераторами, во втором – двигателями.

Электрические машины постоянного тока находят применение на электрическом транспорте, шахтных подъемниках и пр.

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на то, что одна и та же машина может работать и в качестве генератора и в качестве двигателя в зависимости от подведенной энергии. Это является отличительной особенностью электрических машин постоянного тока от прочих.

**Вопросы для самоконтроля:**

Перечислить основные конструктивные узлы машины постоянного тока, их назначение.

Какие условия должны быть соблюдены для самовозбуждения генератора постоянного тока?

Почему в момент пуска двигатель потребляет значительный ток? Какова роль противо-эдс?

Как регулируется частота вращения электродвигателей?

Почему у двигателя параллельным возбуждением скоростная характеристика называется жесткой?

**Лабораторная работа 7**

Испытание генератора или двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.

**Тема 1.10. Электрические и магнитные элементы**

**автоматики**

Студент должен знать:

• назначение, основные характеристики электрических и магнитных элементов автоматики.

Уметь:

• снимать характеристики измерительных преобразователей.

Общие понятия об автоматике, автоматических системах, автоматизации производственных процессов. Элементы автоматики и их классификация по назначению, принципу действия.

Чувствительные элементы (измерительные преобразователи), их использование для электрических измерений неэлектрических величин, для систем автоматического контроля, регулирования, управления.

Исполнительные элементы: приводные электромагниты (клапанные, прямоходовые, с поперечным движением), магнитные муфты; исполнительные электродвигатели (постоянного тока, синхронные, асинхронные), шаговые электродвигатели.

Электромеханические промежуточные элементы систем автоматики: электромеханические контактные реле; шаговые распределители; контакторы; электромагнитные усилители; электромеханические элементы систем синхронной связи ( контактные и бесконтактные сельсины, магнесины).

Ферромагнитные промежуточные элементы систем автоматики: дроссели с подмагничиванием постоянным током; магнитные усилители (дроссельный, трансформаторный); обратная связь в магнитном усилителе; ферромагнитные бесконтактные реле; ферромагнитные стабилизаторы напряжения; ферромагнитные элементы логических и запоминающих устройств.

**Методические указания**

Автоматика – это область техники по созданию и применению автоматических устройств, приборов, механизмов, машин, т.е. средств автоматики, выполняющих управление производственными процессами без непосредственного участия человека. Та область автоматики, в которой применяются электрические и электронные приборы и устройства, называется электроавтоматикой.

Для контроля и управления различными производственными процессами применяется огромное число разнообразных автоматических устройств. По назначению различают: автоматический контроль, автоматическое управление и автоматическое регулирование.

Устройства автоматики состоят из различных элементов, которые можно разделить на следующие группы:

• чувствительные элементы – первичные преобразователи или датчики – предназначены для измерения значений различных величин;

• реле и переключатели – предназначены производить включение, выключение, переключение цепей измерения и управления;

• усилители – представляют собой промежуточные элементы, предназначенные для усиления полученных при измерении и контроле сигналов до значений, достаточных для приведения в действие исполнительных устройств или двигателей;

• исполнительные устройства и двигатели – производят требуемые изменения управляющих параметров.

**Вопросы для самоконтроля:**

Каково назначение исполнительных электродвигателей?

Пояснить механическую и регулировочную характеристику исполнительных двигателей.

Сравнить устройство и принцип действия контактных и бесконтактных элементов.

**Тема 1.11. Основы электропривода**

Студент должен знать:

• определение электропривода; режимы работы электродвигателей.

Уметь:

• читать принципиальные схемы управления электродвигателями.

Понятие об электроприводе. Выбор электродвигателя по механическим характеристикам Механические характеристики рабочих машин, соответствие их механическим характеристикам электродвигателей; классификация электродвигателей по способу сопряжения с рабочими машинами, по способу защиты от воздействия окружающей среды.

Нагревание и охлаждение электродвигателей. Режимы работы электродвигателей (длительный с постоянной и переменной нагрузкой, кратковременный, повторно-кратковременный); общее условие выбора двигателя по мощности. Метод эквивалентных величин (тока, мощности, момента) для выбора электродвигателя на длительный режим с переменной нагрузкой; выбор электродвигателя для кратковременного режима; выбор электродвигателя для повторно-кратковременного режима.

Схемы управления электродвигателями: общие сведения о схемах управления; магнитные пускатели (нереверсивный, реверсивный); примеры схем управления электродвигателя с применением релейно-контактной аппаратуры, с магнитными усилителями, с тиристорами.

**Методические указания**

Электрическим приводом (электроприводом) называется сочетание рабочего механизма машины, механической передачи и электродвигателя с аппаратурой для его управления.

Правильный выбор мощности двигателя имеет очень важное значение. При недостаточной мощности двигатель перегревается и не обеспечивает нормальную ра боту механизма; завышенная мощность двигателя снижает к.п.д. и cos .

При изучении данной темы следует обратить внимание на выбор мощности двигателей в зависимости от их режимов работы. При неавтоматическом управлении все операции с двигателями, а именно : включение и выключение, изменение скорости и направления вращения, производятся вручную обслуживающим персоналом. Для этой цели в цепи двигателей устанавливают рубильники, выключатели, контроллеры, реостаты, а для защиты от перегрева – предохранители и автоматические выключатели.

Если управление производится без вмешательства обслуживающего персонала при помощи аппаратов управления и зависит лишь от характеристик аппаратов и их связи с производственным процессом, то оно называется автоматическим.

Аппараты автоматического управления: контакторы, реле, командо-аппараты.

**Вопросы для самоконтроля:**

Какой режим работы двигателя называют продолжительным, кратковременным, повторно-кратковременным? Начертить диаграммы работы двигателя в этих режимах.

Как определить мощность двигателя при указанных режимах?

Перечислить пускорегулирующие аппараты для управления электродвигателем.

**Тема 1.12. Передача и распределение электрической энергии**

Студент должен иметь представление:

• о типовых схемах электрического снабжения потребителей электрической энергии,

• о назначении и роли защитного заземления.

Схемы электроснабжения потребителей электрической электроэнергии, общая схема электроснабжения, понятия об энергосистеме и электрической системе. Простейшие схемы электроснабжения промышленных предприятий; схемы осветительных электросетей.

Элементы устройства электрических сетей: воздушные линии, кабельные линии, электропроводки, трансформаторные подстанции.

Выбор проводов и кабелей: выбор сечений проводов и кабелей по допустимому нагреву; выбор сечений проводов и кабелей с учетом защитных аппаратов; выбор сечений проводов и кабелей подопустимой потери напряжения.

Некоторые вопросы эксплуатации электрических установок: компенсация реактивной мощности; экономия электроэнергии; защитное заземление в электроустановках; защита от статического электричества; контроль электроизоляции.

**Методические указания**

Электрическая энергия вырабатывается на гидравлических и тепловых станциях, а затем передается к потребителю.

Величина напряжения для передачи электрической энергии определяется с таким расчетом, чтобы при наименьшей стоимости передачи, при наименьшей затрате проводниковых материалов передача энергии происходила с достаточно малыми потерями.

При изучении данной темы следует обратить внимание на определение сечения и выбор марки провода или кабеля в зависимости от условий работы.

**Вопросы для самоконтроля:**

Что называется энергетической системой?

Какие способы прокладки проводов и кабелей в цеховых сетях вам известны?

Расшифровать условные обозначения проводов и кабелей: АПР, ПРД, ААБГ, АВВГ, ААБ. Как выполняют заземляющее устройство на предприятии? Принцип его действия.

**РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА**

Тема 2.1 Электровакуумные лампы, газоразрядные и полупроводниковые приборы

Студент должен иметь представление:

• об устройстве, назначении, принципе действия электровакуумных ламп, газоразрядных приборов;

Знать:

• устройство, назначение, принцип действия, области применения полупроводниковых приборов;

Уметь:

• составлять простейшие электронные схемы

Устройство, принцип действия и применение электровакуумных ламп; электровакуумный диод, его вольт-амперная характеристика, параметры, область применения; электровакуумный триод, его устройство.

Газоразрядные приборы: с несамостоятельным дуговым разрядом, с тлеющим разрядом. Условные обозначения, маркировка.

Электрофизические свойства полупроводников; собственная и примесная проводимости. Электронно-дырочный переход и его свойства, вольт-амперная характеристика. Устройство диодов. Выпрямительные диоды; зависимость характеристик диода от изменения температуры. Обозначение и маркировка диодов. Использование диодов.

Биполярные транзисторы, их устройство, три способа включения. Условные обозначения и маркировка транзисторов.

Тиристоры: устройство, анализ процессов в четырехслойной полупроводниковой структуре; динисторы, тринисторы.

Области применения полупроводниковых приборов.

**Методические указания**

Электроникой называется область науки и техники, в которой рассматриваются:

• электронные и ионные процессы, происходящие в вакууме, газах, жидкостях, твердых телах и плазме, а также на их границах;

• устройство и свойства электровакуумных, ионных и полупроводниковых приборов;

• применение этих приборов, электронных цепей и установок в различных областях науки, промышленности и т.д.

Электронными называются приборы, в которых явление тока связано с движением только электронов при наличии в приборах высокого вакуума, исключающего возможность столкновения электронов с атомами газа. К этой группе приборов относятся, например, двух- и трехэлектродные электронные лампы, электронно-лучевые трубки и др.

Электронные приборы применяются в выпрямителях, усилителях, генераторах, приемных устройствах высокой частоты, а также в автоматике, телемеханике, измерительной и вычислительной технике.

Ионными называются приборы, в которых явление тока обусловлено движением электронов и ионов, полученных при ионизации газа или паров ртути электронами. К ним относятся газотроны, тиратроны, ртутные вентили и др. Ионные приборы отличаются от электронных значительной инерционностью процессов, обусловленных большой массой иона. Поэтому ионные приборы могут применяться в установках с частотой, не превышающей нескольких килогерц.

Полупроводниковыми называются приборы, в которых ток создается в твердом теле движением свободных электронов и «дырок». Преимущества полупроводниковых приборов: малые размеры, масса, расход энергии, значительная механическая прочность, большой срок службы и простота эксплуатации.

**Вопросы для самоконтроля:**

Что называют собственной и примесной проводимостью полупроводников?

Почему полупроводниковый диод используют как выпрямитель переменного тока?

Для чего нужно знать параметры диода?

Объяснить устройство транзистора, какие возможны схемы его включения.

Как устроен тиристор и для чего он применяется?

**Лабораторная работа 8**

Снятие входных и выходных характеристик транзистора.

**Тема 2. 2 Фотоэлектронные приборы**

Студент должен знать:

• устройство, назначение, принцип действия, основные характеристики фотоэлектронных приборов; области применения фотоэлементов

Фотоэлектронные явления (фотоэлектронная эмиссия, фотопроводимость полупроводников, фотогальванический эффект). Законы фотоэффекта. Работы А.Г.Столетова. Фотоэлементы с внешним и внутренним фотоэффектом. Устройство, принцип действия, основные характеристики и параметры ламповых фотоэлементов и фотоэлектронных умножителей.

Фоторезисторы. Солнечные фотоэлементы и фотодиоды.Фототранзисторы. Условные обозначения фотоэлектронных приборов. Фотоэлементы в преобразовательных устройствах промышленных роботов (для обнаружения и определения величины изделия, обнаружения препятствия и т.п.).

**Методические указания**

Фотоэлементом называется электронно-вакуумный, полупроводниковый или иной электроприбор, электрические свойства которого (сила тока, внутреннее сопротивление или э.д.с.) изменяются под действием падающего на него светового излучения.

В зависимости от среды, в которой происходит движение электронов, фотоэлементы делятся на три класса:

• вакуумные,

• газонаполненные,

• полупроводниковые.

В этих приборах используется внешний фотоэффект или внутренний.

Внешний фотоэффект заключается в том, что источник излучения сообщает части электронов вещества дополнительную энергию, достаточную для выхода их из данного вещества в окружающую среду.

Внутренний фотоэффект заключается в том, что источник излучения вызывает увеличение энергии у части электронов вещества, ионизацию части атомов и образование новых носителей зарядов – свободных электронов и «дырок» , вследствие чего электрическое сопротивление уменьшается (фоторезисторы).

**Вопросы для самоконтроля:**

В чем отличие внешнего фотоэффекта от внутреннего?

Почему полупроводники обладают фотоэлектронной эмиссией.

Назовите технические устройства, в которых применяются фотоэлектронные приборы.

**Тема 2.3 Электронные выпрямители и стабилизаторы**

Студент должен знать:

виды выпрямителей (одно-, двухполупериодные), особенности схем.

Уметь:

производить простейший расчет и выбор выпрямителя.

Основные сведения о выпрямителях. Структурная схема выпрямителя. Однофазные и трехфазные схемы выпрямления,принцип их работы. Постоянная и переменная составляющие выпрямленного напряжения. Соотношения между переменными и выпрямленными токами и напряжениями для различных схем выпрямления. Сглаживающие фильтры. Управляемые выпрямители.

Стабилизаторы напряжения и тока, их назначение, коэффициент стабилизации. Схемы электронных стабилизаторов напряжения и тока, их принцип работы.

**Методические указания:**

Выпрямление переменного тока, т.е. преобразование его в постоянный ток ,производится при помощи устройств, которые обладают весьма малым сопротивлением в прямом направлении и очень большим сопротивлением в обратном направлении.

Устройства, обладающие таким свойством, называются электрическими вентилями.

Схемы выпрямления могут быть однополупериодными ,двухполупериодными, трехфазные. Выпрямленное напряжение состоит из постоянной и переменной составляющих.

В большинстве случаев используется только постоянная составляющая напряжения (тока).Переменные составляющие обычно не только не используются, но приводят к потерям энергии ,вызывая уменьшение к.п.д. механизмов и устройств. Поэтому стремятся к уменьшению переменной составляющей, представляющей собой пульсации напряжения. Уменьшение пульсаций достигается применением сглаживающих фильтров.

**Вопросы для самопроверки:**

Какие электронные элементы можно использовать как выпрямители переменного тока?

Объяснить с помощью графиков работу одно-,двухполупериодных выпрямителей.

Для чего в схемах выпрямителей применяют сглаживающие фильтры.

**Лабораторная работа 9**

Исследование одно-, двухполупериодного выпрямителя

**Тема 2.4 Электронные усилители**

Студент должен иметь представление:

об основных схемах усилителей

Знать:

принцип работы усилителей напряжения, тока мощности;

Уметь:

читать электрические схемы усилителей.

Принцип усиления напряжения, тока, мощности. Назначение и классификация усилителей. Основные технические показатели и характеристики усилителей. Усилительный каскад. Динамические характеристики усилительного элемента; определение рабочей точки на нагрузочной линии, построение графиков напряжений и токов в цепи нагрузки. Каскады предварительного усиления, основные варианты оконечных каскадов. Варианты междукаскадных связей. Обратные связи и стабилизация режима работы каскада усилителя. Электронные реле.

Усилители постоянного тока. Импульсные усилители.

**Методические указания :**

Ламповые и полупроводниковые усилители ,называемые электронными усилителями , нашли самое широкое применение. Благодаря им появилась возможность создания высокочувствительных радиоприемников быстродействующих систем автоматического управления и регулирования и т.д.

Усилению подвергается электрическое напряжение , ток и мощность ; в зависимости от этого различают усилители напряжения тока и мощности .Следует оговорить , что во всех трех случаях происходит усиление мощности . Именно это отличает усилитель от других устройств , например , от трансформатора. Известно, что трансформатор тоже может усилить переменное напряжение или ток, но при этом соответственно ток или напряжение понижаются , так что мощность на выходе трансформатора никогда не может оказаться больше, чем мощность на входе ; наоборот , она всегда несколько меньше из-за потерь в трансформаторе

Мощность на входе усилителя создает источник входного напряжения (микрофон, антенна, различного типа датчики, предыдущий каскад усилителя и т.д.) – источник сигнала. Этот сигнал необходимо усилить , не изменяя по возможности его форму . Но мощность на выходе усилителя должна , как правило , превышать мощность источника сигнала. Для этого к усилителю необходимо подводить дополнительную энергию от другого источника ,называемого источником питания. Следовательно, в усилителе на самом деле используется энергия источника питания ,причем мощность на выходе усилителя ,конечно , меньше мощности ,затрачиваемой источником питания. Энергия же источника сигнала необходима лишь для того , чтобы изменить по своему подобию форму напряжения или тока источника питания.

Для подобного преобразования мощности , получаемой от источника питания , в усилителе необходимо иметь специальный усилительный элемент , в котором энергия источника сигнала регулировала бы энергию источника питания. Бывают различные типы усилительных элементов : вакуумные (триоды, тетроды, пентоды), полупроводниковые (транзисторы),ионные (тиратроны) , электромеханические (реле и электромашинные усилители ), магнитные сверхпроводниковые и другие.

**Вопросы для самоконтроля:**

Какие электронные элементы используют для построения усилительных каскадов?

Какие основные показатели характеризуют усилительный каскад?

В чем преимущество усилителя на транзисторах перед ламповым?

Что называют обратной связью и, как она влияет на режим работы усилителя?

**Тема 2.5 Электронные генераторы и измерительные приборы**

Студент должен знать:

назначение колебательного контура,

переходные процессы зарядки и разрядки конденсатора.

Уметь:

использовать осциллограф в экспериментальных исследованиях различных процессов.

Колебательный контур: незатухающие и затухающие колебания. Электронные генераторы синусоидальных колебаний с трансформаторной, автотрансформаторной и емкостной связями.

Переходные процессы зарядки и разрядки конденсатора (без выхода), постоянная времени цепи. Генераторы пилообразного напряжения. Мультивибраторы. Триггеры.

Электронный осциллограф (структурная схема, принцип действия). Электронно-лучевая трубка с устройствами отклонения и фокусирования луча. Примеры использования осциллографа в экспериментальных исследованиях различных процессов.

Принцип действия электронного вольтметра, его основные узлы.

**Методические указания:**

Во многих случаях выходное напряжение вовсе не должно повторять форму входного, а, напротив, преобразовывать ее. В других случаях сигнал на вход электронного устройства не подается и оно должно само создавать сигнал той или иной формы , используя при этом энергию источников питания постоянного напряжения . Такие устройства носят название генераторов .

Рассмотрим три типа генераторов в зависимости от формы создаваемого ими сигнала : генераторы синусоидального напряжения, пилообразного напряжения и прямоугольного напряжения . Существуют и др. типы генераторов . Однако ранне указанные часто применяются в самых разнообразных электронных устройствах .

Для создания синусоидального напряжения можно использовать различные методы , но наиболее простым является применение колебательного контура , который , раз возбудившись , сам создает колебания синусоидальной формы .Необходимо только сделать так , чтобы эти колебания не затухали .

Для создания в контуре незатухающих колебаний последовательно или параллельно с ним включают источник переменного напряжения частотой , равной собственной частоте контура .Генератор, принимающий напряжение от внешнего источника , называется генератором с посторонним возбуждением .

Пилообразным напряжением называется напряжение , которое нарастает или спадает со скоростью , близкой к постоянной в течение относительно большого промежутка времени , после чего оно быстро возвращается к своему первоначальному значению.

Генераторы пилообразного напряжения применяются в электронных осциллографах, в радиолокационных станциях и телевизорах.

Под действием пилообразно изменяющегося напряжения, подаваемого на горизонтально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки , происходит перемещение электронного луча по горизонтали с постоянной скоростью .

Во всех случаях получения пилообразного напряжения используются процессы заряда и разряда конденсатора.

Мультивибратором называется генератор несинусоидальных колебаний, имеющих форму, близкую к прямоугольной. Слово мультивибратор означает генератор многих колебаний, поскольку импульсы прямоугольной формы состоят из бесчисленного числа частот гармоник различных частот. Мультивибраторы могу быть использованы для различных целей: для генерирования колебаний прямоугольной формы, деления частоты, изменения длительности импульсов и т.д.

Мультивибраторы могут работать в различных режимах. При автоколебательном режиме частота колебаний определяется только параметрами схемы самого мультивибратора. В режиме синхронизации частота колебаний зависит не только от параметров схемы мультивибратора, но и от частоты и параметров колебаний, подводимых к мультивибратору извне . Работа мультивибратора в ждущем режиме начинается только от момента получения извне запускающего импульса .

Достоинством мультивибратора является большая крутизна фронтов генерируемых импульсов, что часто является необходимым для точной работы различных устройств . Наибольшую крутизну имеет задний фронт импульсов . Поэтому в тех случаях , когда достаточно использовать один из фронтов , целесообразно использовать задний фронт импульса.

Триггером называется спусковое устройство , обладающее двумя устойчивыми состояниями равновесия . Выходные величины ( напряжение , ток) триггера изменяются скачкообразно при получении им входного сигнала , подобно тому как это происходит при замыкании и размыкании реле.

Преимуществом их по сравнению с обычными электромеханическими реле является то , что скорость срабатывания у них в тысячи и десятки тысяч раз больше , чем у электромеханических реле . Кроме того , они не имеют контактов , которые подвержены относительно быстрому износу . К недостаткам относятся малая величина рабочего тока . Триггеры являются одним из основных элементов электронных счетных машин .

Триггеры могут выполняться на лампах , тиратронах с горячим и холодным катодом и на транзисторах.

**Вопросы для самоконтроля:**

Назовите основные электронные измерительные приборы.

Для чего применяется мультивибратор?

Объяснить принцип работы и применение триггера.

Как устроена электронно-лучевая трубка?

**Тема 2.6.Электронные устройства автоматики и вычислительной техники**

Студент должен знать:

Схему включения триггера: диаграмму состояния триггера

Принцип работы триггера. RS-, T-, D-триггер.

Одноконтактный, двухконтакотныйтргиггер. Регистры, сетчики, сумматоры.

Примеры электронных устройств ЭВМ.

**Методические указания:**

Логические интегральные микросхемы (ИМС) служат для операций с дискретными сигналами ,принимающими два значения , например ,высокий и низкий (нулевой) потенциалы. Одному из уровней сигнала приписывается символ 1 , другому – 0.

Каждая серия логических элементов содержит несколько типов логических схем , реализующих различные логические функции (И,ИЛИ,НЕ)

Упрощенная структурная схема ЭВМ содержит следующие устройства: арифметическое устройство, запоминающие устройства , устройства управления , пульт управления, устройства ввода и вывода ,которые относятся к внешним устройствам , как и внешние запоминающее устройство.

Арифметическое устройство (АУ) преназначено для выполнения основных арифметических и логических операций. В состав арифметических устройств входят сумматоры ,регистры ,логические элементы.

Сумматор- основной узел арифметического устройства , он состоит из тригеров с логическими элементами . В арифметических устройствах применяют накапливающие сумматоры , в которых слагаемые поступают на входы последовательно и комбинационные , в которых слагаемые поступают одновременно.

Подсчет импульсов в двоичном коде осуществляется счетчиками. Они строятся на основе тригеров. Счетчики могут работать в режиме суммирования и в режиме вычитания . В первом случае единица переноса на выходе какого-либо разряда возникает при переходе этого разряда из единичного состояния в нулевое , а во втором –единица переноса возникает при переходе разряда из нулевого состояния в единичное .

Регистры- устройства, предназначенные для записи, хранения и выдачи в соответствующие цепи ЭВМ двоичного кода числа. Регистры собирают из триггеров, число которых соответствует числу разрядов в машинном слове (цифровом коде). Запоминающее устройство (ЗУ) или память предназначена для приема, хранения и выдачи исходных данных: команд,

чисел ,промежуточных и конечных результатов вычислений.

Устройство управления (УУ) предназначено для управления, выполнения алгоритма вычислений.

Устройство ввода-вывода (УВВ) является внешним, или переферийным устройством ЭВМ. Оно предназначено для преобразования информации на машинный язык в устройстве ввода и обратного преобразования в устройстве вывода. Число внешних устройств современных ЭВМ сильно расширилось . Созданы специальные унифицированные устройства управления вводом-выводом – каналы ввода –вывода (КВВ). КВВ соединяются с ОЗУ по средством унифицированной системы связей ,называемой интерфейсом ОЗУ.

**Вопросы для самоконтроля:**

Какие основные логические элементы используют в ЭВМ?

Назвать области применения информационных технологий.

**Тема 2.7 Интегральные схемы микроэлектроники**

Студент должен иметь представление:

о соединении элементов и оформлении микросхем;

Знать:

классификацию, маркировку интегральных схем микроэлектроники.

Общие сведения. Понятия о гибридных, толстопленочных, тонкопленочных, полупроводковых интегральных схемах. Технология изготовления микросхем. Соединение элементов и оформление микросхем. Классификация, маркировка и применение микросхем.

**Методические указания**

Современные ЭВМ строят на элементах ,реализованных методами микроэлектроники . Цели микроминиатюризации элементов : снижение объема и массы при одновременном повышении быстродействия и надежности. Основные технологические способы микроминиатюризации элементов следующие :

Микромодульная технология (ММТ) ,которая использует дискретные миниатюрные элементы.

Тонкопленочная технология (ТПТ) , которая использует процессы осождения или напыления на изолирующие подложки проводящих и полупроводящих пленок.

Интегральная тенхнология (ИТ) , которая обеспечивает изготовление компонентов в виде отдельных областей в полупроводниковых материалах , обладающих характеристиками дискретных радиокомпонентов. Все межкомпонентные соединения выполняются совместно с компанентами.

Гибридные технологии (ГТ) , которые используют интегральные и тонкопленочные технологические процессы. В логических элементах , выполненных по ГТ , активные компоненты реализуются на основе кремниевых кристаллов , а для пассивных используются тонкие пленки.

В последние годы в микроэлектронике возникло новое направление – молекулярная электроника. Это направление связано с использованием свойств отдельных молекул или комплексов молекул.

**Вопросы для самоконтроля:**

В чем заключается принцип элементарной интеграции.

Чем отличается гибридная технология от полупроводниковой интегральной микросхемы.

Какие степени интеграции вы знаете?

Какими преимуществами обладает микросхема?

**Тема 2.8 Микропроцессоры и микро ЭВМ**

Студент должен иметь представление:

о микропроцессах и микро-ЭВМ (место в структуре вычислительной техники для комплексной автоматизации управления производством; архитектура и функции; примеры применения микропроцессорных систем)

Микропроцессоры и микро ЭВМ, их место в структуре вычислительной техники для комплексной автоматизации управления производством, в информационно-измерительных системах в технологическом оборудовании.

Архитектура и функции микропроцессоров; типовая структура микропроцессора и ее состовляющие; вспомогательные элементы микропроцессоров; устройство управления, стековая память.

Полупроводниковые запоминающие устройства (ЗУ): классификация ЗУ; основные качественные показатели.

Интерфейс в микропроцессорах и микро-ЭВМ; обмен информацией между ЗУ и устройствами ввода и вывода; устройство ввода и вывода интерфейса.

Периферийное оборудование микро-ЭВМ, устройство ввода-вывода, системы отображения информации; специализированные периферийные устройства.

Серийно выпускаемые микропроцессорные комплекты (МКП), микро-эвм, программное обеспечение, стандартизация в области МКП; примеры применения микропроцессорных систем.

**Методические указания:**

Микропроцессоры – это обрабатывающее и управляющее устройство , выполненное с использованием технологий больших интегральных схем (БИС) и обладающие способностью выполнять под программным управлением обработку информации , включая ввод и вывод информации , принятие решений , арифметические и логические операции.

В состав микропроцессора входят арифметико-логическое устройство , схема управления и синхронизации ,регистр – аккумулятор, сверхоперативное запоминающее устройство , программный счетчик , адресный стек , регистр команд и дешифратор кода операции , схема управления памятью и вводом-выводом.

Микро-ЭВМ – это вычислительная и управляющая система , выполненная на основе микропроцессора , в состав которой входят программная памят , память данных ( оперативное запоминающее устройство ) ,устройство ввода-вывода ,генератор тактовых сигналов ,а также другие устройства ,выполненные с использованием БИС или элементов с меньшей степенью интеграции.

МП и микро-ЭВМ имеют два основных направления применения : первое- традиционное для средств ВТ и второе – нетрадиционное , в котором до появления МП использование средств ВТ не предполагалось , в системах управления технологическими процессами , в измерительных приборах и др.

Микро-ЭВМ имеют ряд преимуществ по сравнению с мини-ЭВМ : достаточно мощная система команд с развитой системой адресации , многоуровневая система прерываний и малое время реакции на запросы , наличие каналов прямого доступа памяти , периферийный интерфейс в виде одной или нескольких БИС ввода-вывода .Микро-ЭВМ имеют на порядок лучшее показатели , чем мини-ЭВМ , по отношению стоимости к числу команд или к числу регистров общего назначения.

Микро-ЭВМ уступают мини-ЭВМ по следующим показателям: меньшая разрядность и в два-три раза меньшее быстродей-ствие.

Применение микро-ЭВМ в системах управления, в измерительных приборах и др. определятся следующими основными преимуществами по сравнению с устройствами с жесткой структурой : значительно большая гибкость , простота конструкций , меньшая стоимость , более высокая надежность. Данные преимущества систем на основе МП обусловили их применение вместо систем в жесткой структурой как основное направление применения .

**Вопросы для самоконтроля:**

Привести пример программного управления технологическим процессом на производстве.

Как осуществляется программирование задачи при ее решении на ЭВМ.

**КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Рубежный контроль**

Перечень лабораторных и практических работ, обязательных к сдаче :

Тема 1.2 Лабораторная работа. Изучение соединений резисторов и проверка законов Ома и Кирхгофа

Тема 1.5 Лабораторная работа. Неразветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью (емкостью)

Тема 1.6 Лабораторная работа . Исследование трехфазной цепи при соединении приемников электроэнергии звездой и треугольником.

Тема 1.7 Лабораторная работа. Исследование режимов работы трансформатора

Тема 1.8 Лабораторная работа. Снятие характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Тема 1.9 Лабораторная работа. Испытание генератора постоянного тока с параллельным возбуждением. .

Тема 2.3 Лабораторная работа .

Исследование одно-, двухполупериодного выпрямителя.

Контрольные работы выполняется любым машинописным текстом или на компьютере , отпечатанный на принтере (шрифт 13, интервал полуторный); либо в отдельной ученической тетради, аккуратно, разборчивым почерком через клеточную строчку. Вопросы задания контрольной работы переписывать полностью. Ответы на вопросы должны быть полными по существу и краткими по форме.

Текстовую часть работы рекомендуется иллюстрировать схемами, эскизами, диаграммами, графиками и т.п.

В текстовой и графической части соблюдать единую терминологию с единой технической и конструкторской документацией ГОСТов и ЕСКД. На каждой странице необходимо оставлять поля, размером 30-40 мм для замечаний преподавателя.

В конце контрольной работы следует привести список используемой литературы с указанием фамилии и инициалов автора, названия и года издания книги. Допускается использовать ксерокопии рисунков. (фото запрещены)

**ТАБЛИЦА**

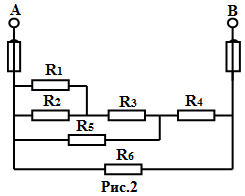
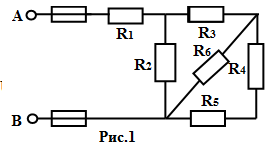
**распределения заданий по вариантам**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Две последние цифры шифра | Номер варианта | Две последние цифры шифра | Номер варианта | Две последние цифры шифра | Номер варианта |
| 01,31,61,91 | 1 | 11,41,71 | 11 | 21,51,81 | 21 |
| 02.32,62,92 | 2 | 12,42,72 | 12 | 22,52,82 | 22 |
| 03,33,63,93 | 3 | 13,43,73 | 13 | 23,53,83 | 23 |
| 04,34,64,94 | 4 | 14,44,74 | 14 | 24,54,84 | 24 |
| 05,35,65,95 | 5 | 15,45,75 | 15 | 25,55,85 | 25 |
| 06,36,66,96 | 6 | 16,46,76 | 16 | 26,56,86 | 26 |
| 07,37,67,97 | 7 | 17,47,77 | 17 | 27,57,87 | 27 |
| 08,38,68,98 | 8 | 18,48,78 | 18 | 28,58,88 | 28 |
| 09,39,69,99 | 9 | 19,49,79 | 19 | 29,59,89 | 29 |
| 10,40,70 | 10 | 20,50,80 | 20 | 30,60,90 | 30 |

**Контрольная работа № 1**

**Задача № 1**

Цепь постоянного тока содержит шесть резисторов, соединенных смешанно. Номер рисунка, значения резисторов и величина одного из заданных токов или напряжений приведены в таблице № 1. Индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток или действует указанное напряжение. Определить эквивалентное сопротивление цепи относительно вводов АВ, ток в каждом резисторе, напряжение на каждом резисторе, расход электрической энергии цепью за 10 часов работы. С помощью логических рассуждений пояснить характер изменения одного из значений, заданных в таблице вариантов (увеличится, уменьшится, останется прежней), если заданный в таблице резистор замыкается накоротко, либо выключается из схемы. Пояснения следует подтвердить расчетами.



R6=150м

R6=150м

R3

R6=150м

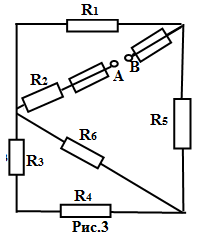
R6=150м

R6

R6=150м

R6=150м

R6=150м



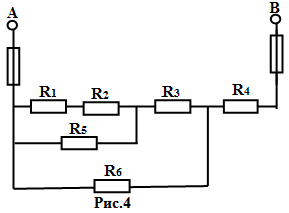




Таблица № 1

B

A

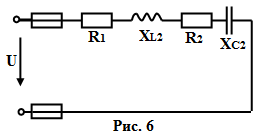
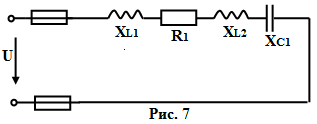
A

R1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар. | №  рис. | R1  Ом | R2  Ом | R3  Ом | R4  Ом | R5  Ом | R6  Ом | Заданная  величина | Действие с  резистором | | Изменение  какой  величины  рассмотреть |
| Замык.  накоротко | Выкл.  из схемы |
| 01 | 1 | 5 | 10 | 4 | 6 | 4 | 15 | I4,5= 6А | - | R3 | I2 |
| 02 | 1 | 6 | 8 | 4 | 2 | 10 | 12 | U2=100В | R6 | - | U1 |
| 03 | 1 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 10 | I2 = 10А | - | R4 | I3 |
| 04 | 1 | 4 | 5 | 6 | 3 | 5 | 10 | U3=40В | R5 | - | I4,5 |
| 05 | 1 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 | U1=100В | - | R2 | I1 |
| 06 | 1 | 10 | 6 | 4 | 8 | 4 | 8 | UАВ=200В | R3 | - | U6 |
| 07 | 2 | 10 | 15 | 4 | 4 | 15 | 10 | I1 = 20А | - | R6 | I3 |
| 08 | 2 | 5 | 10 | 4 | 6 | 4 | 15 | U6 = 60В | R2 | - | I1 |
| 09 | 2 | 6 | 8 | 4 | 2 | 10 | 12 | U4= 36В | - | R2 | I3 |
| 10 | 2 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 10 | I6 = 4А | R1 | - | U2 |
| 11 | 2 | 4 | 5 | 6 | 3 | 5 | 10 | I2 = 5А | - | R6 | U2 |
| 12 | 2 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 | U3= 20В | R4 | - | I5 |
| 13 | 3 | 15 | 4 | 6 | 4 | 4 | 15 | I3,4 = 3А | - | R4 | I6 |
| 14 | 3 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 | UАВ=100В | R6 | - | UАВ |
| 15 | 3 | 10 | 6 | 4 | 8 | 4 | 8 | I1 = 10А | - | R3 | I1 |
| 16 | 3 | 10 | 15 | 4 | 4 | 15 | 10 | I6 = 2А | R5 | - | I3 |
| 17 | 3 | 5 | 10 | 4 | 6 | 4 | 15 | U1=50В | - | R6 | I4 |
| 18 | 3 | 6 | 8 | 4 | 2 | 10 | 12 | U3,4=100В | R2 | - | I3 |
| 19 | 4 | 4 | 2 | 8 | 4 | 3 | 15 | I3 = 5А | - | R2 | U3 |
| 20 | 4 | 4 | 5 | 6 | 3 | 5 | 10 | U2=50В | R1 | - | U6 |
| 21 | 4 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 | UАВ=30В | - | R6 | U1 |
| 22 | 4 | 15 | 4 | 6 | 4 | 4 | 15 | I1 = 1А | R4 | - | I5 |
| 23 | 4 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 | U1=10В | - | R1 | I3 |
| 24 | 4 | 10 | 6 | 4 | 8 | 4 | 8 | I2 = 1А | R5 | - | I4 |
| 25 | 5 | 4 | 6 | 12 | 12 | 12 | 10 | I3 = 2А | - | R2 | U4 |
| 26 | 5 | 10 | 12 | 8 | 6 | 10 | 4 | U4=12В | R3 | - | I4 |
| 27 | 5 | 12 | 4 | 6 | 6 | 8 | 10 | I6 = 3А | - | R4 | I6 |
| 28 | 5 | 15 | 4 | 6 | 4 | 4 | 15 | U5=18В | R1 | - | U3 |
| 29 | 5 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 | I5 = 10А | - | R3 | U5 |
| 30 | 5 | 10 | 6 | 4 | 8 | 4 | 8 | U3= 8В | R2 | - | I5 |

**Задача № 2**

Неразветвлённая цепь переменного тока, показанная на соответствующем рисунке, содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице № 2.Кроме того известна дополнительная величина. Определить следующие величины, если они не заданы в таблице вариантов: полное сопротивление цепи; напряжение U, приложенное к цепи; силу тока в цепи I; угол сдвига фаз (величину и знак); активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. С помощью логических рассуждений пояснить, как изменится ток в цепи, если частоту тока увеличить в двое. Напряжение, приложенное к цепи считать неизменным.



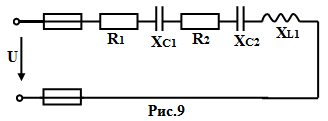
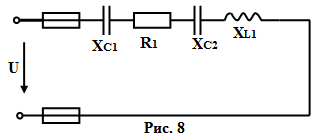


Рис.6. 12

Рис.7



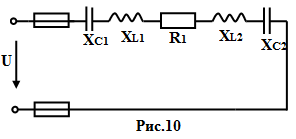
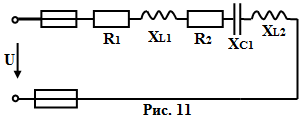
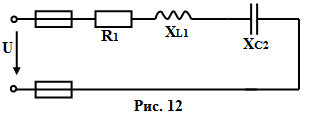
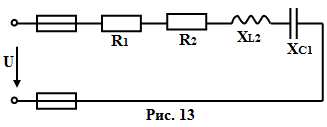


Рис. 8

U

Рис.9



U

Рс.12. 12

U

Рис.13. 12

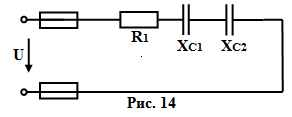
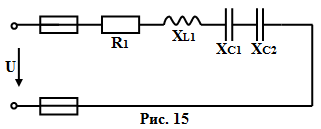


Таблица № 2

U

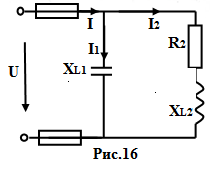
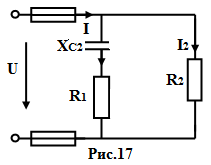
Рис.14

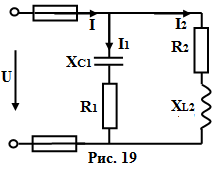
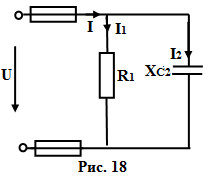
Рис. 15

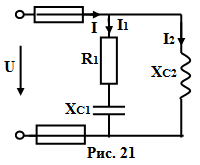
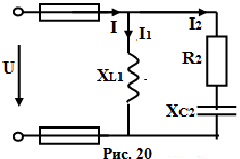
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар. | №  рис. | R1  Ом | R2  Ом | ХL1  Ом | ХL2  Ом | ХС1  Ом | ХС2  Ом | Дополнительная  величина |
| 01 | 6 | 8 | 4 | 18 | - | 2 | - | I= 10 А |
| 02 | 6 | 10 | 20 | 50 | - | 10 | - | Р = 120 Вт |
| 03 | 6 | 3 | 1 | 5 | - | 2 | - | Р2 = 100 Вт |
| 04 | 7 | 6 | - | 2 | 10 | 4 | - | U= 40 В |
| 05 | 7 | 4 | - | 6 | 2 | 5 | - | Р = 16 Вт |
| 06 | 7 | 16 | - | 15 | 5 | 8 | - | QL1 = 135 вар |
| 07 | 8 | 4 | - | 6 | - | 4 | 5 | Р = 100 Вт |
| 08 | 8 | 8 | - | 6 | - | 8 | 4 | UС2 = 40 В |
| 09 | 8 | 80 | - | 100 | - | 25 | 15 | I= 1 А |
| 10 | 9 | 10 | 14 | 18 | - | 20 | 30 | UR2= 40 В |
| 11 | 9 | 6 | 2 | 10 | - | 1 | 3 | Р = 200 Вт |
| 12 | 9 | 40 | 20 | 20 | - | 80 | 20 | QC1 = - 135 вар |
| 13 | 10 | 12 | - | 10 | 4 | 20 | 10 | Q= - 64 вар |
| 14 | 10 | 32 | - | 20 | 20 | 6 | 10 | I= 4 А |
| 15 | 10 | 32 | - | 25 | 15 | 8 | 8 | U L1= 125 В |
| 16 | 11 | 8 | 4 | 10 | 15 | 9 | - | I= 10 А |
| 17 | 11 | 4 | 2 | 5 | 6 | 3 | - | I= 5 А |
| 18 | 11 | 2 | 4 | 6 | 5 | 3 | - | U= 50 В |
| 19 | 12 | 8 | - | 12 | - | 6 | - | Р = 72 Вт |
| 20 | 12 | 4 | - | 15 | - | 12 | - | U= 30 В |
| 21 | 12 | 3 | - | 8 | - | - | 4 | I= 3 А |
| 22 | 13 | 2 | 6 | - | 10 | 4 | - | U= 20 В |
| 23 | 13 | 6 | 10 | - | 8 | 20 | - | Q= - 192 вар |
| 24 | 13 | 6 | 2 | - | 16 | 10 | - | Р = 32 Вт |
| 25 | 14 | 3 | - | - | - | 1 | 3 | I= 6 А |
| 26 | 14 | 12 | - | - | - | 10 | 6 | U= 80 В |
| 27 | 14 | 8 | - | - | - | 4 | 2 | S = 50 ВА |
| 28 | 15 | 8 | - | 12 | - | 4 | 2 | U= 80 В |
| 29 | 15 | 12 | - | 22 | - | 2 | 4 | S = 80 ВА |
| 30 | 15 | 6 | - | 16 | - | 6 | 2 | I= 6 А |

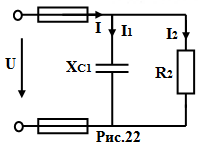
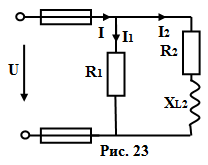
**Задача № 3**

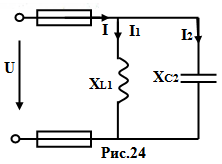
Разветвленная цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей, содержащих активные R1 , R2 и реактивные ХL, ХС сопротивления. Полные сопротивления ветвей Z1 , Z2 , к цепи приложенное напряжение U, токи в ветвях соответственно равны I1 , I2, ток в неразветвленной части цепи I. Ветви потребляют активные Р1, Р2 и реактивные Q1, Q2 мощности. Общие активная Р, реактивная Q и полная S мощности. В таблице № 3 указан номер варианта и соответствующего ему рисунка схемы. Определить значения отмеченные прочерками в таблице и углы сдвига фаз φ1, φ2, φ. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.











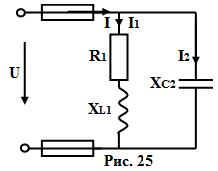


Таблица № 3

R2

R2

I

I2

XC1

R1

I1

U

I2

Рис.19

Рис.18

I2

I

I

R1

U

R2

U

I2

I1

XL2

I1

XL

Xc

XC1

Рис. 21

Рис. 20

I

I

I2

R

U

R2

I2

R2

I1

U

I1

XL

Рис. 23

Рис.22

R1

I

U

I2

I

XC

I2

XCXL

c

XL

I1

U

I1

XL

I2

Рис. 25

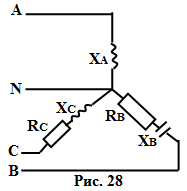
Рис. 24

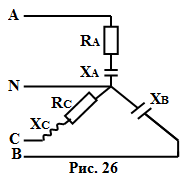
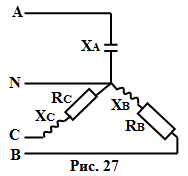
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| № рис. | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 |
| R1, Ом | нет | нет | нет | 3 | - | - | 20 | - | 10 | 12 | - | - | нет | нет | нет |
| R2, Ом | 3 | 4 | - | 5 | - | - | нет | нет | нет | 20 | 16 | - | 3 | - | - |
| XL, Ом | 4 | - | 48 | нет | нет | нет | нет | нет | нет | 15 | - | - | 2,5 | 10 | 6 |
| Xc, Ом | 20 | - | - | 4 | 4 | - | 15 | 3 | - | 16 | 6 | 16 | 4 | - | - |
| Z1, Ом | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | - | - | - |
| Z2, Ом | - | - | 80 | - | 5 | - | - | - | - | - | 20 | - | - | 5 | - |
| U, В | 60 | - | - | 25 | - | 25 | 120 | - | - | 200 | - | - | 50 | 60 | - |
| I1, А | - | 3 | - | - | 5 | - | - | 3 | - | - | 10 | - | - | - | 16 |
| I2, А | - | 12 | 2 | - | 5 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 8 |
| I, А | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P1, Вт | нет | нет | нет | - | - | 75 | - | - | 2500 | - | - | 1200 | нет | нет | нет |
| Q1, Вар | - | 180 | 160 | - | - | 100 | нет | нет | нет | - | - | 1600 | - | - | - |
| P2, Вт | - | - | - | - | - | 125 | нет | нет | нет | - | - | 1280 | - | 576 | - |
| Q2, Вар | - | - | - | нет | нет | нет | - | - | 3000 | - | - | 960 | - | - | - |
| P, Вт | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Q, Вар | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 896 |
| S, В•А | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Продолжение таблицы № 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| № рис. | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 | 22 | 23 | 23 | 23 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 |
| R1, Ом | 8 | - | 8 | нет | нет | нет | 4 | - | 25 | нет | нет | нет | 3 | 8 | 12 |
| R2, Ом | нет | нет | нет | 5 | - | - | 6 | 6 | 6 | нет | нет | нет | нет | нет | нет |
| XL, Ом | 5 | - | - | нет | нет | нет | 8 | - | 8 | - | 10 | - | 4 | - | - |
| Xc, Ом | 6 | - | - | 4 | - | 7,5 | нет | нет | нет | 20 | 20 | - | 5 | - | - |
| Z1, Ом | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Z2, Ом | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| U, В | 50 | - | - | 20 | - | - | 40 | - | - | - | 100 | - | 20 | - | 80 |
| I1, А | - | 5 | - | - | 5 | - | - | 10 | - | - | - | 10 | - | - | 4 |
| I2, А | - | 10 | 10 | - | - | 12 | - | - | - | 5 | - | - | - | 5 | 10 |
| I, А | - | - | - | - | - | 20 | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - |
| P1, Вт | - | 200 | 200 | нет | нет | нет | - | 400 | 400 | нет | нет | нет | - | 200 | - |
| Q1, Вар | - | 150 | - | - | - | - | нет | нет | нет | - | - | - | - | - | - |
| P2, Вт | нет | нет | нет | - | - | - | - | 96 | - | нет | нет | нет | нет | нет | нет |
| Q2, Вар | - | - | 500 | нет | нет | нет | - | - | - | - | - | 500 | - | 250 | - |
| P, Вт | - | - | - | - | 80 | - | - | - | - | нет | нет | нет | - | - | - |
| Q, Вар | - | - | - | - | 100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| S, В•А | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 500 | - | - | - |

**Задача № 4**

Три группы сопротивлений соединены звездой с нулевым проводом и включены в трехфазную сеть переменного тока с линейным напряжением Uном. Активные сопротивления в фазах А, В и С соответственно равны RА,RВ,RС; реактивные – ХА, ХВ, ХС. Углы сдвига фазφА, φВ, φС. Линейные токи в нормальном режиме равны IА, IВ, IС. Фазы нагрузки потребляют мощности: активные РА, РВ, РС и реактивные QА, QВ, QС. В таблице вариантов № 4 указаны некоторые данные и номер рисунка цепи. Начертить схему цепи, определить величины отмеченные прочерками в таблице, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи в нормальном режиме. Начертить векторную диаграмму цепи в аварийном режиме при отключении фазы А. Из векторных диаграмм определить графически токи в нулевом проводе в обоих режимах.



А

A

А

RA

XA

XA

XA

N

N

N

C

Rc

Xc

RB

XB

XB

RC

XC

Xc

C

RB

С

Rc

XB

Таблица № 4

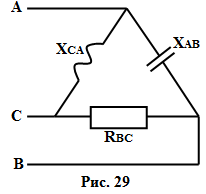
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| № рис. | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| Uном, В | 380 | - | - | 208 | 380 | - | 692 | - | 208 | - | 660 | - | 104 | - | - |
| RА, Ом | - | 6 | - | 4 | 6 | - | 16 | - | 4 | - | нет | нет | нет | нет | нет |
| RВ, Ом | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | - | - | 4 | - | - |
| RС, Ом | - | - | - | 8 | - | 8 | 15 | - | - | - | - | 4 | 6 | - | 4 |
| XА, Ом | - | - | - | 3 | 8 | 3 | 12 | - | 3 | - | - | - | 15 | - | 4 |
| XВ, Ом | - | 44 | - | - | - | - | 40 | 40 | - | - | - | 8 | 3 | - | - |
| XС, Ом | - | - | - | 8 | - | 9 | 20 | 20 | 9 | - | - | 3 | 8 | - | 3 |
| IА, А | - | 22 | 20 | - | - | 24 | - | - | - | 20 | - | - | - | 4 | 95 |
| IВ, А | - | - | 10 | 10 | 5 | - | - | 10 | 10 | 10 | - | 38 | - | - | 38 |
| IС, А | - | 11 | 16 | - | - | 10 | - | - | - | 16 | - | 76 | - | - | - |
| PА, Вт | 2904 | - | 6400 | - | - | - | - | 6400 | - | 6400 | нет | нет | нет | нет | нет |
| PВ, Вт | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | 8670 | - | - | 576 | 8664 |
| PС, Вт | 1936 | - | 3840 | - | 1936 | - | - | - | - | 3840 | 23120 | - | - | 216 | - |
| QА, вар | 3872 | 3872 | - | - | - | - | - | 4800 | - | - | 36100 | 36100 | - | 240 | - |
| QВ, вар | 1100 | - | 4000 | - | - | 1200 | - | - | - | 4000 | 11550 | - | - | 432 | - |
| QС, вар | 1452 | 1452 | - | - | 1452 | - | - | 5120 | 900 | - | 17340 | - | - | 288 | - |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| № рис. | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| Uном, В | 660 | - | - | - | 104 | 660 | 104 | - | - | - | 660 | 104 | - | - | - |
| RА, Ом | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет |
| RВ, Ом | - | 6 | 4 | 4 | 3 | - | 4 | - | 6 | 6 | - | - | - | 4 | 4 |
| RС, Ом | - | - | 6 | - | - | 4 | 6 | 4 | 4 | - | - | 8 | - | 6 | 6 |
| XА, Ом | - | - | 6 | - | - | 4 | 6 | 4 | 4 | - | - | 8 | - | - | 6 |
| XВ, Ом | - | 8 | - | 3 | - | - | 3 | 4 | 8 | 8 | - | 4 | - | 3 | - |
| XС, Ом | 3 | 12 | 8 | - | 6 | 3 | 8 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | 8 |
| IА, А | 95 | 95 | - | 4 | 4 | - | - | 95 | - | 95 | - | - | 4 | - | 4 |
| IВ, А | - | 38 | - | - | 12 | - | - | 38 | - | 38 | - | 4 | - | - | - |
| IС, А | 76 | - | - | 6 | 6 | - | - | - | 76 | - | - | 6 | - | 6 | - |
| PА, Вт | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет | нет |
| PВ, Вт | 8670 | - | 576 | - | - | 8670 | - | - | - | - | 8670 | - | 576 | - | 576 |
| PС, Вт | - | - | 216 | - | - | - | - | - | - | - | 23120 | - | 216 | - | 216 |
| QА, вар | - | - | - | 240 | - | - | - | - | 36100 | - | 36100 | - | 240 | 240 | - |
| QВ, вар | 115500 | - | - | - | - | 11550 | - | - |  | - | 11550 | - | 432 | - | - |
| QС, вар | - | 7220 | - | 288 | - | - | - | - | - | 17340 | 17340 | - | 288 | 288 | - |

**Задача № 5**

Три сопротивления соединили в треугольник так, как показано на рис.29, и включили в трехфазную сеть с номинальным напряжением Uном. В фазах нагрузки протекают токи IАВ, IВС, IСА. При этом фазные мощности равны QАВ, РВС, QСА. В таблице № 5 указаны некоторые из этих величин и характер аварийного режима цепи. Начертить схему цепи. Определить величины, отмеченные прочерками, начертить в

масштабе векторные диаграммы цепи в нормальном и аварийном режимах. Определить линейные токи по векторной диаграмме.



А

ХСА

С

XAB

RBC

Таблица №5

В

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар. | Uном,  В | ХАВ,  Ом | RВС,  Ом | ХСА,  Ом | IАВ,  А | IВС,  А | IСА,  А | QАВ,  вар | РВС,  Вт | QСА,  вар | При аварии  отключились |
| 01 | 500 | 250 | 125 | 100 | - | - | - | - | - | - | Лин. провод В |
| 02 | - | - | - | - | 5 | 10 | 5 | - | - | 1100 | Фаза АВ |
| 03 | - | 44 | 22 | 44 | - | - | 5 | 1100 | - | - | Фаза ВС |
| 04 | - | - | - | - | 33 | - | - | 14520 | 43560 | 14520 | Фаза СА |
| 05 | - | - | 100 | - | 5 | 4 | 2 | - | - | - | Лин. провод В |
| 06 | - | 20 | 10 | 30 | - | - | 22 | - | - | - | Фаза АВ |
| 07 | - | - | - | 22 | 33 | 66 | - | 21780 | - | - | Фаза ВС |
| 08 | 220 | - | - | - | - | - | - | 2000 | 2500 | 1000 | Фаза СА |
| 09 | 500 | 20 | 10 | 30 | - | - | - | - | - | - | Лин. провод С |
| 10 | 660 | - | - | - | - | - | - | 1100 | 2200 | 1100 | Лин. провод А |
| 11 | 220 | 25 | 12 | 10 | - | - | - | - | - | - | Лин. провод В |
| 12 | - | - | - | - | 10 | 12 | 15 | - | - | 2200 | Фаза АВ |
| 13 | - | 24 | 48 | 20 | - | - | - | - | 2400 | - | Фаза ВС |
| 14 | - | - | - | - | 32 | - | - | 32000 | 16000 | 8000 | Фаза СА |
| 15 | - | - | 50 | - | 10 | 8 | 4 | - | - | - | Лин. провод В |
| 16 | - | 10 | 20 | 40 | - | 19 | - | - | - | - | Фаза АВ |
| 17 | - | - | - | 11 | 30 | 66 | - | 21780 | - | - | Фаза ВС |
| 18 | 500 | \_ | - | - | - | - | - | 22000 | 22500 | 11000 | Лин. провод В |
| 19 | 660 | 25 | 12 | 18 | - | - | - | - | - | - | Фаза АВ |
| 20 | 380 | - | - | - | - | - | - | 3800 | 7600 | 11400 | Фаза ВС |
| 21 | 220 | 250 | 125 | 100 | - | - | - | - | - | - | Фаза СА |
| 22 | - | - | - | - | 5 | 10 | 5 | - | - | 1100 | Лин. провод В |
| 23 | - | 44 | 22 | 44 | - | - | 5 | 1100 | - | - | Фаза АВ |
| 24 | - | - | - | - | 33 | - | - | 14520 | 43560 | 14520 | Фаза ВС |
| 25 | - | - | 100 | - | 5 | 4 | 2 | - | - | - | Фаза СА |
| 26 | - | 20 | 10 | 30 | - | - | 22 | - | - | - | Лин. провод С |
| 27 | - | - | - | 22 | 33 | 66 | - | 21780 | - | - | Лин. провод А |
| 28 | 380 | - | - | - | - | - | - | 2000 | 2500 | 1000 | Лин. провод В |
| 29 | 220 | 20 | 10 | 30 | - | - | - | - | - | - | Фаза АВ |
| 30 | 500 | - | - | - | - | - | - | 1100 | 2200 | 1100 | Фаза ВС |

**6.1 Методические указания к решению задачи 1**

Решение задачи требует знаний закона Ома для всей цепи и ее участков, законов Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность и работу электрического тока. Содержа­ние задач и схемы цепей приведены в условии, а данные к ним — в табл. 1. Перед решением задачи рассмотрите типовой пример 1.

**Пример 1**. Для схемы, приведенной на рис. 30, *а,* определить эквивалентное сопротивление цепи RAB и токи в каждом резисторе, а также расход электроэнергии цепью за 8 ч работы.

**Решение.** Задача относится к теме «Электрические цепи постоянного тока». Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой ток в каждом резисторе; индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

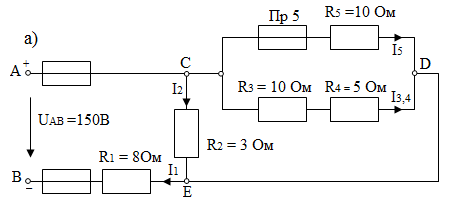
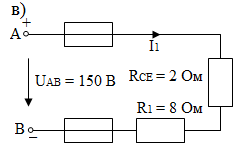
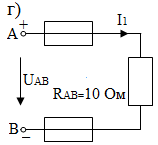
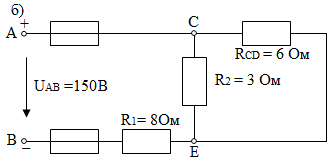
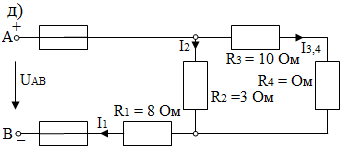


Рис. 30

1.Определяем общее сопротивление разветвления RCD, учитывая, что резисторы R3 и R4 соединены последовательно между собой, а с резистором R5 — параллельно: (рис.30, б).

2.Определяем общее сопротивление цепи относительно вводов СE. Резисторы RCD и R2 включены параллельно, поэтому

(рис.30,в).

3.Находим эквивалентное сопротивление всей цепи:

(рис.30, г).

4.Определяем токи в резисторах цепи. Так как напряжение ***UAB***приложено ко всей цепи, a***RAB* = 10 Ом**, то согласно закону Ома .

Внимание! Нельзя последнюю формулу писать в виде***,т.к.***

приложено ко всей цепи, а не к участку ***R1***.

Для определения тока ***I2*** находим напряжение на резисторе ***R2***,т.е. ***UCE***. Очевидно, ***UCE*** меньше ***UAB*** на потерю напряжения в резисторе ***R1***, т. е.

Тогда Так как ***UCE*= *U*CD**, то можно определить токи ***I3,4и I5: ;***

На основании первого закона Кирхгофа, записанного для узла***С***, проверим правильность определения токов: или

5. Расход энергии цепью за восемь часов работы:

Пусть в схеме примера 1 известны сопротивления всех резисторов, а вместо напряжения ***UAB***задан один из токов, например ***I2 = 2 А***. Найти остальные токи и напряжение ***UAB****.* Зная I2, определяем ***UCE =I2* ·*R2* = 2 ·3=6 В**.

Рис.30

Так как ***UCE* = *UCD,* то**

На основании первого закона Кирхгофа ***I1= I2 +I3,4 +I5 = 2 + 0,4 + 0,6 = 3 А***.

Тогда***UAB* = *UCE +I1R1 = 6 + 3 ·8 = 30 В.***

При расплавлении предохранителя ***Пр5*** резистор ***R5***выключается и схема принимает вид, показанный на рис. 30, *д.*Вычисляем эквивалентное сопротивление схемы: **.**

Так как напряжение ***UAB*** остается неизменным, находим ток

Напряжение

Тогда токи ***=2,38А.***

Сумма этих токов равна току ***I1 = 11,9 + 2,38= 14,28 А.***

**6.2 Методические указания к решению задач 2-3**Эти задачи относятся к неразветвленным и разветвленным цепям переменного тока. Перед их решением изучите материал соответствующей темы, ознакомьтесь с методикой построения векторных диаграмм.

**Пример 2.** Неразветвленная цепь переменного тока содержит катушку с активным Rк = 3 Ом и индуктивным ХL = 12 Ом cопротивлением, активное сопротивление R = 5 Ом и конденсатор с сопротивлением ХС = 6 Ом (рис. 31). К цепи приложено напряжение U = 100 В (действующее значение). Определить:

1) полное сопротивление цепи; 2) ток; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощности; 5) напряжение на каждом сопротивлении. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

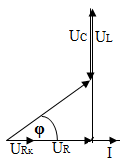
**Решение**

1. Определяем полное сопротивление цепи:

2. Ток цепи

3. Коэффициент мощности цепи. Во избежание потери знака угла

(косинус- функция четная) определяем

По таблицам Брадиса определяем коэффициент мощности

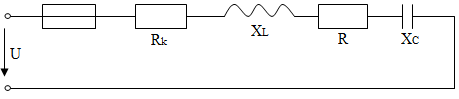
****

Рис.31

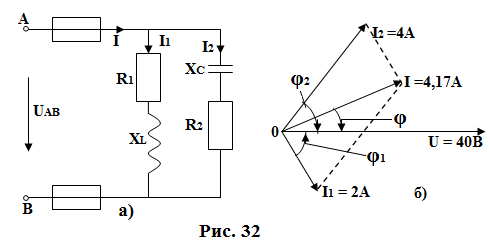
4. Определяем активную, реактивную и полную мощности цепи:

или

или

1. Определяем падения напряжения на сопротивлениях цепи:

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаемся масштабом по току и напряжению Построение векторной диаграммы (рис. 32, *б*) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе

Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях

Из конца вектора***UR*** откладываем в сторону опережения вектора на 90 вектор падения напряжения ***UL*** на индуктивном сопротивлении длиной

Из конца вектора ***UL*** откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90 ͦ вектор падения напряжения на конденсаторе ***UС*** длиной

Геометрическая сумма векторов ,***UR,UL,UС*** равна полному напряжению, приложенному к цепи ***UAB***.

**Пример 3.** Цепь переменного тока состоит из двух ветвей, соединенных параллельно. Первая ветвь содержит катушку с активным ***R1= 12 Ом*** и ***ХL=16 Ом*** индуктивным сопротивлениями; во вторую ветвь включен конденсатор с емкостным сопротивлением ***ХС = 8 Ом*** и последовательно с ним активное сопротивление***R2* = 8 Ом**. Активная мощность, потребляемая первой ветвью ***Р1 = 48 Вт*** (рис. 32, *а*). Определить: 1) токи в ветвях и в неразветвленной части цепи; 2) активные мощности цепи; 3) напряжение, приложенное к цепи; 4) угол сдвига фаз между током в неразветвленной части цепи и напряжением. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

**Решение1**.Активная мощность ***P1*** теряется в активном сопротивлении ***R1***. поэтому***Р1* = *I12R1***. Отсюда **;**

2. Определяем напряжение, приложенное к цепи:

Рис.32

3. Определяем ток:

4. Находим активную и реактивную мощности, потребляемые цепью:

Знак «-» показывает, что преобладает реактивная мощность емкостного характера.

5. Полная мощность, потребляемая цепью

5. Определяем ток в неразветвленной части цепи

7.Угол сдвига фаз во всей цепи находим черезво избежание потери знака угла:.

Знак « - » подчеркивает, что ток цепи опережает напряжение UAB.

8.Для построения векторной диаграммы определяем углы сдвига фаз в ветвях:

Задаемся масштабом по току: и напряжению: Построение начинаем с вектора напряжения (рис.32,б). Под углом ***φ*** к нему в сторону отставания откладываем в масштабе вектор тока ***I1***; под углом ***φ2*** в сторону опережения – вектор тока ***I2***. Геометрическая сумма этих токов равна току в неразветвленной части цепи ***I***.

**6.3.Методические указания к решению задач 4-5**

Решение задач этой группы требует представления об особенностях соединения источников и потребителей в звезду и треугольник, соотношениях между линейными и фазными напряжениями и токами при таких соединениях, умения строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках, а также в аварийных режимах. Для пояснения методики решения задач на трехфазные цепи приведены примеры 4—5 с подробными решениями.

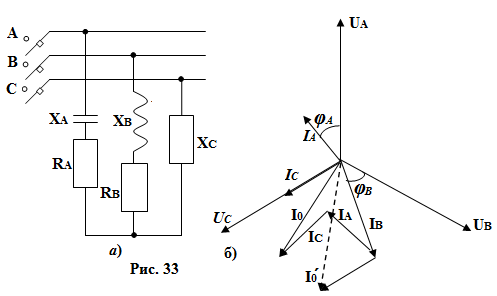
**Пример 4.**

В четырехпроводную сеть включена несимметричная нагрузка, соединенная в звезду (рис. 33, а). Линейное напряжений сети ***Uном = 380 В***.

Определить токи в фазах и начертить векторную диаграмму цепи в нормальном режиме и при отключении автомата линейном проводе А. Из векторных диаграмм графически найти ток нулевом проводе в обоих случаях.

**Решение.** 1. Фазное напряжение

2. Токи в фазах:



3.Углы сдвига фаз в каждой фазе:

Рис. 33

8, так как в фазе С есть активное сопротивление.

4. Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току

и напряжению Построение диаграммы начинаем с векторов фазных напряжений (рис.33,34), располагая их под углом 120° друг относительно друга. Чередование фаз обычное: за фазой А — фаза В; за фазой В — фаза С. В фазе А угол сдвига φА отрицательный, т, е: ток IА опережает фазное напряжение UА на угол φА = — З6°50'. Длина вектора тока IА в принятом масштабе составит 22/10 = 2,2 см, а длина вектора фазного напряжения UА— 220/40 = 5,5 см. В фазе В угол сдвига φВ> 0, т. е. ток отстает от фазного напряжения UВ на угол φВ — 53° 10'; длина вектора тока IВ равна 44/10 = 4,4 см. В фазе С ток и напряжение Uс совпадают по фазе, так как φс = 0. Длина вектора тока IС составляет 22/10= 2,2 см.

Ток в нулевом проводе I0 равен геометрической сумме трех фазных токов.

Измеряя длину вектора тока I0, получаем в нормальном режиме 4,5 см, поэтому

I0 = 45А. Векторы линейных напряжений на диаграмме не показаны, чтобы не усложнять чертеж.

5. При отключении линейного автомата в фазе А на векторной диаграмме

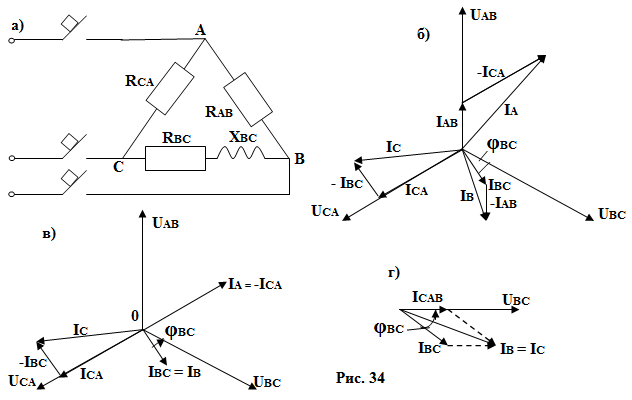
остаются фазные напряжения UВ и UС и продолжают протекать в этих фазах токи IВ и IС . Ток IА = 0. Поэтому ток в нулевом проводе I0  равен геометрической сумме токов фаз В и С (рис. 33, б).Измеряя длину вектора -тока I0, получаем 5,5 см или 55 А.

**Пример 5**. В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку (рис. 34, а) : в фазу АВ — активное сопротивление *R* АВ= 10 Ом; в фазу ВС — индуктивное сопротивление XВС = 6 Ом и активное Rвс == 8 Ом; в фазу СА - активное сопротивление RСА = 5 Ом. Линейное напряжение сети Uном = 220 В. Определить фазные токи и начертить векторную диаграмму цепи, из которой графически найти линейные токи в следующих случаях: 1) в нормальном режиме; 2) при аварийном отключении линейного провода А; 3) при аварийном отключении фазы АВ.

**Решение.** 1. Нормальный режим.

Определяем фазные токи:

Вычисляем углы сдвига фаз в каждой фазе:



Для построения векторной диаграммы выбираем, масштаб по току

и напряжению:. Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных (они же линейные) напряжений UАВ, UВС, UСА под углом 120ᵒ друг относительно друга (рис. 34, б.). Затем откладываем векторы фазных токов: ток в фазе AB совпадает с напряжением UАВ; в фазе BC ток отстаивает от напряжения на уголток в фазе CA совпадает с

напряжением . Затем строим векторы линейных токов на основании известных уравнений:

Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь масштабом, находим их

значение

2.Аварийное отключение линейного провода A

В этом случае трехфазная цепь превращается в однофазную с двумя параллельно включенными ветвями, *САВ* и *ВС* и рассчитывается как обычная однофазная схема с одним напряжением *UВС*. Определяет токи .

Полное сопротивление ветви

Сила тока

Полное сопротивление ветви ВС = .

Сила тока

На рис. 34, построена векторная диаграмма цепи. Из диаграммы находим линейные токи: A. По направлению же эти токи обратны.

3. Аварийное отключение фазы AB. При этом ток в отключенной фазе равен нулю, а токи в двух других фазах остаются прежними. На рис. 34, г показана векторная диаграмма для этого случая. Ток

Линейные токи определяются согласно уравнениям:

Таким образом, только линейный ток сохраняет свою величину; токи

изменяются до фазных значений. Из диаграммы графически находим линейные токи:

**Контрольная работа №2**

Номера задач, которые студент решает в контрольных работах, даны в таблице № 6.

Таблица №6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта. | № задачи | № варианта. | № задачи | № варианта. | № задачи |
| 01 | 1,4,6,7,9 | 11 | 2,4,6,8,9 | 21 | 3,5,6,8,9 |
| 02 | 1,4,6, 7,9 | 12 | 2,4,6,8,9 | 22 | 3,5,6,8,9 |
| 03 | 1,4,6, 7,9 | 13 | 2,4,6,8,9 | 23 | 3,5,6, 8,9 |
| 04 | 1,4,6, 7,9 | 14 | 2,4,6,8,9 | 24 | 3,5,6,8,9 |
| 05 | 1,4,6, 7,9 | 15 | 2,4,6,8,9 | 25 | 3,5,6,8,9 |
| 06 | 1,4,6, 7,9 | 16 | 2,4,6,8,9 | 26 | 3,5,6,8,9 |
| 07 | 1,4,6, 7,9 | 17 | 2,4,6,8,9 | 27 | 3,5,6,8,9 |
| 08 | 1,4,6, 7,9 | 18 | 2,4,6,8,9 | 28 | 3,5,6,8,9 |
| 09 | 1,4,6, 7,9 | 19 | 2,4,6,8,9 | 29 | 3,5,6,8,9 |
| 10 | 1,4,6, 7,9 | 20 | 2,4,6,8,9 | 30 | 3,5,6,8,9 |

**Задача №1 (варианты 1 – 10)**

Однофазный трансформатор имеет следующие номинальные данные: Sном , напряжения обмоток Uном1, Uном2, токи обмоток I ном1, I ном2, коэффициент трансформации k, потери в меди Рм, потери в стали Рст., сечение магнитопроводаQ, амплитуда магнитной индукции Вm, магнитный поток Фm, ЭДС обмоток Е1 и Е2,

число витков обмоток w1, w2, частота тока сети f1 = 50Гц, коэффициент нагрузки kн, КПД трансформатора при полной нагрузке ήном. Ко вторичной обмотке подключена нагрузка Р2 при коэффициенте мощности cosφ2. Определить величины отмеченные прочерками в таблице № 7.

Таблица № 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 |
| Sном,кВ•А | 100 | - | 12 | - | 0,5 | - | 5 | - | - | **-** |
| Uном1, В | 1000 | - | 6000 | - | - | - | - | - | - | - |
| Uном2,В | 250 | 220 | - | - | - | - | - | 250 | - | - |
| I ном1,А | - | - | - | 4,17 | - | - | 50 | 100 | 50 | 2 |
| I ном2,А | - | 2,23 | 120- | - | - | 400 | - | - | 5 | - |
| k | - | - | - | - | - | 4 | 10 | - | - | 60 |
| Е1,В | - | 380 | - | - | 380 | - | - | - | - | 6000 |
| Е2,В | - | - | - | - | 220 | 250 | - | - | 1000 | - |
| w1 | - | - | - | 422 | 285 | - | - | 250 | 54 | 4159 |
| w2 | - | - | - | 35 | - | 63 | - | - | - | - |
| Вм,Тл | 1.5 | 1,2 | - | 1,6 | - | 1,5 | - | - | - | - |
| Q,см2 | 120 | - | 50 | 100 | 25 | - | 75 | 120 | 75 | 50 |
| Фм,Вб | - | 0,003 | 0,006 | - | - | - | 0,011 | 0,018 | - | - |
| kн | - | 0,4 | 0,6 | 0,7 | - | 0,9 | - | 0,5 | 0,7 | 0,8 |
| ήном | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Р2,Вт | 80 | - | - | - | 0,4 | - | 4 | - | - | - |
| Cosφ2 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,73 |
| Рм,Вт | 290 | 315 | 310 | 180 | 100 | 350 | 12 | 490 | 340 | 350 |
| Рст,Вт | 131 | 131 | 147 | 60 | 25 | 145 | 3 | 240 | 110 | 110 |

**Задача №2 (варианты 11-20)**

Трёхфазный трансформатор имеет следующие номинальные данные: Sном , напряжения обмоток Uном1, Uном2, токи обмоток I ном1, I ном2, коэффициент трансформации k, потери в меди Рм, потери в стали Рст, коэффициент трансформации k, КПД трансформатора при полной нагрузке ήном. Обмотки трансформатора соединены в звезду. Потери мощности распределяются поровну между ними. Определить величины отмеченные прочерками в таблице № 8.

Таблица № 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Sном ,кВ•А | 630 | - | 1000 | - | - | 400 | - | 250 | - | 160 |
| Uном1, В | - | - | - | 6 | 10 | 6 | 6 | 10 | 10 | 6 |
| Uном2,В | 0,4 | 0,4 | - | - | 0,69 | - | 0,4 | - | 0,69 | 0,23 |
| I ном1,А | 60,7 | 14,45 | 57,7 | - | - | - | - | - | - | - |
| I ном2,А | - | 360,8 | - | 909 | 837 | - | - | - | 837 | - |
| k | - | - | 14,5 | 15 | 14,5 | 15 | - | 25 | - | - |
| Рст,Вт | 1,31 | - | 2,45 | 1,31 | - | - | - | 0,74 | - | 0,51 |
| Рм,Вт | - | - | 12,2 | - | - | - | 7,6 | 4,2 | - | 3,1 |
| R1, Ом | 0,344 | 3,35 | - | - | 0,626 | - | - | - | 0,626 | - |
| R2, Ом | - | 0,005 | - | - | - | 0,003 | 0,002 | - | 0,626 | - |
| Cosφ2 | 0,6 | - | - | 0,6 | - | 0,75 | 0,8 | 1,0 | 0,92 | 0,8 |
| ήном | - | 0,96 | 0,98 | 0,98 | 0,97 | 0,978 | 0,98 | - | - | - |

**Задача № 3 (варианты 21 – 30)**

Трёхфазный трансформатор имеет следующие номинальные данные: Sном , напряжения обмоток Uном1, Uном2, токи обмоток I ном1, I ном2. Трансформатор питает асинхронные двигатели, полная мощность которых равна Sдвпри коэффициенте мощности cosφдв. Коэффициент нагрузки трансформатора kн, потери в меди Рм, потери в стали Рст, сопротивления обмоток R1 и R2, КПД трансформатора при полной нагрузке ήном. Обмотки трансформатора соединены в звезду. Потери мощности распределяются поровну между ними. Определить величины отмеченные прочерками в таблице № 9.

**Таблица № 9**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Sном ,кВ•А | 2500 | - | - | 1000 | 63 | - | 1600 | - | - | **-** |
| Uном1, кВ | - | 6 | 10 | 10 | - | 6 | - | 10 | 10 | - |
| Uном2,кВ | 0,4 | - | - | 0,69 | 0,23 | - | 0,69 | - | - | 0,69 |
| I ном1,А | 144,3 | 6,06 | - | - | - | 3,85 | 92,4 | 57,7 | - | - |
| I ном2,А | - | 158 | 1339 | - | - | - | - | - | 3608,5 | 837 |
| Sдв,кВ•А | - | - | - | - | 40 | - | 1200 | - | 2000 | 743 |
| Cosφд | 0,88 | 0,82 | 0,85 | 0,83 | - | 0,86 | 0,85 | 0,83 | - | 0,83 |
| kн | 0,8 | 0,635 | 0,75 | 0,743 | - | 0,9 | - | 0,743 | 0,8 | - |
| Рм,кВт | 24 | 1,47 | 18 | 12,2 | 1,47 | 1,0 | - | 12,2 | 24 | - |
| Рст,кВт | - | 0,24 | 3,3 | - | 0,24 | 0,175 | 3,3 | 2,45 | 4,3 | 2,45 |
| k | - | - | 14,5 | - | 26 | 15 | - | 14,5 | - | 14,5 |
| ήном | 0,99 | - | - | 0,985 | 0,975 | - | 0,987 | - | 0,99 | 0,985 |

**Задача № 4 (варианты 1 – 20)**

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением отдает полезную мощность Р2при напряжении Uном. Ток в нагрузке I н; ток в цепи якоря I а, ток в обмотке возбуждения Iв. Сопротивления цепи якоря Rа, обмотки возбуждения Rв; ЭДС генератора Е. Генератор приводится во вращение двигателем мощностью Рд. Электромагнитная мощность, развиваемая генератором, равна Рэм. Потери мощности в цепи Ра, в обмотке возбуждения Рв. Суммарные потери мощности составляют ΣР; КПД генератора ήг. Определить величины указанные в таблице № 10 прочерками.

**Таблица № 10**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Рд,  кВт | Р2,  кВт | Рэм,  кВт | Ра,  кВт | Рв,  Вт | ΣР,  Вт | I н,  А | I а,  А | Iв, А | Uном,  В | Е,  В | Rа,  Ом | Rв,  Ом | ηг | |
| 01 | 23,4 | - | 22 | - | - | - | - | - | - | 430 | 440 | - | 215 | - | |
| 02 | **-** | 20,6 | - | **-** | **-** | 2,8 | 48 | **-** | **-** | **-** | 440 | 0,2 | **-** | **-** | |
| 03 | **-** | 20,6 | **-** | 0,5 | **-** | - | 48 | - | 2 | **-** | - | - | **-** | 0,88 | |
| 04 | **-** | 20,6 | **-** | - | **-** | - | 48 | - | - | 430 | 440 | 0,2 | **-** | 0,88 | |
| 05 | **-** | - | **-** | - | **-** | - | 48 | 50 | - | - | - | 0,2 | 215 | 0,88 | |
| 06 | 23,4 | - | **-** | - | **-** | - | - | - | 2 | 430 | 440 | - | - | - | |
| 07 | - | 20,6- | **-** | 0,5- | 0,86 | - | - | - | - | - | - | 0,2 | 215 | 0,88 | |
| 08 | **-** | - | **-** | - | - | 2,8 | - | 50 | 2 | 430 | - | 0,2 | - | - | |
| 09 | 23,4 | - | 22 | 0,5 | - | - | 48 | - | 2 | - | 440 | - | - | 0,88 | |
| 10 | - | - | 23,5 | - | 0,86 | - | - | - | - | - | 440 | - | - | 0,88 | |
| № вар | Рд,  кВт | Р2,  кВт | Рэм,  кВт | Ра,  кВт | Рв,  Вт | ΣР,  Вт | I н,  А | I а,  А | Iв, А | Uном,  В | Е,  В | Rа,  Ом | Rв,  Ом | ηг |
| 11 | **-** | - | - | 1,5 | - | 3,8 | 98 | 100 | - | - | - | 0,15 | - | - |
| 12 | 25,4 | - | - | 1,5 | - | 3,8 | - | - | 2 | 220 | - | - | - | - |
| 13 | - | - | 23,5 | - | 0,44 | - | - | 100 | - | 220 | - | - | - | 0,85 |
| 14 | 25,4 | - | - | - | - | 3,8 | - | - | - | - | 235 | - | 110 | - |
| 15 | 25,4 | 21,6 | 23,5 | **-** | - | **-** | 98 | 100 | - | - | - | 0,15 | - | - |
| 16 | - | 21,6 | - | **-** | - | **-** | 98 | 100 | **-** | - | - | - | - | 0,85 |
| 17 | - | 21,6 | - | **-** | 0,44 | **-** | - | - | **-** | 220 | - | 0,15 | - | 0,85 |
| 18 | - | - | - | **-** | 0,44 | **-** | - | 100 | **-** | - | 235 | 0,15 | - | 0,85 |
| 19 | 25,4 | - | - | **-** | **-** | **-** | - | 100 | **-** | 220 | 235 | - | 110 | - |
| 20 | - | - | - | **-** | **-** | **-** | 98 | **-** | **-** | 220 | - | 0,15 | 110 | 0,85 |

**Задача № 5 (варианты 21 – 30)**

Генератор постоянного тока смешанного возбуждения отдает полезную мощностьРгпри напряжении Uном. Ток в нагрузке I н; ток в цепи якоря I а, ток в параллельной обмотке возбуждения Iв. Сопротивления Rн, обмотке якоря Rа, последовательной обмотки возбуждения Rв, параллельной обмотки возбуждения Rв; ЭДС генератора Е. Генератор приводится во вращение двигателем мощностью Рд. Электромагнитная мощность, развиваемая генератором, равна Рэм. Суммарные потери мощности составляют ΣР; КПД генератор ή г. Определить величины указанные в таблице № 11 прочерками.

**Таблица № 11**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Рг,  кВт | Рд,  кВт | Рэм,  кВт | ΣР,  кВт | I н,  А | I а,  А | Iв, А | Uном,  В | Е,  В | Rа,  Ом | Rв,  Ом | Rпс,  Ом | Rн,  Ом | ήг |
| 21 | - | 10 | - | - | - | - | 2 | 220 | 230 | - | - | 0,15 | - | 0,87 |
| 22 | 42,3 | - | - | - | - | - | 4 | - | 460 | - | - | 0,08 | 4,58 | 0,9 |
| 23 | - | 2,59 | - | - | - | 22 | - | - | 115 | - | 55 | 0,03 | 5,5 | 0,85 |
| 24 | 4 | 5 | - | - | - | - | 5 | 220 | - | 0,25 | - | 0,2 | - | - |
| 25 | - | 2,5 | - | - | 18 | - | 2 | 110 | - | 0,3 | 100 | 0,2 | - | - |
| 26 | 16,4 | 20 | - | - | - | - | 2,2 | - | 238 | 0,09 | - | - | 2,95 | - |
| 27 | - | - | - | - | 39,5 | 41,5 | - | - | 230 | 0,09 | 110 | - | 5,57 | 0,87 |
| 28 | - | - | - | - | 20 | - | - | 110 | 115 | 0,2 | 55 | - | - | 0,85 |
| 29 | 8,1 | - | - | - | - | 77 | - | 110 | - | 0,12 | - | 0,08 | - | 0,85 |
| 30 | - | 47 | - | - | 96 | - | - | - | - | 0,12 | 110 | 0,08 | - | 0,9 |

**Задача № 6**

Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения развивает полезную мощность на валу Р2, потребляя из сети ток I при напряжении Uном. Ток в обмотке якоря I а, возбуждения Iв, частота вращения якоря n2. Двигатель потребляет из сети мощность Р1. Полезный вращающий момент двигателя М. В якоре двигателя наводится противо – ЭДС Е. Суммарные потери в двигателе составляют ΣР, а его КПД hд. Определить величины указанные в таблице № 12 прочерками. Начертить механическую характеристику двигателя.

**Таблица № 12**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Р1,  кВт | Р2,  кВт | ΣР,  кВт | Uном,  В | Е,  В | Iн ,  А | I а,  А | Iв, А | Rа,  Ом | Rв,  Ом | М,  Нм | n2,  об/мин | ήд |
| 01 | - | - | - | - | 100 | - | - | 1 | 0,282 | 110 | - | 1600 | 0,8 |
| 02 | 10 | - | - | 430 | 410 | - | - | - | - | 215 | - | 850 | 0,85 |
| 03 | - | 17 | - | 220 | - | - | - | 2,2 | 0,125 | - | 162 | - | 0,85 |
| 04 | - | 8,5 | - | - | 410 | - | 21,3 | - | 0,94 | - | 95,5 | - | 0,85 |
| 05 | - | - | - | - | - | 36,4 | - | - | 0,282 | 110 | 19,1 | 1600 | 0,8 |
| 06 | - | - | - | 220 | - | 81,8 | 79,6 | - | 0,125 | - | 162 | 1000 | - |
| 07 | 20 | - | - | 220 | 210 | - | - | - | - | 100 | - | 1000 | 0,85 |
| 08 | 4 | 3,2 | - | - | - | - | 35,4 | 1 | 0,282 | - | - | 1600 | - |
| 09 | - | - | - | - | 410 | 23,3 | 21,3 | - | - | 215 | 95,5 | 850 | - |
| 10 | - | 3,2 | - | 110 | 100 | 36,4 | 35,4 | - | - | - | 19,1 | - | - |
| 11 | - | 1.5 | 0,3 | 220 | - | - | 6,8 | - | 0,8 | - | - | 1600 | - |
| 12 | 22 | - | 4 | - | 420 | 50 | - | - | 0,5 | - | - | 850 | - |
| 13 | 10 | - | - | 220 | - | - | - | - | 0,1 | 110 | 162 | - | 0,86 |
| 14 | - | - | - | 110 | 100 | 20 | - | 2 | - | - | 15,5 | - | 0,9 |
| 15 | 3,5 | - | 0,5 | - | 208 | 15,9 | - | 2 | - | - | - | 1600 | - |
| 16 | - | 100 | - | - | 420 | - | 240 | 12 | - | - | - | 1000 | 0,9 |
| 17 | 3,8 | 3,2 | - | 110 | - | - | - | 1 | 0,2 | - | - | 1000 | - |
| 18 | - | 10 | 2,5 | - | - | - | - | 1.8 | 0,08 | 122 | - | 1600 | - |
| 19 | 10 |  | - | 220 | 206 | - | - | 2 | - | - | 95,5 | 850 | 0,88 |
| 20 | 4,84 | - | - | - | 210 | 22 | 20 | - | - | - | 19,1 | - | 0.8 |
| 21 | - | - | 2,4 | - | 420 | 54,4 | - | - | - | 100 | - | 1600 | 0,9 |
| 22 | - | 13 | - | 110 | - | - | - | 5,2 | 0,025 | - | - | 850 | 0,91 |
| 23 | - | 6 | 1 | 220 | - | - | - | 1,8 | 0,44 | - | 162 | - | - |
| 24 | 100 | - | - | 440 | - | - | - | 17 | 0,08 | - | 95,5 | - | 0,92 |
| 25 | 8 | - | - | - | - | 72,8 | - | - | 0,1 | 39,3 | 41,8 | 1600 | 0,88 |
| 26 | 3,5 | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,6 | 220 | 162 | 1000 | 0,85 |
| 27 | 10 | - | 2 | 220 | 208 | - | 40 | - | - | - | - | 1000 | - |
| 28 | - | 18 | - | - | - | - | 43 | 2,9 | 0,27 | - | - | 1600 | 0.89 |
| 29 | - | 40 | - | 440 | - | 100 | - | - | 0,1 | 100 | - | 850 | - |
| 30 | - | - | - | 220 | - | 15 | - | - | 0,93 | 110 | 19,1 | - | 0,88 |

**Задача № 7**

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет номинальную мощность Рноми потребляет из сетиполную мощность S1 при коэффициенте мощности Cosφн  и ήном. Суммарные потери мощности в двигателе ΣР. Двигатель развивает номинальный момент Мном, максимальный момент Мmax, пусковой момент Мпуск. Способность двигателя к перегрузке Мmax/ Мном, кратность пускового момента Мпуск/ Мном. Номинальная частота вращения ротора nном; скольжение двигателя при этом Sном . Частота тока тока в статоре f1, в роторе f2. Номинальное напряжение сети Uном. Определить величины, отмеченные прочерками в таблице № 13.

**Таблица №13**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 |
| Рном,кВт | - | 10 | - | 28 | 10 | 2,8 | 10 | 28 | - | - |
| S1.кВА | 3,97 | 13.9 | - | 36,2 | - | - | - | - | - | 36,2 |
| Cosφн | - | 0,84 | 0,86 | - | 0,84 | 0,86 | 0,84 | 0,86 | 0,83 | 0,86 |
| ήном | - | - | 0,9 | - | 0,86 | 0,85 | 0,86 | - | 0,85 | 0,9 |
| ΣР, кВт | 0,5 | - | - | 3,1 | - | - | 1,62 | - | - | - |
| Мном,Нм | 18.5 | - | 93 | 93 | - | - | 97,5 | - | 18.8 | - |
| Мпукс,Нм | 24,4 | 117 | - | - | - | - | 117 | 102 | 24,4 | 102 |
| Мmax,Нм | - | 176 | - | 140 | - | 32 | 176 | 140 | - | 140 |
| Мmax/Мном | 1,7 | - | 1,5 | - | 1,8 | - | - | - | 1,7 | - |
| Мпуск/Мном | - | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | - | - | - | 1,1 |
| nном;об/мин | 1425 | - | 2880 | - | 980 | 1425 | - | 2880 | - | - |
| f1,Гц | - | 50 | 50 | - | 50 | - | - | 50 | 50 | - |
| f2,Гц | 2,5 | - | - | 4 | - | 2.5 | 1.0 | - | - | 4 |
| Sном | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Uном,В | 380 | 380 | 500 | - | 380 | - | - | 500 | 380 | 500 |
| Iн , А | - | - | - | 41,7 | - | 6,2 | 21 | 41,7 | 6.2 | - |

**Задача № 8**

Пользуясь техническими данными двигателей серии 4А, приведенными в таблице № 14, определить: номинальную Рном и потребляемую Р1 мощность; номинальный Iном и пусковой Iпуск токи; синхронную частоту вращения n1 и скольжение Sном; номинальный Мном, максимальный Мmax и пусковойМпуск моменты. Номинальное напряжение двигателя 380 В.

**Таблица №14**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Тип  двигателя | Рном,  кВт | nн;  об/мин | Cosφн | Iпуск/Iном | Мпуск/Мном | Мmax/Мном | ήном |
|  | 4А100S2У3 | 4 | 2880 | 0,89 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,86 |
|  | 4А100L2У3 | 5,5 | 2880 | 0,91 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
|  | 4А112М2СУ3 | 7,5 | 2900 | 0,9 | 7.5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
|  | 4А132М2СУ3 | 11 | 2900 | 0,9 | 7,5 | 1,6 | 2,2 | 0,88 |
|  | 4А80А4У3 | 1,1 | 1400 | 0,83 | 6,0 | 2,0 | 2,2 | 0,85 |
|  | 4А90 L4У3 | 2,2 | 1400 | 0,83 | 6,0 | 2,0 | 2,2 | 0,8 |
|  | 4А100S4У3 | 3 | 1425 | 0,83 | 6,6 | 2,0 | 2,2 | 0,82 |
|  | 4А100 L4У3 | 4 | 1425 | 0,84 | 6,5 | 2,0 | 2,2 | 0,84 |
|  | 4А112М4СУ1 | 5,5 | 1425 | 0,85 | 7,0 | 2,0 | 2,2 | 0,85 |
|  | 4А132М4СУ1 | 11 | 1450 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
|  | 4АР160S4У3 | 15 | 1465 | 0,83 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
|  | 4АР160М4У3 | 18,5 | 1465 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,89 |
|  | 4АР180S4У3 | 22 | 1460 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,9 |
|  | 4А180М4У3 | 30 | 1460 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,93 |
|  | 4А250S4У3 | 75 | 1480 | 0,9 | 7,5 | 1,2 | 2,2 | 0,93 |
|  | 4А250М4У3 | 90 | 1480 | 0,91 | 7,5 | 1,2 | 2,2 | 0,81 |
|  | 4А100L6У3 | 2,2 | 950 | 0,93 | 5,5 | 2,0 | 2,2 | 0,86 |
|  | 4АР160S6У3 | 11 | 975 | 0,83 | 7,0 | 2,0 | 2,2 | 0,88 |
|  | 4АР160М6У3 | 15 | 975 | 0,83 | 7,0 | 2,0 | 2,2 | 0,86 |
|  | 4АР180М6У3 | 18,5 | 970 | 0,8 | 6,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |

**Задача № 9**

Выбрать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и синхронной частотой вращения n1 по таблице №14 для работы на соответствующую нагрузочную диаграмму. Данные своего варианта определить по таблице № 15. Проверить двигатель по перегрузочной способности.

Таблица № 15

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар | Р1,  кВт | t1,  мин | Р2,  кВт | t2,  мин | Р3,  кВт | t3,  мин | Р4,  кВт | t4,  мин | n1,  об/мин |
| 01 | 1,7 | 3 | 2,5 | 6 | 4,3 | 9 | 2,3 | 5 | 3000 |
| 02 | 2,3 | 5 | 1,8 | 6 | 5,0 | 4 | 5,4 | 8 | 3000 |
| 03 | 5,4 | 6 | 4,3 | 7 | 3,8 | 3 | 6,7 | 5 | 3000 |
| 04 | 6,7 | 3 | 5,0 | 3 | 1,7 | 6 | 2,5 | 6 | 3000 |
| 05 | 2,5 | 4 | 3,8 | 5 | 2,3 | 8 | 1,8 | 4 | 3000 |
| 06 | 1,8 | 5 | 3,5 | 9 | 5,4 | 5 | 4,3 | 3 | 3000 |
| 07 | 4,3 | 7 | 4,6 | 4 | 6,7 | 7 | 5,0 | 5 | 3000 |
| 08 | 5,0 | 5 | 2,8 | 3 | 2,5 | 9 | 3,8 | 4 | 3000 |
| 09 | 3,8 | 6 | 8,6 | 6 | 9,4 | 6 | 1,7 | 8 | 3000 |
| 10 | 3,5 | 4 | 10 | 8 | 5,7 | 7 | 2,3 | 6 | 3000 |
| 11 | 4,4 | 5 | 9,4 | 5 | 7,2 | 3 | 5,4 | 7 | 1500 |
| 12 | 6,8 | 8 | 6,3 | 7 | 5,4 | 5 | 6,7 | 3 | 1500 |
| 13 | 7,7 | 5 | 8,4 | 3 | 3,6 | 9 | 2,5 | 5 | 1500 |
| 14 | 5,9 | 6 | 8,4 | 5 | 5,9 | 4 | 4,3 | 9 | 1500 |
| 15 | 3,9 | 4 | 6,7 | 6 | 1,7 | 3 | 5,0 | 4 | 1500 |
| 16 | 9,0 | 3 | 4,3 | 3 | 2,3 | 6 | 3,8 | 3 | 1500 |
| 17 | 1,7 | 5 | 5,7 | 4 | 5,4 | 8 | 3,5 | 6 | 1500 |
| 18 | 2,3 | 4 | 7,2 | 5 | 6,7 | 5 | 4,4 | 3 | 1500 |
| 19 | 5,4 | 8 | 5,4 | 7 | 2,5 | 7 | 6,8 | 4 | 1500 |
| 20 | 6,7 | 6 | 3,6 | 5 | 1,8 | 3 | 7,7 | 5 | 1500 |
| 21 | 2,5 | 7 | 5,9 | 6 | 4,3 | 11 | 5,9 | 7 | 1000 |
| 22 | 1,8 | 3 | 1,7 | 4 | 5,0 | 9 | 3,9 | 5 | 1000 |
| 23 | 4,3 | 5 | 2,3 | 5 | 1,7 | 8 | 9,0 | 6 | 1000 |
| 24 | 5,0 | 9 | 5,4 | 8 | 2,3 | 5 | 1,7 | 4 | 1000 |
| 25 | 3,8 | 4 | 6,7 | 5 | 5,4 | 6 | 2,3 | 5 | 1000 |
| 26 | 1,7 | 3 | 2,5 | 6 | 6,7 | 4 | 5,4 | 3 | 1000 |
| 27 | 2,3 | 6 | 1,8 | 4 | 2,5 | 3 | 6,7 | 8 | 1000 |
| 28 | 5,4 | 8 | 4,3 | 3 | 1,8 | 5 | 8,8 | 4 | 1000 |
| 29 | 6,7 | 5 | 5,0 | 5 | 4,3 | 4 | 7,0 | 7 | 1000 |
| 30 | 2,5 | 7 | 3,8 | 4 | 5,0 | 8 | 4,3 | 10 | 1000 |

**8. Методические указания к выполнению контрольной работы 2**

**8.1. Методические указания к решению задач 1,2,3.**

Для решения задач необходимо знать устройство, принцип действия и соотношение между электрическими величинами трехфазных трансформаторов.

**Пример 1.** Трехфазный трансформатор имеет следующие номинальные данные: мощность = 160 кВ\*А, напряжения обмоток = 10 кВ, = 0,4 кВ. Коэффициент его нагрузки = 0,8; коэффициент мощности потребителя = 0,95. Сечение магнитопровода Q = 160 , амплитуда магнитной индукции = 1,3 Тл. Частота тока в сети f = 50 Гц. Определить: 1) номинальные токи в обмотках и токи при действительной нагрузке; 2) числа витков обмоток;

3) КПД при номинальной и действительной нагрузках. Обмотки трансформатора соединены в звезду.

**Решение.**1. Номинальные токи в обмотках:

2. Токи в обмотках при заданном коэффициенте нагрузки:

3. Фазные ЭДС в обмотках при соединении обмоток Ύ/Ύ :

4. Числа витков обмоток находим из формулы: = 4,44 f = 4,44 f откуда число витков

5. КПД при номинальной нагрузке. Предварительно из табл. 16 находим потери в стали = 3,1 кВт.

Тогда КПД **или 97,7%.**

КПД при действительной нагрузке

***или 98%***

**Таблица № 16**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Sном  кВ•А | Напряжения обмоток | | Потери мощности, Квт | | Uk,  % | L1x  % |
| Uном1 | Uном2 | Рст | Рном |
| ТМ-100/6; 10 | 100 |  | 0,23; 0,4 | 0,33 | 2,27 | 6,8 | 2,6 |
| ТМ-160/6; 10 | 160 |  | 0,23; 0,4; 0,69 | 0,51 | 3,1 | 4,7 | 2,4 |
| ТМ-250/6; 10 | 250 |  | 0,23; 0,4; 0,69 | 0,74 | 4,2 | 4,7 | 2,3 |
| ТМ-400/6; 10 | 400 | 6; 10 | 0,23; 0,4; 0,69 | 0,95 | 5,5 | 4,5 | 2,1 |
| ТМ-630/6; 10 | 630 |  | 0,23; 0,4; 0,69 | 1,31 | 7,6 | 5,5 | 2,0 |
| ТМ-1000/6; 10 | 1000 |  | 0,23; 0,4; 0,69 | 2,45 | 12,2 | 5,5 | 2,8 |
| ТМ-1600/6; 10 | 1600 |  | 0,23; 0,4; 0,69 | 3,3 | 18,0 | 5,5 | 2,6 |
| ТМ-2500/10 | 2500 | 10 | 0,4; 0,69, 10,5 | 4,3 | 24,0 | 5,5 | 1,0 |

**8.2. Методические указания к решению задач 4 и 5.**

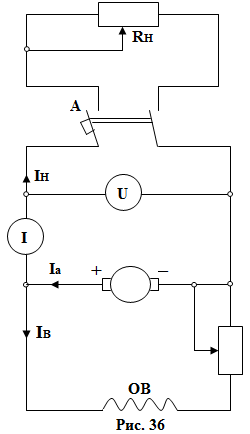
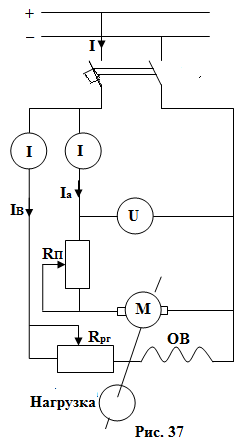
**Пример 2.** Генератор постоянного тока с параллельным возбуж-  
дением (рис. 36) развивает на выводах номинальное напряжение Uном = 220В и нагружен на сопротивление Rн = 2,2 Ом. Сопротивления обмотки якоря Ra = 0,1 Ом и обмотки возбуждения Rв= 110 Ом. КПД генератора *ηr*= 0,88. Определить: 1) токи в нагрузке Iн, обмотках якоря Iа и возбужденияIВ; 2) ЭДС генератора E; 3) полезнуюP2 и потребляемую P1мощности; 4) суммарные потери в генератореΣР; 5) электромагнитную мощностьP*эм;* 6) электрические потери в обмотках якоря Р*а* и возбуждения Рв.

**Решение.** 1. Токи в нагрузке, обмотках возбуждения и якоря:

2.ЭДС генератора .

3. Полезная и потребляемая мощности:

=



4.Суммарные потери в генераторе

Рис. 36

Рис. 37

5.Электромагнитная мощность

6.Электрические потери в обмотках якоря и возбуждения

**Пример 3**. Определить магнитный поток иэлектромагнитный момент четырехполюсного двигателя с параллельным возбуждением (рис. 37), если число пар параллельных ветвей а = 1, число проводников на якоре N = 600, сопротивление обмотки якоря Ra = 0,25 0м, ток яко­ря Ia = 60 А, частота вращения якоря n = 1460 об/мин и напряжение сети Uном = 120 В.

**Решение**

1. Противо-ЭДС якоря

2. Магнитный поток полюса

3.Электромагнитный момент двигателя

или

**8.3. Методические указания к решению задач 6.**

**Пример 4**. Двухполюсный двигатель с параллельным возбужде­нием присоединен к сети с напряжением Uном = 220 В и вращается с частотой n = 1500 об/мин. Двигатель потребляет из сети ток I= 100 А. Сопротивления обмотки якоря Ra = 0,2 Ом, обмотки возбуждения Rв = 220 Ом. На якоре уложена обмотка, содержащая N = 400 про­водников, образующих две параллельные ветви (*а=1*). Потери холо­стого хода Рx = Рст + Рмех = 1200 Вт. Определить: 1) ток якоря; 2) противо-ЭДС; 3) магнитный поток полюса; 4) электромагнитный и полез­ный моменты; 5) КПД двигателя.

**Решение**

1. Ток возбуждения

2. Ток якоря

3. Противо-ЭДС в обмотке якоря

4. Магнитный поток полюса

5. Электромагнитный момент

6. Электрические потери в обмотках якоря и возбуждения

7. Электрические потери на пару щеток разной полярности. Принимая падение напряжения в щеточном контакте для медно-графитовых щеток ΔUщ = 0.6 В

находим

8. Общие электрические потери

9. Добавочные потери принимают равными 1% от потребляемой мощности

10. Суммарные потери в двигателе

11. Полезная мощность двигателя

12.КПД двигателя

13.Полезный момент, развиваемый двигателем на валу

**3. Методические указания к решению задач 7 и 8.**

**Пример 5.** Трехфазный асинхронный двигатель короткозамкнутым ротором типа 4А250S4У3 имеет номинальные данные (табл. 14) мощность = 75 кВт, напряжение = 380 В; частота вращения ротора n2 = 1480 об/мин; КПД ηном= 0,93; коэффициент мощности cosφном = 0,87; кратность пускового тока Iпуск/Iном = 7,5; кратность пус­кового момента Мпуск/Мном= 1,2; способность к перегрузке Мmax/Мном= = 2,2. Частота тока в сети f1 = 50 Гц. Определить: 1) потребляемую мощность; 2) номинальный, пусковой и максимальный моменты; 3) но­минальный и пусковой токи; 4) номинальное скольжение; 5) суммарные потери в двигателе; 6) частоту тока в роторе.

**Решение**

1. Мощность, потребляемая из сети,

2. Номинальный момент, развиваемый двигателем,

3. Пусковой и максимальный моменты:

4. Номинальный и пусковой токи:

5. Номинальное скольжение

6. Суммарные потери в двигателе

7. Частота тока в роторе

**Пример 6.** Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором имеет следующие данные: активное сопротивление фазы ротора *R2* = 0,25 Ом; индуктивное сопротивление фазы неподвижного ротора *х2*= 2,5 Ом. При вращении ротора с частотой *n2*= 1450 об/мин в фазе ротора наводится ЭДС *E2s*= 15 В.

Определить: 1) ЭДС в фазе непо­движного ротора *E2*; 2) ток в фазе ротора при нормальной работе *I2* и при пуске I2 пуск.

**Решение:**1. Определяем скольжение ротора

2. ЭДС в фазе неподвижного ротора находим из формулы

откуда

3. Ток в фазе ротора при пуске .

4. Индуктивное сопротивление фазы ротора при s = 0,033

5. Ток в фазе вращающегося ротора

**8.3. Методические указания к решению задачи 9.**

Выбрать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и синхронной частотой вращения n1=1500 об/мин., напряжением Uн = 380 В по таблице №14 для работы в продолжительном режиме на нагрузочную диаграмму: Р1= 7,5 кВт,

t1 = 10 мин; Р2= 3,5 кВт, t2 = 5 мин; Р3 = 2,4 кВт, t3 = 15 мин; Р4 = 16 кВт, t4 = 20 мин. Проверить двигатель по перегрузочной способности.

**Решение**

1. Эквивалентный момент механизма

3. По таблице №14 выбираем двигатель 4А100L4У3 РН = 4 кВт, n2 = 1425 об/мин; Ммах/Мном=2,2.

4. Проверяем двигатель по перегрузочной способности:

скорость двигателя на максимально загруженном участке

момент нагрузки на максимально загруженном участке

номинальный момент двигателя

максимальный момент двигателя

Вывод: , следовательно выбранный двигатель подходит для заданной нагрузки.

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.**

Основные источники:

1Морозова, Н.Ю. Электротехника и электроника [Текст]: учебник / Н.Ю. Морозова. – Москва: Академия, 2013. – 288 с.

2. Немцов, М.В. Электротехника и электроника [электронный ресурс] / М.В. Немцов и др. – Москва: Академия, 2013.

3. Петленко Б.И. Электротехника и электроника – М. ИЦ Академия, 2013,

Дополнительные источники:

1. Березкина Т.Ф. и др. Задачник по общей электротехнике и с основами электроники / Т.Ф. Березкина, Н.Г.Гусев, В.В.Масленников М.: Высшая школа, 1991, - 384с.

2. Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника – М.: Высшая школа, 1987, -352с.

3 .Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. Учебник для вузов- М.: Высш. шк., 2007. – 440 с. – ил.

4. Евсеев Ю.А., Дерменжи П.Г. Силовые поупроводниковые приборы – М.: Энергоиздат, 1981

5. Опадчий Ю. Ф., Глудкин О. П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая элек­тро­­ника. Учебник для вузов. - М.: Радио и связь. 1998.

6. Попов В.С., Николаев С. А. Общая электротехника с основами электроники – М.: Энергоиздат, 1996, -582с.

7. Рекус Г. Г., Чесноков В. Н. Лабораторные работы по электротехнике и основам электроники. - М.: Высшая школа. 1993.

8. Справочник по интегральным микросхемам /Под ред. Б.В. Тарабрина – М.:

9.Федотов В.И. Основы электроники – М.: Высшая школа, 1990, -288с.

10. 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, 1996-1998.

Энергия, 1984

Интернtт-ресурсы:

[http://www.shat.ru](http://www.shat.ru/) (Электронные учебные материалы по электротехнике, МАНиГ);

[http://toe.stf.mrsu.ru/demo\_versia/](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=84226#_blank) (Общая электротехника и электроника: электронный учебник, Мордовский государственный университет);

[http://window.edu.ru/window/library?p\_rid=45110](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=74038#_blank) (Тесты и контрольные вопросы по электротехнике и электронике, ДВГТУ);[http://electro.hotmail.ru/](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=563#_blank) (Интернет-коллоквиум по электротехнике);

[http://window.edu.ru/window/library?p\_rid=19575](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=50672#_blank) (Методические указания к выполнению расчётно-графического задания по электротехнике, ОГУ);

[http://window.edu.ru/window/library?p\_rid=24979](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=55202#_blank) (Электротехника и электроника.Трехфазные электрические цепи: учебное пособие);

[http://window.edu.ru/window/library?p\_rid=58854](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=86889#_blank) (Электроника: сбор­ник лабораторных работ, УлГТУ);

[http://window.edu.ru/window/library?p\_rid=40470](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=68772#_blank) (Электротехника и электроника: учебное пособие);

[http://window.edu.ru/window/library?p\_rid=57103](http://www.edu.ru/modules.php?page_id=6&name=Web_Links&op=modload&l_op=visit&lid=84951#_blank) (Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам);

<http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате .pdf для бесплатного перекачивания)

[http://www.electrolibrary.info](http://www.kodges.ru/) (электронная электротехническая библиотека).

[http://electrolibray](http://electrolibray/)info/contactors.pdf (пособие для электромонтера)

Периодические издания:

Журналы: "Электротехника"; "Энергетика"; "Электроника" и "Микроэлектроника»