

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»



специальность **13.02.07**

ОП 02

Электротехника и электроника

ОП 02

Электротехника и электроника

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

для обучающихся очной формы обучения образовательных
организаций среднего профессионального образования

специальность **13.02.07**

Электроснабжение (по отраслям)

→ базовая подготовка среднего
профессионального образования

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

ОП 02

Электротехника и электроника

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*для обучающихся очной формы обучения образовательных организаций
среднего профессионального образования*

специальность **13.02.07**
Электроснабжение (по отраслям)

*базовая подготовка
среднего профессионального образования*

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании Учебно-методического совета по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Координационно-методического совета по подготовке специалистов со средним профессиональным образованием и профессиональной подготовке рабочих.

Председатель УМС *Б.Г. Южаков*
Протокол № 15 от 03–04 марта 2016 г.

Автор — *О.Г. Шипачева*, преподаватель Тайгинского техникума железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»

Рецензент — *О.Г. Ройзен*, преподаватель Санкт-Петербургского техникума железнодорожного транспорта — структурного подразделения ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Предложения и замечания просим направлять в филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Ростове-на-Дону по адресу: 344019, г. Ростов-на-Дону, ул. 9-я Линия, 10, тел.: 8(863) 253-51-65, e-mail: umc-don@mail.ru.

© Шипачева О.Г., 2017

© ФГБУ ДПО « Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017

Введение

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования образовательная организация обязана обеспечить эффективную самостоятельную работу обучающихся в сочетании с совершенствованием управления ею со стороны преподавателей.

Согласно ФГОС СПО, самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий по освоению основной профессиональной программы и имеет большое значение в формировании специалиста.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

– *аудиторная* самостоятельная работа (лабораторно-практические занятия, контрольные проверочные занятия и др.);

– *внеаудиторная* самостоятельная работа (работа с конспектом лекции, изучение и конспектирование дополнительной литературы в соответствии с программой дисциплины, решение прикладных задач, подготовка докладов, подготовка презентаций и др).

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Данное методическое пособие предназначено для оказания помощи обучающимся и преподавателям в организации внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине ОП 02 Электротехника и электротехника специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям).

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен *уметь*:

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

– правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов;

– рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;

– снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

– собирать электрические схемы;

– читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;

знать:

– классификацию электронных приборов, их устройство и область применения;

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

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы по учебной дисциплине «Электротехника и электроника» могут быть:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана текста, конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей; электронных образовательных ресурсов и Интернет-ресурсов и др;
- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекций (проработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, электронных образовательных ресурсов); составления плана и тезисов ответа; составление таблиц для систематизации учебного материала; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста; подготовка сообщений к выступлению на конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии; тематических кроссвордов, тестирование и др.

— для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; сборки электрических цепей по схемам; выполнение расчетно-графических работ; подготовка к деловым играм; опытно-экспериментальная работа и др.

Назначение внеаудиторной самостоятельной работы — это закрепление знаний, полученных на занятиях, отработка умений в решении задач, выполнения графических работ, усвоение нового материала.

Преподаватель определяет объем и содержание домашнего задания, сообщает обучающимся, как следует выполнять задания, какими приемами и методами пользоваться, какова методика самостоятельной работы. Здесь очень важны систематические указания преподавателя и демонстрация образцов выполненного задания, а также упражнения обучающихся в применении тех или иных методов самостоятельной работы.

Наряду с общими указаниями, важное место имеет инструктаж, ориентирующий обучающихся на самостоятельную работу по конкретному материалу. Внимание обучающихся обращается, прежде всего, на объем работы, который следует выполнить; на повторение ранее изученного; на методы работы, которые целесообразнее использовать; на организацию самоконтроля.

Работа с основной и дополнительной литературой

Самостоятельная работа с литературой, самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях, — важнейшее условие формирования у обучающихся способа познания. Сэкономить обучающимся время и силы поможет рациональная работа с учебной литературой. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги. Изучая материал по учебной книге (учебнику, учебному пособию, монографии и др.), следует переходить к следующему вопросу только после полного уяснения предыдущего, фиксируя выводы и вычисления, в том числе те, которые на лекции даны для самостоятельного вывода. Особое внимание обучающиеся должны обратить на определение основных понятий курса. Надо подробно разбирать примеры, которые поясняют определения, и приводить аналогичные примеры самостоятельно. Полезно составлять опорные конспекты.

При изучении материала по учебной литературе рекомендуется либо в тетради на специально отведенных полях, либо в документе, созданном на ноутбуке, планшете и др. информационном устройстве, дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные обучающимися для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в результате изучения учебной литературы, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы при прочтении материала они лучше запоминались.

Обучающимся рекомендуется составлять лист опорных сигналов, содержащий важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия, основные положения лекции, что может служить постоянным справочником по дисциплине. Основной смысл подготовки опорных сигналов — это систематизация и оптимизация знаний по данной дисциплине. Если обучающийся самостоятельно подготовил опорные сигналы, то экзамены он будет сдавать более уверенно, т.к. у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале. Использование сигналов позволяет отвечающему лучше демонстрировать ориентировку в знаниях, что намного важнее знания «тут же забытого» после сдачи экзамена. Следует внимательно и осознанно читать учебную литературу.

Для самопроверки рекомендуется дать ответы на контрольные вопросы, расположенные после каждой темы.

Работа с конспектом лекции

Лекция — учебное занятие, составляющее основу теоретического обучения и дающее систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывающее состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрирующее внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах, стимулирующее их познавательную деятельность и способствующее формированию творческого мышления.

Лекции являются основной формой учебных занятий. Лекция — форма организации учебного процесса, направленная на формирование ориентировочной основы для последующего усвоения обучающимися учебного материала. Главное назначение лекции — обеспечить теоретическую основу обучения, развить интерес к учебной деятельности и учебной дисциплине, сформировать у обучающихся ориентиры для самостоятельной работы.

Конспект лекций по дисциплине Электротехника и электроника помимо основных теоретических положений дисциплины содержит формулировки законов и правил, схемы электрических цепей, примеры выполнения расчетных и графических заданий.

Внеаудиторная работа с конспектом лекции представляет собой повторение теоретического материала по опорным записям, схемам, формулам, разбор решенных на занятии задач и графических работ.

Подготовка к контрольной работе

Контрольная работа — одна из форм проверки и оценки усвоенных знаний, освоенных умений, получения информации о характере познавательной деятельности, уровня самостоятельности и активности обучающихся в учебном процессе, эффективности методов, форм и способов учебной деятельности.

При подготовке к контрольной работе следует использовать предложенную основную литературу и подбирать дополнительные источники. Если контрольная работа предполагает решение расчетных и графических задач, то при подготовке следует повторить алгоритм выполнения таких заданий, потренироваться в решении подобных. При возникновении затруднений рекомендуется обратиться к преподавателю за консультацией.

Подготовка к лабораторной работе

Лабораторные работы проводятся с целью экспериментального подтверждения и проверки существующих теоретических положений (законов, зависимостей), формирования знаний и практических умений сборки электрических цепей, измерения параметров цепей, работы с электроизмерительными приборами. При подготовке к лабораторной работе необходимо использовать Методические указания по выполнению лабораторных работ. В подготовку входят: изучение теории, вычерчивание схем и таблиц для занесения в них результатов измерений и вычислений, а также знакомство с разделом «Порядок выполнения работы».

Подготовка к практическому занятию

Целью практических занятий является формирование практических умений — профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (умений решать задачи), необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным дисциплинам и профессиональным модулям; практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин.

В подготовку к практическому занятию входит изучение теории по теме работы и подготовка теоретической части вывода работы. Тема и содержание отчета практического занятия приведены в Методическом пособии по проведению практических занятий.

Составление сравнительной таблицы

Составление сравнительной таблицы по теме — это вид самостоятельной работы обучающегося по систематизации объемной информации, которая сводится (обобщается) в рамки таблицы. Формирование структуры таблицы отражает склонность обучающегося к систематизации материала и развивает его умения по структурированию информации. Краткость изложения информации характеризует способность к ее свертыванию. В рамках таблицы наглядно отражаются вопросы различных тем. Такая таблица создается как помощь в изучении большого объема информации, желая придать ему оптимальную форму для запоминания.

Критерии оценивания сравнительной таблицы:

- соответствие содержания теме;
- правильный отбор информации;
- наличие обобщающего (систематизирующего, структурирующего, сравнительного) характера изложения информации;
- соответствие оформления требованиям;
- выполнение работы в срок.

Выполнение реферата или подготовка презентации

Реферат — краткая запись идей, содержащихся в одном или нескольких источниках, которая требует умения сопоставлять и анализировать различные точки зрения. Реферат — одна из форм интерпретации исходного текста или нескольких источников. Поэтому ре-

ферат, в отличие от конспекта, является новым, авторским текстом. Новизна, в данном случае, подразумевает новое изложение, систематизацию материала, особую авторскую позицию при сопоставлении различных точек зрения.

Структура реферата:

1. Титульный лист.
2. План работы с указанием страниц каждого вопроса, подвопроса (пункта).
3. Введение.
4. Текстовое изложение материала, разбитое на вопросы и подвопросы (пункты, подпункты) с необходимыми ссылками на источники, использованные автором.
5. Заключение.
6. Перечень используемых источников.
7. Приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем.

Приложения располагаются последовательно, согласно заголовкам, отражающим их содержание.

Реферат оценивается преподавателем, исходя из установленных показателей и критериев оценивания реферата.

Таблица 1

Критерии и показатели при оценивании реферата

Критерии	Показатели
1	2
1. Новизна реферированного текста Макс. — 20 баллов	– новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; – наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.
2. Степень раскрытия сущности проблемы Макс. — 30 баллов	– соответствие плана теме реферата; – соответствие содержания теме и плану реферата; – полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы; – обоснованность способов и методов работы с материалом; – умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал;

1	2
	– умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.
3. Обоснованность выбора источников Макс. — 20 баллов	– полнота использования литературных источников по проблеме; – привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).
4. Соблюдение требований к оформлению Макс. — 15 баллов	– правильное оформление ссылок на используемую литературу; – грамотность и культура изложения; – владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы; – соблюдение требований к объему реферата; – культура оформления: выделение абзацев.
5. Грамотность Макс. — 15 баллов	– отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей; – отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых; – литературный стиль.

Критерии оценивания реферата

Реферат оценивается по 100-балльной шкале, баллы переводятся в оценки успеваемости следующим образом:

- 86–100 баллов — «отлично»;
- 70–75 баллов — «хорошо»;
- 51–69 баллов — «удовлетворительно»;
- менее 51 балла — «неудовлетворительно».

Баллы учитываются в процессе текущей оценки знаний программного материала.

Презентация, согласно толковому словарю русского языка Д.Н. Ушакова: «... способ подачи информации, в котором присутствуют рисунки, фотографии, анимация и звук».

Работа обучающегося над сообщением-презентацией включает отработку умения самостоятельно обобщать материал и делать выводы, умения ориентироваться в материале и отвечать на дополнительные вопросы слушателей, отработку навыков ораторства, умения проводить диспут.

Структура выступления:

– вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода;

– основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, строится по принципу отчета. Задача основной части — представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов;

– заключение — ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

Для подготовки презентации рекомендуется использовать: *Power Point, MS Word, Acrobat Reader*. Самая простая программа для создания презентаций — *Power Point*.

Для подготовки презентации необходимо собрать и обработать начальную информацию. Последовательность подготовки презентации:

– четко сформулировать цель презентации: вы хотите свою аудиторию мотивировать, убедить, заразить какой-то идеей или просто формально отчитаться;

– определить каков будет формат презентации: живое выступление (тогда, сколько будет его продолжительность) или электронная рассылка (каков будет контекст презентации);

– отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку представления;

– определить ключевые моменты в содержании текста и выделить их;

– определить виды визуализации (картинки) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой материала;

– подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер);

– проверить визуальное восприятие презентации.

К видам визуализации относятся иллюстрации, образы, диаграммы, таблицы.

Иллюстрация — представление реально существующего зрительно-го ряда.

Образы — в отличие от иллюстраций — метафора. Их назначение — вызвать эмоцию и создать отношение к ней, воздействовать на аудиторию. С помощью хорошо продуманных и представляемых образов, информация может надолго остаться в памяти человека.

Диаграмма — визуализация количественных и качественных связей. Их используют для убедительной демонстрации данных, для пространственного мышления в дополнение к логическому.

Таблица — конкретный, наглядный и точный показ данных. Ее основное назначение — структурировать информацию, что порой облегчает восприятие данных аудиторией.

Практические советы по подготовке презентации:

- готовить отдельно: печатный *текст* + *слайды*;
- слайды — визуальная подача информации, которая должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто;
- текстовое содержание презентации — устная речь или чтение, которая должна включать аргументы, факты, доказательства и эмоции;
- рекомендуемое число слайдов до 15;
- обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего; план сообщения; краткие выводы из всего сказанного; список использованных источников.

Презентация оценивается преподавателем, исходя из установленных показателей и критериев оценивания презентации (табл. 2).

Таблица 2

Критерии оценивания презентации

Критерий	Оценка	Примечание
1	2	3
Наличие грамотно оформленного титульного листа	2 балла	Написана тема, указан автор презентации, группа, специальность
7 слайдов	4 балла	Требования к слайду: – каждый слайд должен содержать как минимум единицу информации, т.е. должен быть содержательным и поэтому компоненту не повторять другие слайды;

1	2	3
8–10 слайдов	5 баллов	– слайд в PowerPoint не может быть представлен только картинкой, должны присутствовать и изображение, и текст; – слайд не должен быть перегружен текстом.
10–15 слайдов	10 баллов	
Логика построения	до 3 баллов	Изложение должно быть логичным и совпадать с изображением либо текстом на слайдах.
Содержание	до 10 баллов	Оценка зависит от глубины раскрытия темы: поверхностно либо с деталями, с указанием примеров.
Оценка		
	Максимум	25 баллов
	5 отлично	20–25 балла
	4 хорошо	14–20 баллов
	3 удовлетворительно	Менее 13 баллов

Тема реферата или презентации выбирается обучающимся самостоятельно из предложенного преподавателем списка тем.

Работа с Интернет-ресурсами

Интернет сегодня — правомерный источник научных статей, статистической и аналитической информации, и использование его наряду с книгами давно уже стало нормой. Однако, несмотря на то, что ресурсы Интернета позволяют достаточно быстро и эффективно осуществлять поиск необходимой информации, следует помнить о том, что эта информация может быть неточной или вовсе не соответствовать действительности. В связи с этим, при поиске материала по заданной тематике, следует обращать внимание на научные труды признанных авторов, которые посоветовали вам преподаватели.

Критерии оценки: осуществление поиска правовой информации и извлечение необходимых знаний из источника по заданной теме, аргументация своей позиции с опорой на нормативный материал, способность находить разные способы решения проблем на основе сопоставления нескольких источников, выявляя причинно-следственные связи.

Самоконтроль в виде вопросов и задач, на которые обучающийся пытается ответить самостоятельно.

Основная цель самоконтроля — самоутверждение, достижение уверенности обучающегося в усвоении учебного материала.

Критерии оценки — предполагает критическое отношение обучающегося к своим способностям и возможностям, к объективной оценке достигнутых успехов. Для закрепления пройденного материала обучающимся предлагается ряд теоретических вопросов, на которые они должны дать максимально полный ответ, предполагающий умение обучающегося использовать понятийно-категориальный аппарат, умение анализировать действующее законодательство, высказывать свое аргументированное мнение по спорным положениям.

Требования к результатам выполнения внеаудиторной самостоятельной работы

Выполнение заданий по внеаудиторной самостоятельной работе является обязательным. Задания выполняются в электронном виде или в рабочей тетради, ответы на вопросы для самоконтроля, на которые обучающиеся, при защите, должны ответить письменно или устно (на усмотрение преподавателя).

Методика выполнения внеаудиторной самостоятельной работы

1. Перед выполнением самостоятельной работы следует найти предложенную преподавателем литературу на Образовательном портале или в библиотеке.

2. Изучить имеющуюся литературу в электронном или печатном виде, прочитать материалы лекций, практических и семинарских занятий по теме.

3. Изучить данные методические рекомендации.

4. Получить у преподавателя задание.

5. Оформить работу в рабочей тетради или на компьютере в соответствии с требованиями преподавателя.

6. Сдать самостоятельную работу преподавателю, предварительно ответив на вопросы для самоконтроля.

Методы контроля и оценка внеаудиторной самостоятельной работы

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы проводится преподавателем одновременно с текущим и промежуточ-

ным контролем знаний обучающихся по дисциплине. Результаты контроля внеаудиторной самостоятельной работы учитываются при осуществлении итогового контроля по дисциплине.

Для контроля внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося используются разнообразные формы и методы контроля: фронтальный, индивидуальный, выборочный, самоконтроль, защита презентации, участие в семинарском занятии, ответы на контрольные вопросы и т.д. Может быть использована пятибалльная или рейтинговая система оценки на основе следующих критериев оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы:

- уровня освоения обучающегося учебного материала;
- умения обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий;
- обоснованности и четкости изложения ответа;
- оформления материала в соответствии с требованиями.

Изложенные методические рекомендации по выдаче, выполнению, контролю и оценке внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся, применимы для выполнения внеаудиторной самостоятельной работы по всем темам дисциплины.

План распределения часов по темам учебной дисциплины «Электротехника и электроника»

Раздел и тема учебной дисциплины согласно примерной программе	Количество часов						Виды самостоятельной внеаудиторной работы
	Теория	Контрольная работа	Лабораторная работа	Практическое занятие	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	
Раздел 1. Электротехника	52	8	28	24	50		
Тема 1.1. Электрическое поле	6			2	4		Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Выполнение практического задания. Подбор и изучение источников, теоретического материала для оформления реферата или мультимедийной презентации. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1.2. Электрический ток. Сопротивление. Работа и мощность	4		8	2	4	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторным работам. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 1.3. Простые электрические цепи постоянного тока	6		2	2	4	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1.4. Сложные электрические цепи постоянного тока	8	2	2	2	6	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к контрольной работе. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 1.5. Магнитное поле	4				2	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1.6. Ферромагнетизм. Магнитная цепь	2			2	3	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 1.7. Электромагнитная индукция	2	2	2		3	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к контрольной работе. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1.8. Однофазный переменный ток	8		12	4	8	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к лабораторным работам. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 1.9. Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел	4	2		2	4	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к контрольной работе. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1.10. Трехфазный переменный ток	4	2	2	4	6	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к контрольной работе. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 1.11. Периодические несинусоидальные токи	2			2	3	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1.12. Переходные процессы в электрических цепях	2			2	3	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Выполнение практического задания. Ответы на вопросы самоконтроля.
Раздел 2. Электроника	36		20	4	33	
Тема 2.1. Полупроводниковые приборы	8		8		8	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторным работам. Подбор и изучение источников, теоретического материала для написания реферата. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 2.2. Электронные преобразователи	6		2	2	6	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Составление сравнительной таблицы схем выпрямления. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 2.3. Электронные усилители и генераторы	8		2	2	8	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 2.4. Основы микроэлектроники	6				4	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подбор и изучение источников, теоретического материала для написания реферата. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 2.5. Импульсная техника	6		6		4	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторным работам. Подбор и изучение источников, теоретического материала для оформления мультимедийной презентации или написания реферата. Ответы на вопросы самоконтроля.
Тема 2.6. Логические элементы	2		2		3	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной работе. Ответы на вопросы самоконтроля.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 3. Электрические машины	8		6		9	
<i>Тема 3.1.</i> Электриче- ские машины постоянного тока	2		2		3	Работа с основной и дополни- тельной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной ра- боте. Ответы на вопросы самокон- троля.
<i>Тема 3.2.</i> Электриче- ские машины переменного тока	4		2		3	Работа с основной и дополни- тельной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной ра- боте. Ответы на вопросы самокон- троля.
<i>Тема 3.3.</i> Трансформа- торы	2		2		3	Работа с основной и дополни- тельной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной ра- боте. Ответы на вопросы самокон- троля.

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 4. Электрические измерения	8	2	12		12	
<i>Тема 4.1.</i> Методы измерений	2		2		2	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной работе. Ответы на вопросы самоконтроля.
<i>Тема 4.2.</i> Приборы непосредственной оценки	2		2		4	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной работе. Ответы на вопросы самоконтроля.
<i>Тема 4.3.</i> Измерение электрических параметров	4	2	8		6	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторным работам. Подготовка к контрольной работе. Ответы на вопросы самоконтроля.
Всего	104	10	66	28	104	

Методика реализации самостоятельной работы

Раздел и тема учебной дисциплины согласно примерной программе	Методика выдачи задания	Методика выполнения задания	Источники информации
1	2	3	4
Раздел 1. Электротехника			
Тема 1.1. Электрическое поле	Изучить теоретический материал по теме.	Работа с основной и дополнительной литературой.	[2] – §1.1–1.4 [3] – §1.1, 1.2.1–1.2.3
	Повторить теоретический материал по опорным записям лекции, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.	Работа с конспектом лекции.	Конспект лекции
	Ознакомиться с содержанием практического занятия.	Подготовка к практическому занятию	Методическое пособие по проведению практических занятий
	Рассчитать параметры батареи смешанного соединения конденсаторов.	Выполнение индивидуального задания.	Приложение 1

1	2	3	4
	Найти и изучить источники, теоретический материал, по выбранной теме; письменно оформить или выполнить слайды.	Выполнение реферата или подготовка мультимедийной презентации (вид задания и тему определяет преподаватель).	[2], [3], [5], [6], [7], [8]
Тема 1.2. Электрический ток. Сопротивление. Работа и мощность	Изучить теоретический материал по теме.	Работа с основной и дополнительной литературой.	[2] — § 2.3–2.7 [3] — § 2.1–2.8
	Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.	Работа с конспектом лекции.	Конспект лекции
	Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического занятия.	Подготовка к практическому занятию.	Методическое пособие по проведению практических занятий
	Ознакомиться с содержанием лабораторных работ; оформить лабораторные работы (тема, цель, оборудование; подготовить схемы и таблицы).	Подготовка к лабораторным работам.	Методические указания по выполнению лабораторных работ

1	2	3	4
	Рассчитать параметры цепи смешанного соединения резисторов.	Выполнение индивидуального задания.	Приложение 2
Тема 1.3. Простые электрические цепи постоянного тока	Изучить теоретический материал по теме.	Работа с основной и дополнительной литературой.	[2] – § 12.1–12.3 [3] – § 11.5, 11.8 [5] – § 2.12
	Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.	Работа с конспектом лекции.	Конспект лекции
	Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.	Подготовка к практическому занятию.	Методическое пособие по проведению практических занятий
	Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).	Подготовка к лабораторной работе.	Методические указания по выполнению лабораторных работ

1	2	3	4
<p>Тема 1.4. Сложные электрические цепи постоянного тока</p>	<p>Рассчитать потенциалы точек цепи и построить потенциальную диаграмму.</p> <p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Выполнение индивидуального задания.</p> <p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>Приложение 3</p> <p>[2] — § 2.8, 2.10–2.12 [3] — § 2.10</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.</p>	<p>Подготовка к практическому занятию.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>

1	2	3	4
	Повторить теоретический материал, решить типовые задачи.	Подготовка к контрольной работе.	[2] – § 2.10, 2.11, [3] – § 2.10.
	Рассчитать сложную цепь постоянного тока.	Выполнение индивидуального домашнего задания.	Приложение 4
Тема 1.5. Магнитное поле	Изучить теоретический материал по теме.	Работа с основной и дополнительной литературой.	[2] – § 3.1, 3.6 [3] – § 3.1, 3.3.1
	Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.	Работа с конспектом лекции.	Конспект лекции
	Рассчитать силы взаимодействия проводов с токами.	Выполнение индивидуального домашнего задания.	Приложение 5
Тема 1.6. Ферромагнетизм. Магнитная цепь	Изучить теоретический материал по теме.	Работа с основной и дополнительной литературой.	[2] – § 3.4, 3.5 [3] – § 3.2, 3.4
	Работа с конспектом лекции.	Повторение теоретического материала лекции по опорным записям, схемам, формулам.	Конспект лекции

1	2	3	4
	<p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.</p>	<p>Подготовка к практическому занятию.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
	<p>Рассчитать магнитную цепь.</p>	<p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Приложение 6</p>
<p>Тема 1.7. Электромагнитная индукция</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[2] — § 3.7, 3.10 [3] — § 3.3</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
	<p>Повторить теоретический материал, решить типовые задачи.</p>	<p>Подготовка к контрольной работе.</p>	<p>[2] — § 3.4–3.10 [3] — § 3.2–3.4</p>

1	2	3	4
<p>Тема 1.8. Однофазный переменный ток</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[2] – § 4.1–4.13 [3] – § 4.1–4.7 [5] – § 9.10</p>
<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>
<p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практических занятий.</p>	<p>Подготовка к практическим занятиям.</p>	<p>Подготовка к практическим занятиям.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
<p>Ознакомиться с содержанием лабораторных работ; оформить лабораторные работы (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторным работам.</p>	<p>Подготовка к лабораторным работам.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
<p>Рассчитать цепи с последовательным соединением активного и реактивного сопротивлений.</p>	<p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Приложение 7</p>

1	2	3	4
<p>Тема 1.9. Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме. Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[2] — § 4.5–4.8 Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием и порядком проведения практического занятия.</p>	<p>Подготовка к практическому занятию.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
	<p>Повторить теоретический материал, решить типовые задачи.</p>	<p>Подготовка к контрольной работе.</p>	<p>[2] — § 4.5–4.8</p>
	<p>Рассчитать цепь переменного тока символическим методом.</p>	<p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Приложение 8</p>
<p>Тема 1.10. Трехфазный переменный ток</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[2] — § 6.1–6.5 [3] — § 6.1–6.3</p>

Продолжение табл. 5

1	2	3	4
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p> <p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практических занятий.</p> <p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p> <p>Повторить теоретический материал, решить типовые задачи.</p> <p>Рассчитать цепь трехфазного тока при соединении потребителей «звездой» и «треугольником».</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p> <p>Подготовка к практическим занятиям.</p> <p>Подготовка к лабораторной работе.</p> <p>Подготовка к контрольной работе.</p> <p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Конспект лекции</p> <p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p> <p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p> <p>[2] — § 6.1–6.5 [3] — § 6.1–6.3</p> <p>Приложение 9А, 9Б</p>

1	2	3	4
<p>Тема 1.11. Периодические несинусоидальные токи</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме. Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[3] — § 5.1, 5.2. Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.</p>	<p>Подготовка к практическому занятию.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
	<p>Рассчитать цепь несинусоидального тока.</p>	<p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Приложение 10</p>
<p>Тема 1.12. Переходные процессы в электрических цепях</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме. Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[5] — § 12.1–12.4 Конспект лекции</p>

1	2	3	4
	<p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.</p>	<p>Подготовка к практическому занятию.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
	<p>Рассчитать переходные процессы.</p>	<p>Выполнение индивидуального домашнего задания.</p>	<p>Приложение 11</p>
<p>Раздел 2. Электроника</p>			
<p>Тема 2.1. Полупроводниковые приборы</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[2] — § 13.1–13.8 [3] — § 12.1–12.10</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторных работ; оформить лабораторные работы (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторным работам.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>

1	2	3	4
	Найти и изучить источники, теоретический материал, согласно выбранной теме; письменно оформить или выполнить слайды.	Выполнение реферата или подготовка презентации.	[2], [3], [5], [6], [7], [8]
Тема 2.2. Электронные преобразователи	Изучить теоретический материал по теме. Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.	Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции.	[2] — § 14.1–14.3 Конспект лекции
	Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.	Подготовка к практическому занятию.	Методическое пособие по проведению практических занятий
	Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).	Подготовка к лабораторной работе.	Методические указания по выполнению лабораторных работ

1	2	3	4
	<p>Оформить достоинства и недостатки различных схем выпрямления в виде таблицы.</p>	<p>Составление сравнительной таблицы схем выпрямления.</p>	<p>[2] — § 14.1–14.3</p>
<p>Тема 2.3. Электронные усилители и генераторы</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p> <p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p> <p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[2] — § 15.1, 15.2, 16.1 [3] — § 13.1, 13.2.</p> <p>Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического задания.</p>	<p>Подготовка к практическому занятию.</p>	<p>Методическое пособие по проведению практических занятий</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>

1	2	3	4
<p>Тема 2.4. Основа микроэлектроники</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p> <p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p> <p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[2] – § 15.5, 18.1 [3] – § 13.8 [4] – § 4.4</p> <p>Конспект лекции</p>
	<p>Найти и изучить источники, теоретический материал, согласно выбранной теме; письменно оформить или выполнить слайды.</p>	<p>Выполнение реферата или подготовка презентации.</p>	<p>[2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]</p>
<p>Тема 2.5. Импульсная техника</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p> <p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p> <p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[2]-§ 16.5, 16.6 [4]-§ 3.9</p> <p>Конспект лекции</p>

1	2	3	4
	<p>Найти и изучить источники, теоретический материал, согласно выбранной теме; письменно оформить или выполнить слайды.</p>	<p>Выполнение реферата или подготовка презентации.</p>	<p>[2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторных работ; оформить лабораторные работы (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторным работам.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
<p>Тема 2.б. Логические элементы</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[2] – § 16.4 [4] – § 4.1.</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>

1	2	3	4
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
<p>Раздел 3. Электрические машины</p>			
<p>Тема 3.1. Электрические машины постоянного тока</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[1] — § 28.1–28.4, 29.1–29.6 [2] — § 9.8–9.16 [3] — § 9.1–9.4</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>

1	2	3	4
<p>Тема 3.2. Электрические машины переменного тока</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой.</p>	<p>[1] — § 6.1, 6.2, 10.2, 19.2, [2] — § 8.1–8.4, 8.10, 8.13, [3] — § 8.2, 8.10, 8.13.</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции.</p>	<p>Конспект лекции</p>
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
<p>Тема 3.3. Трансформаторы</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой</p>	<p>[1] — § 1.1–1.3 [2] — § 7.1–7.7</p>
	<p>Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с конспектом лекции</p>	<p>Конспект лекции</p>

1	2	3	4
	Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).	Подготовка к лабораторной работе.	Методические указания по выполнению лабораторных работ
Раздел 4. Электрические измерения			
Тема 4.1. Методы измерений	Изучить теоретический материал по теме.	Работа с основной и дополнительной литературой.	[2] – § 5.1, 5.2 [3] – § 5.1, 5.2.
	Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.	Работа с конспектом лекции.	Конспект лекции
	Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).	Подготовка к лабораторной работе.	Методические указания по выполнению лабораторных работ

1	2	3	4
<p>Тема 4.2. Приборы непосредственной оценки</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме. Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции. Подготовка к лабораторной работе.</p>	<p>[2] — § 5.4, 2.5 Конспект лекции Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
<p>Тема 4.3. Измерение электрических параметров</p>	<p>Изучить теоретический материал по теме. Повторить теоретический материал лекции по опорным записям, схемам, формулам, ответить на вопросы для самоконтроля.</p>	<p>Работа с основной и дополнительной литературой. Работа с конспектом лекции.</p>	<p>[2] — § 5.5, 5.7, 5.8 [3] — § 5.3–5.6 Конспект лекции</p>

Окончание табл. 5

1	2	3	4
	<p>Ознакомиться с содержанием лабораторных работ; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).</p>	<p>Подготовка к лабораторным работам.</p>	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ</p>
	<p>Повторить теоретический материал.</p>	<p>Подготовка к контрольной работе.</p>	<p>[2] — § 5.5, 5.7, 5.8 [3] — § 5.3–5.6</p>

РАЗДЕЛ 1. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Тема 1.1. Электрическое поле

Содержание учебного материала

Электрические заряды. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Электрический потенциал и напряжение. Измерение напряжения.

Проводники, диэлектрики и полупроводники.

Электрическая емкость и конденсаторы. Энергия заряженного конденсатора. Способы соединения конденсаторов.

Практическое занятие

Определение параметров электрической цепи со смешанным соединением конденсаторов.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

При изучении данной темы необходимо усвоить основные характеристики электрического поля — напряженность, потенциал, напряжение. Иметь представление о свойствах проводников, полупроводников и диэлектриков.

Особое внимание необходимо уделить конденсаторам и способам их соединения в батареи, их применению в цепях электроснабжения.

Электрическая емкость конденсатора равна отношению заряда одной из пластин конденсатора к приложенному напряжению:

$$C = \frac{Q}{U},$$

где C — электрическая емкость, Ф;

Q — заряд конденсатора, Кл;

U — напряжение на обкладках конденсатора, В.

Для получения больших емкостей конденсаторы соединяют параллельно. При этом напряжение между обкладками всех конденсаторов одинаково. Общая емкость батареи параллельно соединенных конденсаторов равна сумме емкостей всех конденсаторов, входящих в батарею.

При последовательном соединении конденсаторов заряды всех конденсаторов одинаковы, так как от источника питания они поступают только на внешние электроды, а на внутренних электродах они получают только за счет разделения зарядов, ранее нейтрализовавших друг друга.

Если площадь обкладок всех конденсаторов, соединенных последовательно, одинакова, то эти конденсаторы можно представить в виде одного большого конденсатора, между обкладками которого находится стопка из пластин диэлектрика всех составляющих его конденсаторов.

При расчете эквивалентной емкости конденсаторной батареи, а также заряда и напряжения на каждом конденсаторе при смешанном соединении конденсаторов необходимо воспользоваться свойствами цепи при последовательном и параллельном соединении конденсаторов (табл. 4).

Таблица 4

Свойства цепи при последовательном и параллельном соединении конденсаторов

Свойства цепи при последовательном и параллельном соединении конденсаторов			
Вид соединения, схема	Напряжение	Заряд	Эквивалентная емкость
	$U = U_1 + U_2$	$Q = Q_1 = Q_2$	$C_{\text{ЭКВ}} = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2)$
	$U = U_1 = U_2$	$Q = Q_1 + Q_2$	$C_{\text{ЭКВ}} = C_1 + C_2$

Задания по теме 1.1.

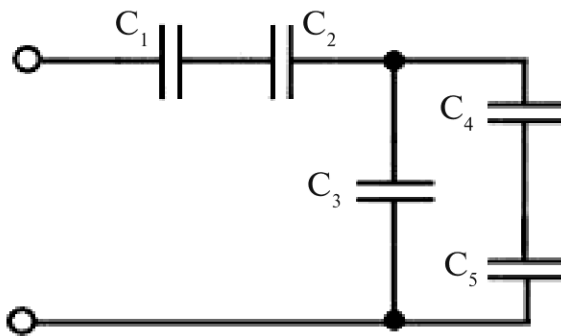
Задание 1. Для цепи постоянного тока со смешанным соединением конденсаторов известны емкости всех конденсаторов и напряжение, приложенное к зажимам цепи. Необходимо:

- рассчитать эквивалентную емкость батареи конденсаторов;
- определить общий заряд батареи;
- определить энергию батареи.

Выполнить задание по варианту (Приложение 1), выданному преподавателем.

Например: Для цепи постоянного тока со смешанным соединением конденсаторов (рис. 1) известны емкости всех конденсаторов и напряжение, приложенное к зажимам цепи. Необходимо:

- рассчитать эквивалентную емкость батареи конденсаторов;
- определить общий заряд батареи;
- определить энергию батареи.



Дано:

$$U = 200 \text{ В};$$

$$C_1 = 30 \text{ мкФ};$$

$$C_2 = 25 \text{ мкФ};$$

$$C_3 = 5 \text{ мкФ};$$

$$C_4 = 20 \text{ мкФ};$$

$$C_5 = 20 \text{ мкФ}.$$

Рис. 1. Схема цепи

Решение:

1. Определить эквивалентную емкость батареи:

$$C_{4-5} = \frac{C_4 \cdot C_5}{C_4 + C_5} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10 \text{ мкФ};$$

$$C_{3-5} = C_3 + C_{4-5} = 5 + 10 = 15 \text{ мкФ};$$

$$C_{1-2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{30 \cdot 25}{30 + 25} = 13,6 \text{ мкФ};$$

$$C_{\text{ЭКВ}} = \frac{C_{12} \cdot C_{3-5}}{C_{12} + C_{3-5}} = \frac{13,6 \cdot 15}{13,6 + 15} = 7,1 \text{ мкФ}.$$

2. Определить общий заряд батареи конденсаторов:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = U \cdot C_{\text{ЭКВ}} = 200 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 1420 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}.$$

3. Определить энергию батареи:

$$W_{\text{Б}} = \frac{C_{\text{ЭКВ}} \cdot U^2}{2} = \frac{7,1 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2}{2} = 0,142 \text{ Дж}.$$

Ответ: $C_{\text{ЭКВ}} = 7,1 \text{ мкФ}$; $Q_{\text{ОБЩ}} = 1420 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$; $W_{\text{Б}} = 0,142 \text{ Дж}$.

Задание 2. Подготовить реферат или презентацию.

Перечень тем для выполнения рефератов или подготовки презентаций:

- Электронная теория строения вещества.
- Классификация электротехнических материалов и их использование в устройствах электроснабжения.
- Виды конденсаторов и их практическое использование.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.1 обучающийся *должен знать*:

- физическую сущность и характеристики электрического поля;
- закон Кулона;
- характерные особенности проводников, полупроводников и диэлектриков;

- физическую сущность пробоя и поляризации диэлектрика;
- типы и устройство конденсаторов;
- определение конденсатора и емкости конденсатора;

должен уметь:

- рассчитывать характеристики электрического поля;
- производить расчет параметров батареи;
- пользоваться учебной и справочной литературой;
- собирать, систематизировать, перерабатывать информацию по изучаемой теме и оформлять ее с помощью мультимедийной компьютерной программы Power Point.

Тема 1.2. Электрический ток. Сопротивление. Работа и мощность

Содержание учебного материала

Электрический ток. Измерение электрического тока. Электрическая цепь и ее элементы. Сопротивление и проводимость. Закон Ома. Способы соединения сопротивлений. Работа и мощность. Измерение мощности.

Лабораторные работы

Проверка закона Ома.

Исследование электрической цепи с последовательным соединением сопротивлений.

Исследование электрической цепи с параллельным соединением сопротивлений.

Исследование электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений.

Практическое занятие

Определение параметров электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

При изучении данной темы необходимо усвоить основные параметры электрической цепи – электрический ток, сопротивление, проводимость, ЭДС, мощность. Одним из основных законов расчета электрической цепи является закон Ома, который рассматривается в данной теме.

Сила тока, действующая на участке электрической цепи (I), равна падению напряжения на этом участке (U), деленному на сопротивление этого участка (R):

$$I = \frac{U}{R}.$$

Закон Ома устанавливает прямо пропорциональную зависимость между напряжением и током на участке цепи постоянного тока.

Закон Ома для полной цепи: сила тока, действующая в цепи (I), прямо пропорциональна электродвижущей силе источника энергии (E) и обратно пропорциональна эквивалентному сопротивлению цепи ($R_{\text{экв}}$).

Электрической цепью называется совокупность устройств и объектов, образующих путь упорядоченному движению электрически заряженных частиц (электрическому току).

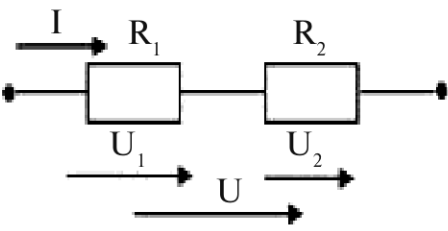
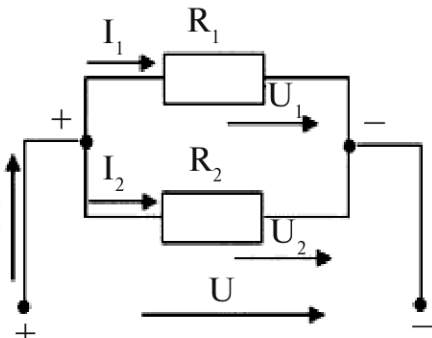
Цепи систем электроснабжения содержат большое число устройств, которые соединены разными способами. В теме рассматриваются последовательное, параллельное и смешанное соединение резисторов и законы этих соединений.

Последовательным соединением участков электрической цепи называют соединение, при котором через все участки цепи проходит один и тот же ток. Напряжение на каждом последовательно включенном участке пропорционально величине сопротивления этого участка.

Параллельным соединением участков электрической цепи называют соединение, при котором все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, т.е. находятся под действием одного и того же напряжения по закону Ома для участка цепи. Токи параллельно включенных участков обратно пропорциональны сопротивлениям этих участков.

Электрическая цепь со смешанным соединением резисторов состоит из участков с последовательным и параллельным соединением этих резисторов. В таблице 5 указаны свойства цепи при последовательном и параллельном соединении.

Свойства цепи при последовательном и параллельном соединении резисторов

Вид соединения, схема	Напряжение	Ток	Эквивалентное сопротивление
	$U = U_1 + U_2$	$I = I_1 = I_2$	$R_{\text{экв.}} = R_1 + R_2$
	$U = U_1 = U_2$	$I = I_1 + I_2$	$R_{\text{экв.}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Задания по теме 1.2.

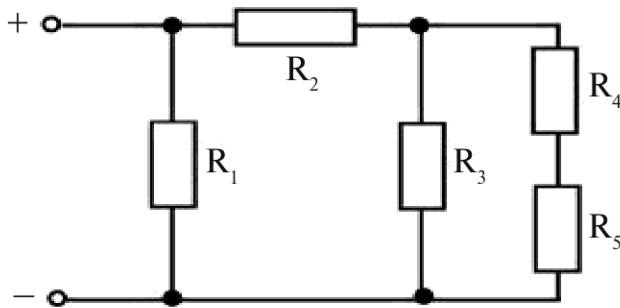
Задание. В цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов известно напряжение, приложенное к цепи, и величины сопротивлений резисторов. Определить:

- эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи на каждом резисторе;
- указать направления токов в резисторах;
- проверить баланс мощностей.

Исходные данные приведены по вариантам в Приложении 2, вариант определяет преподаватель.

Например: В цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов (рис. 2) известно напряжение, приложенное к цепи, и величины сопротивлений резисторов. Определить:

- эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе;
- указать направления токов в резисторах;
- проверить баланс мощностей.



Дано:

$$U = 100 \text{ В}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 15 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 7 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 3 \text{ Ом}$$

Рис. 2. Схема цепи

Решение:

1. На схеме цепи обозначить направления токов (рис. 3).

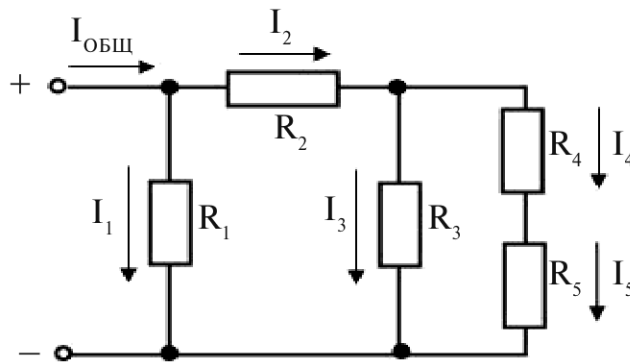


Рис. 3. Схема цепи с направлениями токов

2. Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи:

$$R_{45} = R_4 + R_5 = 7 + 3 = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{3-5} = \frac{R_3 \cdot R_{45}}{R_3 + R_{45}} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом};$$

$$R_{2-5} = R_2 + R_{3-5} = 15 + 5 = 20 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_{2-5}}{R_1 + R_{2-5}} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10 \text{ Ом}.$$

3. Определить общий ток цепи:

$$I_{\text{ОБЩ}} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A.}$$

4. Определить величину тока на каждом резисторе:

$$U_1 = U_{2-5} = U_{\text{ОБЩ}} = 100 \text{ В;}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A;}$$

$$I_{2-5} = \frac{U_{2-5}}{R_{2-5}} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A;}$$

$$I_2 = I_{3-5} = I_{2-5} = 5 \text{ A;}$$

$$U_{3-5} = I_{3-5} \cdot R_{3-5} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ В;}$$

$$U_3 = U_{45} = U_{3-5} = 25 \text{ В;}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ A;}$$

$$I_4 = I_5 = I_{45} = 2,5 \text{ A;}$$

$$I_{45} = \frac{U_{45}}{R_{45}} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ A.}$$

5. Проверить баланс мощностей:

$$P_{\text{ист}} = U_{\text{общ}} \cdot I_{\text{общ}} = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ Вт;}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_{\text{потр}} &= I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 = \\ &= 5^2 \cdot 20 + 5^2 \cdot 15 + 2,5^2 \cdot 10 + 2,5^2 \cdot 7 + 2,5^2 \cdot 3 = 1000 \text{ Вт}; \end{aligned}$$

$$P_{\text{ист}} = \Sigma P_{\text{потр}};$$

$$1000 = 1000.$$

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.2 обучающийся *должен знать*:

- понятия электрический ток, сопротивление, ЭДС;
- физическую сущность электрического сопротивления и проводимости;

- порядок чтения и исполнения электрических схем;

- виды соединений резисторов, их расчет;

должен уметь:

- применять закон Ома для решения задач;

- рассчитывать простые электрические цепи при последовательном, параллельном, смешанном соединении резисторов;

- рассчитывать значения тока, напряжения, мощности в цепи;

- собирать схемы соединения резисторов;

- измерять основные параметры электрической цепи: ток, напряжение, сопротивление, мощность;

- пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение электрическому току, плотности тока, укажите единицы их измерения.

2. Приведите схему измерения тока, укажите положительное направление тока в цепи.

3. Дайте определение электрическому сопротивлению и проводимости, укажите единицы их измерения.

4. Поясните зависимость сопротивления от геометрических размеров и температуры, приведите формулы.

5. Дайте определение электродвижущей силе, укажите единицу ее измерения.

6. Сформулируйте закон Ома для полной цепи и участка, запишите формулы.

7. Дайте определение электрической энергии, укажите единицу ее измерения. Приведите схему измерения электрической энергии.

8. Дайте определение мощности постоянного тока, укажите единицу ее измерения. Приведите схему измерения мощности.

9. Дайте определение коэффициенту полезного действия, приведите формулу для расчета.

10. Изобразите схему последовательного соединения резисторов, запишите формулу эквивалентного сопротивления цепи. Поясните, как распределяется напряжение на резисторах, ток.

11. Изобразите схему параллельного соединения резисторов, запишите формулу эквивалентного сопротивления цепи. Поясните, как распределяется напряжение на резисторах, ток.

12. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.

Тема 1.3. Простые электрические цепи постоянного тока

Содержание учебного материала

Неразветвленные электрические цепи постоянного тока. Потенциальная диаграмма.

Разветвленные электрические цепи постоянного тока. Первый закон Кирхгофа.

Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.

Выбор сечения проводов по допустимому нагреву и допустимой потере напряжения.

Лабораторная работа

Исследование неразветвленной электрической цепи с несколькими источниками ЭДС. Построение потенциальной диаграммы.

Практическое занятие

Расчет и выбор сечения проводов по допустимому нагреву и допустимой потере напряжения.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

В данной теме рассматриваются способы соединения (согласное и встречное включение) источников постоянного тока в неразветвленной цепи. Этот вопрос важен для расчета потенциалов точек цепи и построения потенциальной диаграммы, с помощью которой можно определить величину напряжения между любыми точками электрической цепи.

Одним из законов расчета разветвленных электрических цепей постоянного тока является первый закон Кирхгофа, который справедлив для узла электрической цепи.

При прохождении тока по проводникам происходит преобразование электрической энергии в тепловую, то есть нагрев. Количество теплоты, выделенной при этом, определяется законом Джоуля-Ленца. Преобразование электрической энергии в тепловую энергию имеет большое практическое значение и широко используется в различных нагревательных приборах как в промышленности, так и в быту.

Для построения потенциальной диаграммы, прежде всего, нужно выбрать масштабы сопротивления и потенциалов.

Нуль на вертикальной оси потенциалов выбираем с учетом того, что они могут быть положительными и отрицательными. Затем отложим на горизонтальной оси все сопротивления строго по порядку их следования в схеме, прикладывая начало каждого отрезка к концу предыдущего. Для каждой точки электрической цепи откладываем значения потенциалов и соединяем полученные точки отрезками прямой линии.

Задания по теме 1.3.

Задание. Вычертить схему цепи (рис. 4), оставив только заданные источники ЭДС (исходные данные по варианту см. Приложение 3);

- определить величину тока цепи;
- указать направление тока в контуре;
- рассчитать потенциалы точек цепи;
- построить потенциальную диаграмму.

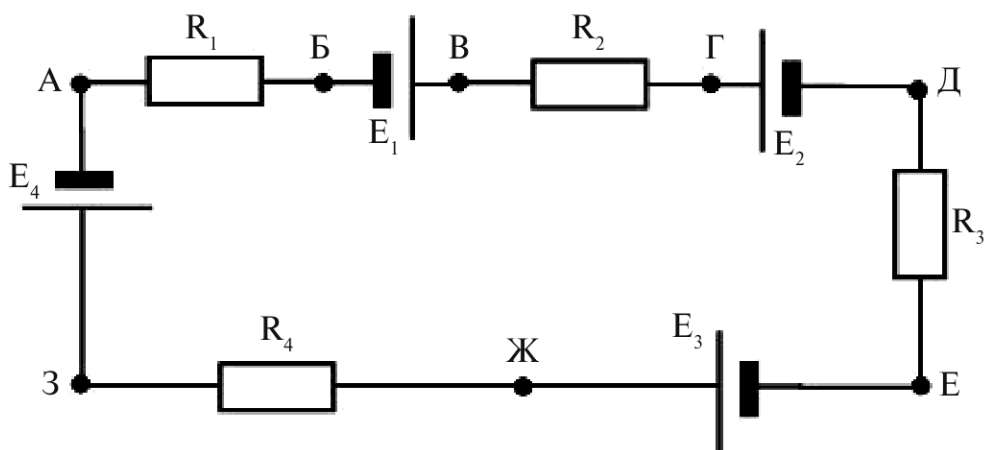


Рис. 4. Исходная схема для расчета

Например:

Дано:

Сопротивления резисторов в цепи $R_1=11$ Ом, $R_2=15$ Ом, $R_3=13$ Ом, $R_4=15$ Ом. Внутреннее сопротивление источников $r_0=2$ Ом. ЭДС источников $E_1=20$ В, $E_3=30$ В, $E_4=15$ В. Заземлена точка E .

Решение:

1. Вычертить схему цепи с заданными источниками ЭДС — рис.5

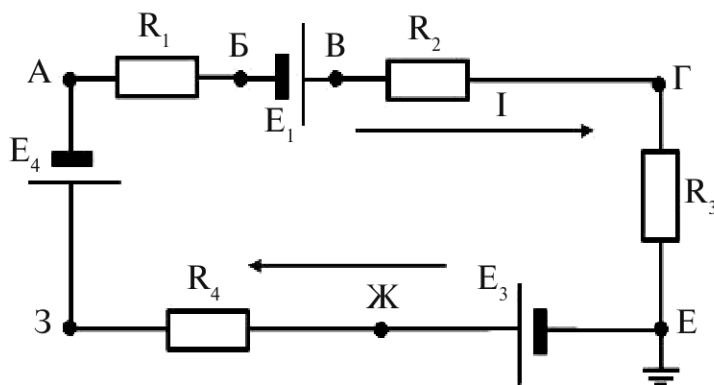


Рис. 5. Расчетная схема

2. Определить величину тока цепи:

$$I = \frac{E_1 + E_3 - E_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r_{01} + r_{03} + r_{04}} =$$
$$= \frac{20 + 30 - 15}{11 + 15 + 13 + 15 + 2 + 2 + 2} = 0,58 \text{ A.}$$

3. Указать направление тока в контуре:

Направление тока в контуре совпадает с направлением большей ЭДС ($E_1 + E_3$).

4. Рассчитать потенциалы точек цепи:

$$\varphi_E = 0$$

$$\varphi_{\text{Ж}} - \varphi_E = E_3 - I \cdot r_0; \quad \varphi_{\text{Ж}} = E_3 - I \cdot r_0 + \varphi_E = 30 - 0,58 \cdot 2 + 0 = 28,84 \text{ В};$$

$$\varphi_{\text{Ж}} - \varphi_3 = I \cdot R_4; \quad \varphi_3 = \varphi_{\text{Ж}} - I \cdot R_4 = 28,84 - 0,58 \cdot 15 = 20,14 \text{ В};$$

$$\varphi_3 - \varphi_A = E_3 + I \cdot r_0; \quad \varphi_A = \varphi_3 - E_3 - I \cdot r_0 = 20,14 - 15 - 0,58 \cdot 2 = 3,98 \text{ В};$$

$$\varphi_A - \varphi_B = I \cdot R_1; \quad \varphi_B = \varphi_A - I \cdot R_1 = 3,98 - 0,58 \cdot 11 = -2,4 \text{ В};$$

$$\varphi_B - \varphi_{\text{Б}} = E_1 - I \cdot r_0; \quad \varphi_{\text{Б}} = E_1 - I \cdot r_0 + \varphi_B = 20 - 0,58 \cdot 2 - 2,4 = 16,44 \text{ В};$$

$$\varphi_{\text{Б}} - \varphi_{\Gamma} = I \cdot R_2; \quad \varphi_{\Gamma} = \varphi_{\text{Б}} - I \cdot R_2 = 16,44 - 0,58 \cdot 15 = 7,74 \text{ В};$$

$$\varphi_{\Gamma} - \varphi_E = I \cdot R_3; \quad \varphi_E = \varphi_{\Gamma} - I \cdot R_3 = 7,74 - 0,58 \cdot 13 = 0,2 \text{ В} \approx 0.$$

5. Построить потенциальную диаграмму:

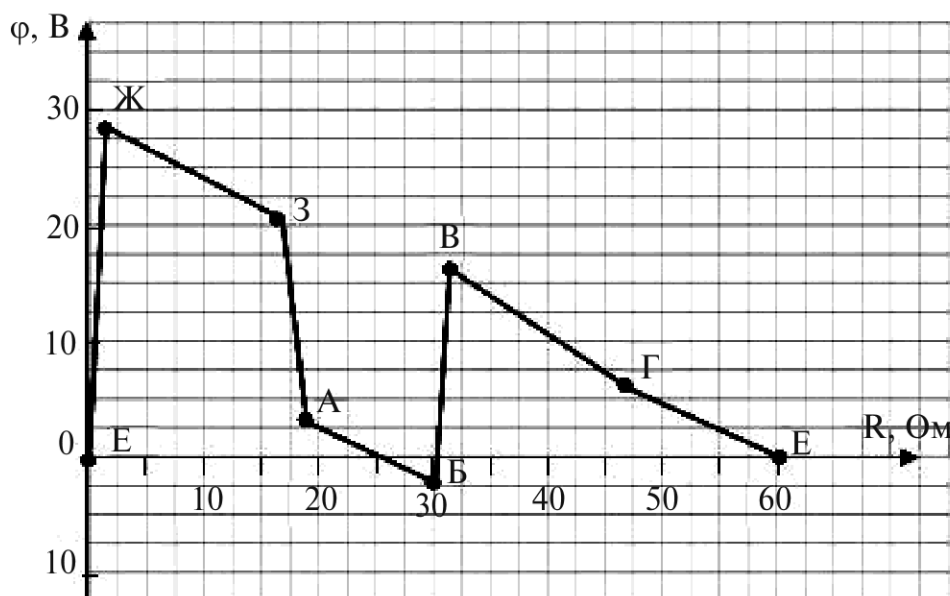


Рис. 6. Потенциальная диаграмма

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.3 обучающийся *должен знать*:

- расчет потенциалов точек электрической цепи;
- принцип построения потенциальной диаграммы;
- расчет сопротивления и сечения проводов линии электропередачи;

– защиту от токов короткого замыкания;

должен уметь:

- строить потенциальную диаграмму;
- измерять потенциалы точек цепи;
- пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Запишите формулы для определения результирующей ЭДС при встречном и согласном включении.

2. Поясните принцип расчета потенциалов точек цепи.

3. Поясните принцип построения потенциальной диаграммы.
4. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца.
5. Поясните необходимость выбора сечения проводов по допустимому нагреву и допустимой потере напряжения.

Тема 1.4. Сложные электрические цепи постоянного тока

Содержание учебного материала

Общие сведения о сложных электрических цепях. Второй закон Кирхгофа.

Расчет сложных электрических цепей методом узловых и контурных уравнений. Расчет сложных электрических цепей методом контурных токов. Расчет сложных электрических цепей методом узлового напряжения. Расчет сложных электрических цепей методом наложения.

Лабораторная работа

Исследование сложной электрической цепи.

Практическое занятие

Расчет сложной электрической цепи.

Контрольная работа № 1 по темам 1.1–1.4.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Сложными называются разветвленные электрические цепи с несколькими источниками питания.

Универсальным методом анализа и расчета сложных цепей является метод непосредственного применения первого и второго законов Кирхгофа, соответственно, для узловых точек и замкнутых контуров.

Однако, при значительном числе ветвей и узловых точек, использование этого метода усложняется необходимостью совместного решения большого числа уравнений. В этих и некоторых других случаях, может оказаться целесообразным применение иных методов расчета, основанных на тех же законах Кирхгофа. В зависимости от конфигурации расчетной схемы и поставленной задачи, следует применять тот метод расчета, который в данном случае является наиболее эффективным.

Согласно программе, в теме рассматриваются следующие методы расчета сложных цепей: метод узловых и контурных уравнений; метод контурных токов; метод узлового напряжения; метод наложения, основанные на законах Кирхгофа.

Линейную электрическую цепь рассчитать **методом контурных токов** или **методом узловых потенциалов**: если число взаимно независимых контуров n_k , число узлов n_y и схемы связаны между собой неравенством $n_k < n_y$, то для расчета такой цепи пользуются **методом контурных токов**. В случаях, когда выполняется неравенство $n_k > n_y$, то для расчета цепей рекомендуется применять **метод узловых потенциалов**.

Суть **метода наложения** заключается в том, что в линейных цепях каждая ЭДС, действующая в контуре, создает во всех ветвях свои токи вне зависимости от остальных ЭДС. Такие токи носят название — частичные.

Задания по теме 1.4.

Задание 1. В сложной цепи постоянного тока известны величины ЭДС источников, их внутренние сопротивления и сопротивления резисторов цепи (вариант задания см. Приложение 4). Определить:

- величину токов в ветвях методом уравнений Кирхгофа и методом узлового напряжения;
- проверить правильность расчета составлением баланса мощностей.

Например:

Дано:

$$E_1 = 50 \text{ В}, r_{01} = 1 \text{ Ом};$$

$$E_2 = 80 \text{ В}, r_{02} = 1 \text{ Ом};$$

$$R_1 = 14 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 9 \text{ Ом};$$

$$R_3 = 10 \text{ Ом}.$$

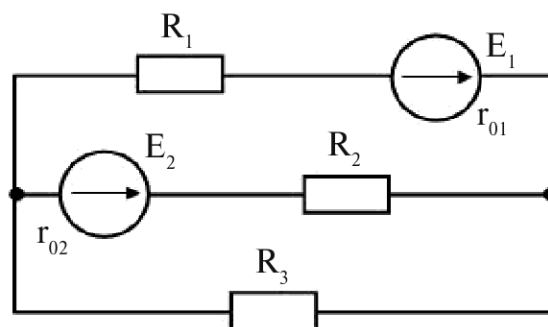


Рис. 7. Схема цепи

Решение:

1. Выбрать направления токов и обхода контура, изобразив на схеме (рис. 8).

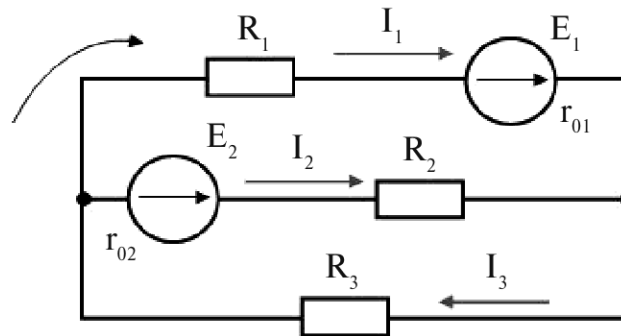


Рис. 8. Схема цепи с выбранными направлениями токов и обхода контура

2. Рассчитать величину токов в ветвях методом уравнений Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ E_1 = I_1 \cdot (R_1 + r_{01}) + I_3 \cdot R_3 \\ E_2 = I_2 \cdot (R_2 + r_{02}) + I_3 \cdot R_3 \end{cases} \quad \begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ 50 = I_1 \cdot (14 + 1) + I_3 \cdot 10 \\ 80 = I_2 \cdot (9 + 1) + I_3 \cdot 10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ 50 = I_1 \cdot 15 + I_3 \cdot 10 \\ 80 = I_2 \cdot 10 + I_3 \cdot 10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ 50 = I_1 \cdot 15 + (I_1 + I_2) \cdot 10 \\ 80 = I_2 \cdot 10 + (I_1 + I_2) \cdot 10 \end{cases} \quad \begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ 50 = I_1 \cdot 15 + I_1 \cdot 10 + I_2 \cdot 10 \\ 80 = I_2 \cdot 10 + I_1 \cdot 10 + I_2 \cdot 10 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_3 = I_1 + I_2 \\ 50 = I_1 \cdot 25 + I_2 \cdot 10 \\ 80 = I_1 \cdot 10 + I_2 \cdot 20 \end{array} \right. \times (-2) \quad \begin{array}{l} -100 = -I_1 \cdot 50 - I_2 \cdot 20 \\ 80 = I_1 \cdot 10 + I_2 \cdot 20 \\ \hline -20 = -I_1 \cdot 40 \\ I_1 = 0,5 \text{ A} \end{array}$$

$$80 = 0,5 \cdot 10 + I_2 \cdot 20$$

$$I_2 = 3,75 \text{ A}$$

$$I_3 = 0,5 + 3,75 = 4,25 \text{ A}$$

3. Рассчитать величину токов в ветвях методом узлового напряжения:

$$g_1 = \frac{1}{R_1 + r_{01}} = \frac{1}{14 + 1} = \frac{1}{15} \text{ См};$$

$$g_2 = \frac{1}{R_2 + r_{02}} = \frac{1}{9 + 1} = \frac{1}{10} \text{ См};$$

$$g_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} \text{ См};$$

$$U = \frac{\sum E \cdot g}{\sum g} = \frac{E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{50 \cdot \frac{1}{15} + 80 \cdot \frac{1}{10}}{\frac{1}{15} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10}} =$$

$$= \frac{3,33 + 8}{2 + 3 + 3} = \frac{11,33}{8} = 42,49 \text{ В};$$

$$I_1 = (E_1 - U) \cdot g_1 = (50 - 42,49) \cdot \frac{1}{15} = 0,5 \text{ А};$$

$$I_2 = (E_2 - U) \cdot g_2 = (80 - 42,49) \cdot \frac{1}{10} = 3,75 \text{ А};$$

$$I_3 = (-U) \cdot g_3 = (-42,49) \cdot \frac{1}{10} = -4,25 \text{ А}.$$

4. Проверить правильность расчета, составлением баланса мощностей:

$$\Sigma P_{\text{ИСТ}} = \Sigma P_{\text{ПОТР}};$$

$$\Sigma P_{\text{ИСТ}} = \Sigma E \cdot I = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 = 50 \cdot 0,5 + 80 \cdot 3,75 = 325 \text{ Вт};$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_{\text{ПОТР}} &= \Sigma I_2 \cdot R = I_{21} \cdot (R_1 + r_{01}) + I_{22} \cdot (R_2 + r_{02}) + I_{23} \cdot R_3 = \\ &= 0,52 \cdot (14 + 1) + 3,752 \cdot (9 + 1) + 4,252 \cdot 10 = 325 \text{ Вт}; \end{aligned}$$

$$325 = 325.$$

Задание 2. Подготовиться к контрольной работе, повторив теоретический материал по темам: «Электрическое поле», «Электрический ток. Сопротивление. Работа и мощность», «Простые электрические цепи постоянного тока», «Сложные электрические цепи постоянного тока». Необходимо обратить внимание на единицы измерения величин и их обозначение. Повторить основные законы расчета цепей постоянного тока, которыми являются закон Ома, первый и второй законы Кирхгофа. При необходимости получить консультацию у преподавателя.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.4 обучающийся *должен знать*:

- определение сложной цепи;
- методы расчета сложных электрических цепей;

должен уметь:

- рассчитывать сложные электрические цепи при помощи законов Кирхгофа и других методов;
- пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение сложной цепи.
2. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа.
3. Поясните алгоритм расчета сложной цепи методом узловых и контурных уравнений.
4. Поясните алгоритм расчета сложной цепи методом контурных токов.
5. Поясните алгоритм расчета сложной цепи методом узлового напряжения.
6. Поясните алгоритм расчета сложной цепи методом наложения.

Тема 1.5. Магнитное поле

Содержание учебного материала

Определение и основные свойства магнитного поля. Величины, характеризующие магнитное поле.

Закон полного тока. Магнитное поле в прямолинейном проводе, в кольцевой и прямой катушках.

Сила взаимодействия токов двух параллельных проводов.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Вокруг любого проводника с током существует магнитное поле, которое изображается силовыми линиями, которые всегда замкнуты. Направление магнитного поля вокруг проводника определяют по правилу буравчика.

Изучая вопросы темы, необходимо рассмотреть основные характеристики магнитного поля и их единицы измерения: магнитную индукцию, напряженность магнитного поля, магнитный поток, магнитную проницаемость. Для расчета магнитодвижущей силы в замкнутом контуре используют Закон полного тока.

Особое внимание уделить силе взаимодействия двух параллельных проводников с токами. Направление электромагнитных сил, действующих на проводники с токами, определяют по правилу левой руки.

Задание по теме 1.5.

Задание. Рассчитать электромагнитные силы, действующие на токоведущие шины трансформаторной подстанции. Выполнить рисунок, на котором указать направление сил (рис. 9).

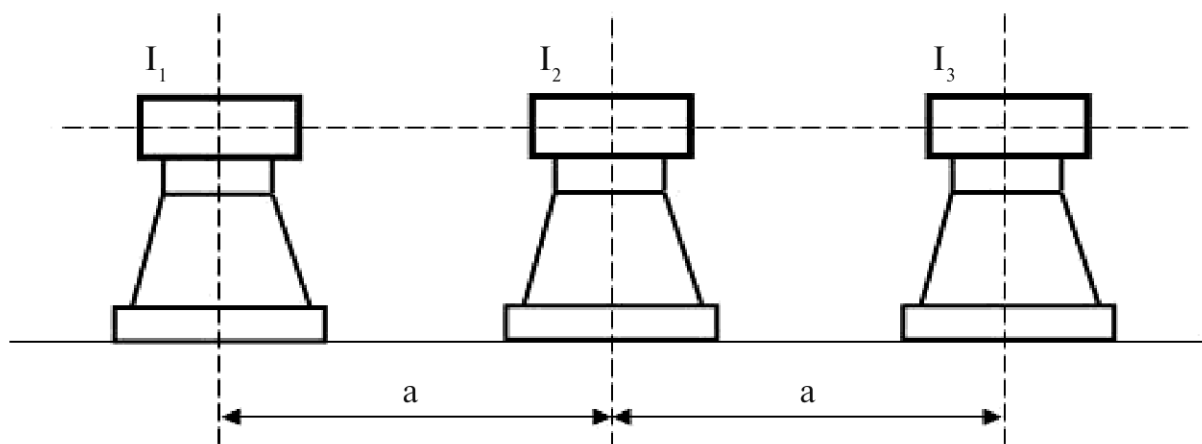


Рис. 9. Схема расположения шин

Указания:

Для определения сил взаимодействия каждой пары шин использовать формулу (например, между 1-ой и 2-ой шинами):

$$F_{12} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot a} \cdot l, \text{ Н,}$$

где μ_0 — магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

μ — относительная магнитная проницаемость среды, в которой находятся шины; согласно условию среда — воздух, следовательно, $\mu = 1$;

I_1, I_2 — токи в первой и второй шинах, А;

a — расстояние между шинами, м;

l — длина шины, м.

Направление электромагнитных сил, действующих на шины, определить по правилу левой руки. Задание по варианту выдается преподавателем (Приложение 5).

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.5 обучающийся *должен знать*:

- физическую сущность магнитного поля;
- определение магнитных величин, связь между ними, единицы их измерения;

- правило буравчика;

- определение электромагнитной силы;

- правило левой руки;

должен уметь:

- изображать графически магнитное поле;

- определять направление магнитного поля вокруг проводника с током и катушки;

- рассчитать основные характеристики магнитного поля;

- определять направление электромагнитных сил, действующих на проводники с токами;

- пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Изобразите магнитное поле вокруг проводника с током, вокруг катушки.

2. Сформулируйте правило буравчика.

3. Дайте определение магнитной индукции, приведите ее единицу измерения.

4. Дайте определение напряженности магнитного поля, приведите ее единицу измерения.

5. Дайте определение магнитного потока, приведите его единицу измерения.

6. Сформулируйте правило для определения направления электромагнитной силы.

7. Перечислите параметры, от которых зависят силы взаимодействия проводников с токами.

Тема 1.6. Ферромагнетизм. Магнитная цепь

Содержание учебного материала

Классификация ферромагнитных материалов. Петля гистерезиса. Магнитная цепь. Закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей. Расчет магнитных цепей.

Практическое занятие

Расчет магнитной цепи.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Рекомендуется обратить внимание на разные магнитные свойства материалов, благодаря которым существует три группы электротехнических материалов: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Следует ознакомиться с процессами, происходящими в этих материалах при воздействии на них магнитного поля.

В магнитных цепях магнитный поток передается от источника к потребителю по магнитопроводу. Если для электрического тока сопротивление проводника характеризуется удельным электрическим сопротивлением ρ , то для магнитного потока сопротивление магнитопровода характеризуется магнитной проницаемостью μ .

В зависимости от величины μ , различают: *ферромагнитные материалы* ($\mu > 1$) и *немагнитные материалы* ($\mu = 1$). К ферромагнитным материалам относятся железо и его сплавы, никель, кобальт, к немагнитным — медь, алюминий, воздух.

Ферромагнетики, при воздействии на них переменного магнитного поля, подвергаются циклическому перемагничиванию, график которого представляет собой петлю гистерезиса.

Магнитная цепь представляет собой совокупность ферромагнитных и неферромагнитных частей электротехнических устройств, по которым замыкается магнитный поток. Примером таких цепей являются сердечники трансформаторов, магнитных усилителей, электрических машин и т.д.

Задание по теме 1.6.

Задание. Определить величину тока в катушке, содержащей 300 витков, если известны размеры магнитопровода и величина магнитной индукции B_δ в воздушном промежутке δ (рис. 10).

Для определения напряженности магнитного поля участков использовать кривые намагничивания (Приложение 6Б).

Задание по варианту выдается преподавателем (Приложение 6А).

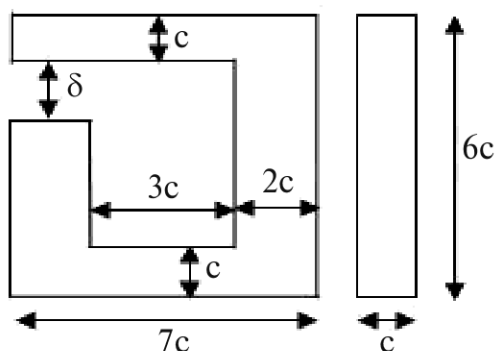


Рис. 10. Схема магнитной цепи

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.6 обучающийся *должен знать*:

- физическую сущность ферромагнетизма;
- явление магнитного насыщения и магнитного гистерезиса;
- виды магнитных цепей, назначение электромагнитов;
- методику расчета магнитной цепи;

должен уметь:

- применять кривую намагничивания для расчета магнитных цепей;
- производить расчет магнитной цепи;
- пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните природу диамагнетизма, парамагнетизма, ферромагнетизма.
2. Поясните, что представляет собой гистерезис.

3. Поясните, по какому принципу классифицируют ферромагнетики на магнитомягкие и магнитотвердые.
4. Перечислите виды магнитной цепи.
5. Сформулируйте определение магнитной цепи.
6. Приведите алгоритм расчета магнитной цепи.

Тема 1.7. Электромагнитная индукция

Содержание учебного материала

Явление электромагнитной индукции. Преобразование электрической энергии в механическую.

Явление самоиндукции. Индуктивность.

Явление взаимной индукции. Взаимная индуктивность. Энергия магнитного поля

Лабораторная работа

Проверка законов электромагнитной индукции.

Контрольная работа № 2 по темам 1.5–1.7.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

При изучении данной темы необходимо ознакомиться с процессами возникновения ЭДС электромагнитной индукции, самоиндукции, взаимоиндукции. Изучить формулы ЭДС и правила, по которым определяют их направление.

Уделить внимание возникновению ЭДС в стальных сердечниках электротехнических устройств, возникновению вихревых токов. Рассмотреть опасность и практическое применение вихревых токов.

Задание по теме 1.7.

Задание. Подготовиться к контрольной работе, повторив теоретический материал по темам: «*Магнитное поле*», «*Ферромагнетизм. Магнитная цепь*», «*Электромагнитная индукция*».

Необходимо обратить внимание на формулы, по которым рассчитывают параметры магнитного поля, на единицы измерения этих параметров. Повторить алгоритм расчета магнитной цепи. При необходимости, получить консультацию у преподавателя.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.7 обучающийся *должен знать*:

– физическую сущность явлений электромагнитной индукции, самоиндукции и взаимной индукции, условия их возникновения;

– правило правой руки;

– физическую сущность вихревых токов;

должен уметь:

– пользоваться правилом правой руки;

– определять ЭДС индукции, самоиндукции и взаимной индукции: их величину и направление;

– рассчитывать индуктивность катушек;

– пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение электромагнитной индукции.
2. Сформулируйте правило для определения направления ЭДС электромагнитной индукции.
3. Объясните, где возникают вихревые токи.
4. Поясните опасность самоиндукции.
5. Объясните, что представляет собой индуктивность.

Тема 1.8. Однофазный переменный ток

Содержание учебного материала

Получение переменного синусоидального тока. Принцип работы генератора переменного тока.

Период и частота, действующее и среднее значения, фаза и разность фаз переменного тока.

Элементы цепи переменного тока. Цепь с активным сопротивлением. Цепь с индуктивностью. Цепь с емкостью.

Неразветвленные цепи переменного тока. Цепь с активным сопротивлением и индуктивностью. Цепь с активным сопротивлением и емкостью. Общий случай неразветвленной цепи переменного тока.

Колебательный контур. Резонанс напряжений.

Разветвленные цепи переменного тока. Цепь с двумя параллельно соединенными катушками индуктивности. Цепь с параллельным соединением катушки и конденсатора.

Общий случай цепи с параллельными ветвями. Резонанс токов. Коэффициент мощности и способы его улучшения.

Лабораторные работы

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и катушки индуктивности.

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и конденсатора.

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления, катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений.

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением двух катушек индуктивности.

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов.

Измерение коэффициента мощности и его повышение.

Практические занятия

Расчет неразветвленной цепи переменного тока.

Расчет разветвленной цепи переменного тока.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Большинство потребителей электрической энергии работает на переменном токе. Переменным называют ток, изменяющийся по величине и направлению с течением времени. В настоящее время почти вся электрическая энергия вырабатывается в виде энергии переменного тока. Это объясняется преимуществом производства и распределения этой энергии. Переменный ток получают на электростанциях, преобразуя с помощью генераторов механическую энергию в электрическую.

При изучении вопросов темы необходимо обратить внимание на основные параметры переменного тока — мгновенное, амплитудное и действующее значения, период и частота переменного тока, фаза, начальная фаза, сдвиг по фазе.

В цепях переменного тока существует несколько видов сопротивлений, различающихся своей физической природой. Все эти сопротивления можно подразделить на две основные группы: активные и реактивные. В активных сопротивлениях, при включении в цепь переменного тока, электрическая энергия преобразуется в тепловую. Активным сопротивлением R обладают, например, провода электрических линий, обмотки электрических машин и аппаратов и пр., то есть те же устройства, которые обладают электрическим сопротивлением в цепи постоянного тока. В реактивных сопротивлениях электрическая энергия, вырабатываемая источниками, не расходуется. При включении реактивного сопротивления в цепь переменного тока возникает лишь обмен энергией между ним и источником электрической энергии. Реактивное сопротивление создают индуктивности и емкости.

При выполнении расчетов цепей переменного тока следует помнить о том, что расчет выполняется в действующих значениях величин.

Задание по теме 1.8.

Задание. Выполнить задание по варианту, выданному преподавателем (Приложение 7).

Для цепи синусоидального тока с последовательным соединением заданы параметры двух, включенных в нее, элементов. Частота питающего напряжения $f = 50$ Гц. Необходимо:

- составить схему цепи;
- рассчитать неизвестные параметры, отсутствующие в таблице;
- произвольно выбрать масштаб и построить векторную диаграмму тока и напряжений цепи.

Результаты расчета представить в виде таблицы (табл. 7).

Например:

Дано: таблица 6

Таблица 6

Исходные параметры

Вариант	Параметры										
	R	X_L	X_C	Z	U	I	C	L	P	Q	S
	Ом				В	А	мкФ	мГн	Вт	вар	ВА
0	9	–		14				–		15	

1. Составить схему цепи (рис. 11):

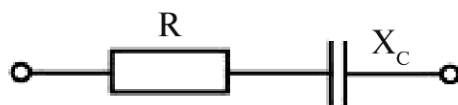


Рис. 11. Схема цепи

2. Определить: X_c , U , I , C , P , S :

$$X_c = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{14^2 - 9^2} = 10,7 \text{ Ом};$$

$$I = \sqrt{\frac{Q}{X_c}} = \sqrt{\frac{15}{10,7}} = 1,2 \text{ А};$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10,7} = 297,6 \text{ мкФ};$$

$$U = I \cdot Z = 1,2 \cdot 14 = 16,8 \text{ В};$$

$$P = I^2 \cdot R = 1,2^2 \cdot 9 = 12,96 \text{ Вт};$$

$$S = I \cdot U = 1,2 \cdot 16,8 = 20,16 \text{ ВА};$$

$$U_a = I \cdot R = 1,2 \cdot 9 = 10,8 \text{ В};$$

$$U_c = I \cdot X_c = 1,2 \cdot 10,7 = 12,8 \text{ В}.$$

3. Построить векторную диаграмму тока и напряжений цепи (рис.12):

Принять масштаб напряжения $m_U = 4 \text{ В/см}$.

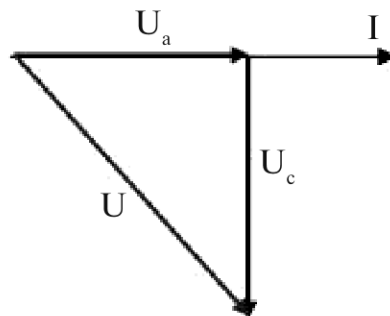


Рис. 12. Векторная диаграмма цепи

Таблица 7

Результаты расчета

R	X_L	X_C	Z	U	I	C	L	P	Q	S
Ом				В	А	мкФ	мГн	Вт	вар	ВА
9	–	10,7	14	16,8	1,2	297,6	–	12,96	15	20,16

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.8 обучающийся *должен знать*:

- физическую сущность процесса получения переменного тока;
- характеристики переменного тока, их физический смысл, единицы измерения;
- построение временных и векторных диаграмм;
- электромагнитные явления в цепях переменного тока, возможности практического использования;
- коэффициент мощности, его технико-экономическое значение, способы повышения;

должен уметь:

- строить временные и векторные диаграммы;
- выполнять аналитический и графический расчет цепей;
- пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение переменному току.
2. Запишите аналитическую запись переменных величин — ЭДС, тока, напряжения.
3. Поясните основные характеристики переменного тока — мгновенное, действующее и амплитудное значения.
4. Объясните, какой угол сдвига по фазе между током и напряжением на активном сопротивлении, на емкости, на индуктивности.
5. Назовите единицы измерения активной, реактивной и полной мощности.
6. Запишите формулу полного сопротивления цепи с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений.
7. Запишите формулу полного сопротивления цепи с последовательным соединением активного и емкостного сопротивлений.
8. Назовите условие возникновения резонанса напряжений.
9. Назовите условие возникновения резонанса токов.
10. Поясните экономическое значение коэффициента мощности и способы его увеличения.

Тема 1.9. Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел

Содержание учебного материала

Выражение основных электрических величин комплексными числами. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.

Расчет электрических цепей с последовательно-параллельно соединенными элементами.

Практическое занятие

Расчет электрических цепей с применением комплексных чисел.

Контрольная работа № 3 по темам 1.8–1.9.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

В практике расчета цепей переменного тока широко используются комплексные числа.

Комплексными числами и векторами на комплексной плоскости изображаются изменяющиеся синусоидально ЭДС, ток и напряжение, а также полное сопротивление и проводимость, полная мощность и некоторые другие параметры цепи.

Использование комплексных чисел при расчете электрических цепей переменного тока позволяет заменить графические действия над векторами алгебраическими действиями над комплексными числами. Кроме того, при использовании комплексных чисел возникает полная аналогия записей уравнений по законам Ома и Кирхгофа и методов расчета цепей переменного тока с цепями постоянного тока.

Для изучения символического метода расчета (с использованием комплексных чисел) необходимо использовать знания и умения, полученные на Математике при выполнении действий с комплексными числами.

Задания по теме 1.9.

Задание 1. В цепи переменного тока известен комплекс напряжения, приложенного к цепи, и величины сопротивлений.

Рассчитать:

- комплексное входное сопротивление цепи;
- комплексы общего тока и токов ветвей;
- выполнить проверку первого закона Кирхгофа.

Выполнить задание по варианту (Приложение 8), выданному преподавателем.

Например:

В цепи переменного тока (рис. 13) известен комплекс напряжения, приложенного к цепи, и величины сопротивлений.

Рассчитать:

- комплексное входное сопротивление цепи;
- комплексы общего тока и токов ветвей;
- выполнить проверку первого закона Кирхгофа.

Дано:

$$\check{U} = 120 e^{j10^\circ} \text{ В};$$

$$X_{L1} = 10 \text{ Ом};$$

$$X_{L2} = 30 \text{ Ом};$$

$$X_{L3} = 15 \text{ Ом};$$

$$X_{C3} = 20 \text{ Ом}.$$

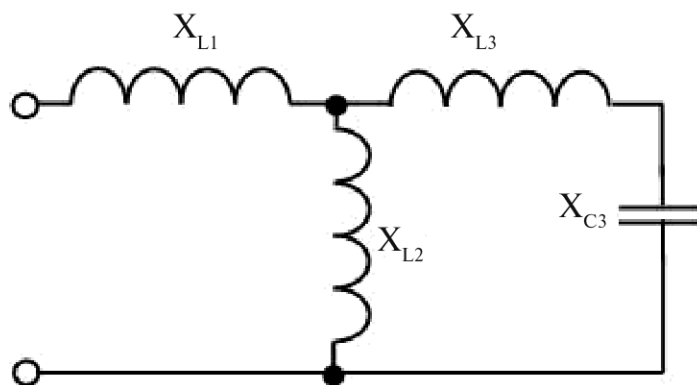


Рис. 13. Схема цепи

Решение:

1. Вычертить заданную схему цепи, обозначив направления токов (рис.14):

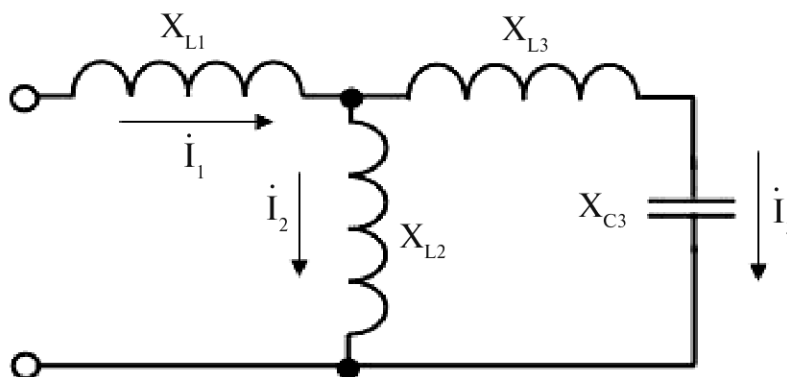


Рис. 14. Обозначение направлений токов в цепи

2. Рассчитать комплексное входное сопротивление цепи:

а) комплексы сопротивлений ветвей:

$$\underline{Z}_1 = jX_{L1} = j10 = 10 e^{j90^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_2 = jX_{L2} = j30 = 30 e^{j90^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_3 = jX_{L3} - jX_{C3} = j15 - j20 = 5 e^{-j90^\circ} \text{ Ом}.$$

б) комплексное сопротивление параллельных ветвей:

$$\underline{Z}_{23} = \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = \frac{30 e^{j90^\circ} \cdot 5 e^{-j90^\circ}}{j30 - j5} = \frac{150}{25 e^{j90^\circ}} = 6 e^{-j90^\circ} = -j6 \text{ Ом}.$$

в) комплексное входное сопротивление цепи:

$$\underline{Z}_{\text{BX}} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_{23} = j10 - j8 = j2 = 2e^{j90^\circ} \text{ Ом.}$$

3. Рассчитать комплексы общего тока и токов ветвей:

а) общий ток цепи:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}_{\text{BX}}} = \frac{120e^{j10^\circ}}{2e^{j90^\circ}} = 60e^{-j80^\circ} \text{ А.}$$

б) комплекс напряжения параллельных ветвей:

$$\dot{U}_{23} = \dot{I}_1 \cdot \underline{Z}_{23} = 60e^{-j80^\circ} \cdot 8e^{-j90^\circ} = 480e^{-j170^\circ} \text{ В.}$$

в) токи параллельных ветвей:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{23}}{\underline{Z}_2} = \frac{480e^{-j170^\circ}}{30e^{j90^\circ}} = 16e^{-j260^\circ} = 2,61 + j3,47 \text{ А;}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{23}}{\underline{Z}_3} = \frac{480e^{-j170^\circ}}{5e^{-j90^\circ}} = 96e^{-j80^\circ} = -2,19 + j4,19 \text{ А.}$$

4. Проверка:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3;$$

$$0,43 + j7,66 = 2,61 + j3,47 - 2,19 + j4,19;$$

$$0,43 + j7,66 \approx 0,42 + j7,66.$$

Задание 2. Подготовиться к контрольной работе, повторив теоретический материал по темам: «*Однофазный переменный ток*», «*Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел*».

Необходимо обратить внимание на обозначение переменных величин в комплексной форме, на построение векторных диаграмм, для которых необходимо выбирать масштаб, и помнить угол сдвига по фазе между током и напряжением на активном и реактивных сопротивлениях. При необходимости получить консультацию у преподавателя.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.9 обучающийся *должен знать*:

– общие сведения о комплексных числах;

– расчет электрических цепей с применением комплексных чисел;
должен уметь:

– рассчитывать разветвленную электрическую цепь с двумя параллельными ветвями символическим методом;

– пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Запишите формулу для расчета полного сопротивления цепи последовательного соединения R и X_L символическим методом.

2. Запишите формулу для расчета полного сопротивления цепи последовательного соединения R и X_C символическим методом.

3. Объясните, на что указывает отрицательный знак перед мнимой частью комплекса полной мощности.

4. Объясните, чему соответствует действительная часть комплекса полного сопротивления неразветвленной цепи переменного тока с индуктивностью.

Тема 1.10. Трехфазный переменный ток

Содержание учебного материала

Трехфазная симметричная система ЭДС. Соединение обмоток трехфазного генератора «звездой». Соединение обмоток трехфазного генератора «треугольником».

Соединение приемников энергии «звездой». Роль нейтрального провода.

Соединение приемников энергии «треугольником».

Лабораторная работа

Исследование трехфазной цепи при соединении приемников электроэнергии «звездой» и «треугольником».

Практические занятия

Расчет трехфазной системы при соединении приемников электроэнергии «звездой».

Расчет трехфазной системы при соединении приемников электроэнергии «треугольником».

Контрольная работа № 4 по теме: «Трехфазный переменный ток».

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Трехфазная цепь является частным случаем многофазных систем электрических цепей, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, отличающиеся по фазе одна от другой и создаваемые общим источником энергии.

Трехфазные цепи — наиболее распространенные в современной электроэнергетике. Это объясняется рядом их преимуществ по сравнению, как с однофазными, так и с другими многофазными цепями:

— экономичность производства и передачи энергии по сравнению с однофазными цепями;

— возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, необходимого для трехфазного асинхронного двигателя;

— возможность получения в одной установке двух эксплуатационных напряжений — фазного и линейного.

Трехфазная цепь состоит из трех основных элементов: трехфазного генератора, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую с трехфазной системой ЭДС; линии передачи со всем необходимым оборудованием; приемников (потребителей), которые могут быть как трехфазными (например, трехфазные асинхронные двигатели), так и однофазными (например, лампы накаливания).

При изучении темы обратить внимание на расчет сопротивлений и токов фаз, на построение векторных диаграмм, из которых определяют ток в нулевом (нейтральном) проводе при соединении «звездой» и линейные токи (при неравномерной нагрузке) при соединении «треугольником».

«Звездой» называется соединение, когда концы фаз обмоток генератора соединяют в одну общую точку, называемую нейтральной точкой или *нейтралью*. При соединении «звездой» и симметричной системе ЭДС, вырабатываемой источником, существует соотношение $U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}$. Это соотношение справедливо как для трехпроводной, так и для четырехпроводной, когда к нулевой точке присоединен нулевой провод.

При соединении приемника энергии «треугольником» сопротивление каждой фазы приемника подключено на соответствующее линейное напряжение источника, поэтому эти же напряжения являются и фазными напряжениями приемника. Токи в фазах приемника определяют по закону Ома. Линейные токи определяют с помощью первого закона Кирхгофа.

Задания по теме 1.10.

Задание 1. В цепи трехфазного тока известна величина линейного напряжения и величины сопротивлений фаз.

Необходимо:

- составить схему цепи при соединении «звездой»;
- определить фазные и линейные токи;
- произвольно выбрать масштаб и построить векторную диаграмму;
- определить ток в нулевом проводе.

Выполнить задание по варианту (Приложение 9А — соединение «звездой»), выданному преподавателем.

Например:

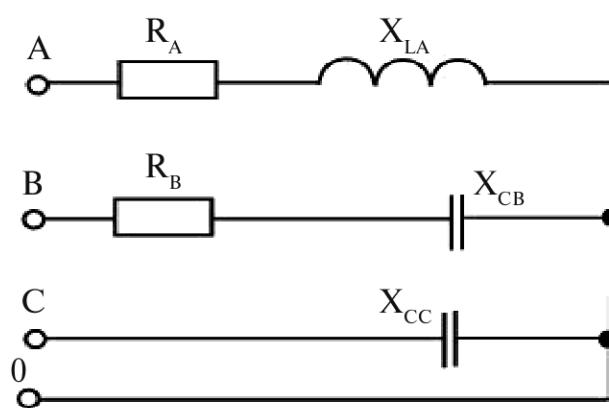
В цепи трехфазного тока известна величина линейного напряжения и величины сопротивлений фаз.

Необходимо:

- составить схему цепи при соединении «звездой»;
- определить фазные и линейные токи;
- произвольно выбрать масштаб и построить векторную диаграмму;
- определить ток в нулевом проводе.

1. Составить схему цепи при соединении «звездой» (рис. 15):

Дано:



$$\begin{aligned}U_{\text{л}} &= 220 \text{ В}; \\R_{\text{A}} &= 4 \text{ Ом}; \\R_{\text{B}} &= 7 \text{ Ом}; \\X_{\text{LA}} &= 8 \text{ Ом}; \\X_{\text{CB}} &= 5 \text{ Ом}; \\X_{\text{CC}} &= 4 \text{ Ом}.\end{aligned}$$

Рис. 15. Схема цепи при соединении «звездой»

2. Определить фазное напряжение:

$$U_{\Phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{220}{1,73} = 127 \text{ В}.$$

3. Определить токи фаз:

$$I_{\text{A}} = \frac{U_{\Phi}}{Z_{\text{A}}} = \frac{U_{\Phi}}{\sqrt{R_{\text{A}}^2 + X_{\text{LA}}^2}} = \frac{127}{\sqrt{4^2 + 8^2}} = \frac{127}{8,94} = 14,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{B}} = \frac{U_{\Phi}}{Z_{\text{B}}} = \frac{U_{\Phi}}{\sqrt{R_{\text{B}}^2 + X_{\text{CB}}^2}} = \frac{127}{\sqrt{7^2 + 5^2}} = \frac{127}{8,6} = 14,8 \text{ А};$$

$$I_C = \frac{U_\Phi}{Z_C} = \frac{U_\Phi}{X_{CC}} = \frac{127}{4} = 31,8 \text{ A.}$$

При соединении «звездой» линейные токи равны фазным, то есть $I_L = I_\Phi$.

4. Определить углы между токами и напряжениями фаз:

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} = \frac{4}{8,94} = 0,45; \quad \varphi_A = 63^\circ;$$

$$\cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{7}{8,6} = 0,81; \quad \varphi_B = 35^\circ;$$

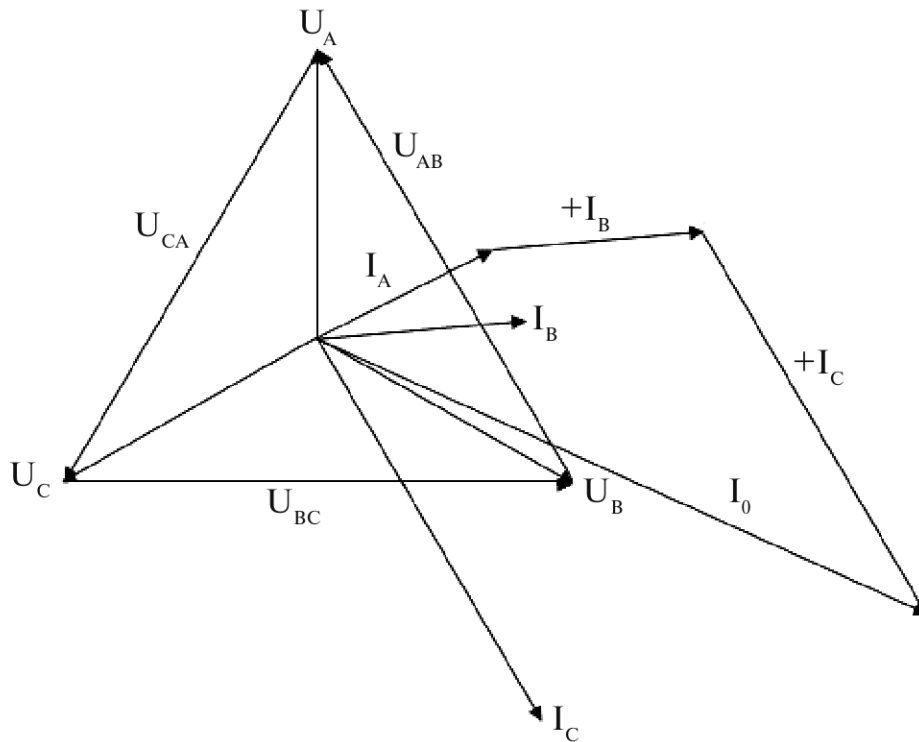
$$\cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C} = 0; \quad \varphi_C = 90^\circ.$$

5. Выбрать масштабы тока и напряжения:

$$m_I = 5 \text{ A/cm};$$

$$m_U = 30 \text{ В/cm}.$$

6. Построить векторную диаграмму:



7. Определить ток в нулевом проводе:

$$I_0 = I_{\text{л}} \cdot m_I = 9,5 \cdot 5 = 47,5 \text{ А.}$$

Задание 2. В цепи трехфазного тока известна величина линейного напряжения и величины сопротивлений фаз.

Необходимо:

- составить схему цепи при соединении «треугольником»;
- рассчитать фазные токи;
- произвольно выбрать масштаб и построить векторную диаграмму;
- определить линейные токи.

Выполнить задание по варианту (Приложение 9Б — соединение «треугольником»), выданному преподавателем.

Например:

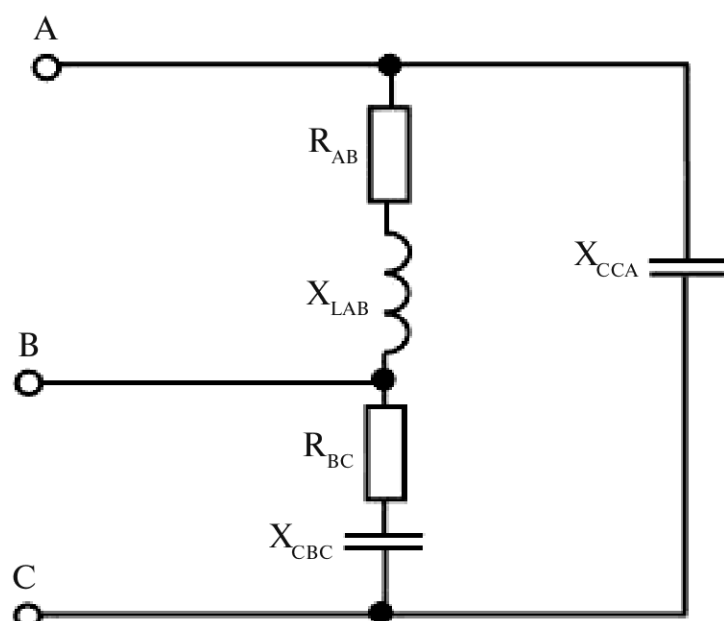
В цепи трехфазного тока известна величина линейного напряжения и величины сопротивлений фаз.

Необходимо:

- составить схему цепи при соединении «треугольником»;
- рассчитать фазные токи;
- произвольно выбрать масштаб и построить векторную диаграмму;
- определить линейные токи.

1. Составить схему цепи при соединении «треугольником» (рис. 16):

Дано:



$$\begin{aligned}
 U_{\text{л}} &= 220 \text{ В}; \\
 R_{\text{AB}} &= 4 \text{ Ом}; \\
 R_{\text{BC}} &= 7 \text{ Ом}; \\
 X_{\text{LAB}} &= 8 \text{ Ом}; \\
 X_{\text{CBC}} &= 5 \text{ Ом}; \\
 X_{\text{CCA}} &= 4 \text{ Ом}.
 \end{aligned}$$

Рис. 16. Схема цепи при соединении «треугольником»

2. Определить фазное напряжение:

$$U_{\text{ф}} = U_{\text{л}} = 220 \text{ В.}$$

3. Определить токи фаз:

$$I_{\text{AB}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{AB}}} = \frac{U_{\text{ф}}}{\sqrt{R_{\text{AB}}^2 + X_{\text{LAB}}^2}} = \frac{220}{\sqrt{4^2 + 8^2}} = \frac{220}{8,94} = 24,6 \text{ А};$$

$$I_{\text{BC}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{BC}}} = \frac{U_{\text{ф}}}{\sqrt{R_{\text{BC}}^2 + X_{\text{CBC}}^2}} = \frac{220}{\sqrt{7^2 + 5^2}} = \frac{220}{8,6} = 25,6 \text{ А};$$

$$I_{\text{CA}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{CA}}} = \frac{U_{\text{ф}}}{X_{\text{CCA}}} = \frac{220}{4} = 55 \text{ А.}$$

4. Определить углы между токами и напряжениями фаз:

$$\cos \varphi_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{4}{8,94} = 0,45; \quad \varphi_{AB} = 63^\circ;$$

$$\cos \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{7}{8,6} = 0,81; \quad \varphi_{BC} = 35^\circ;$$

$$\cos \varphi_{CA} = \frac{R_{CA}}{Z_{CA}} = 0; \quad \varphi_{CA} = 90^\circ.$$

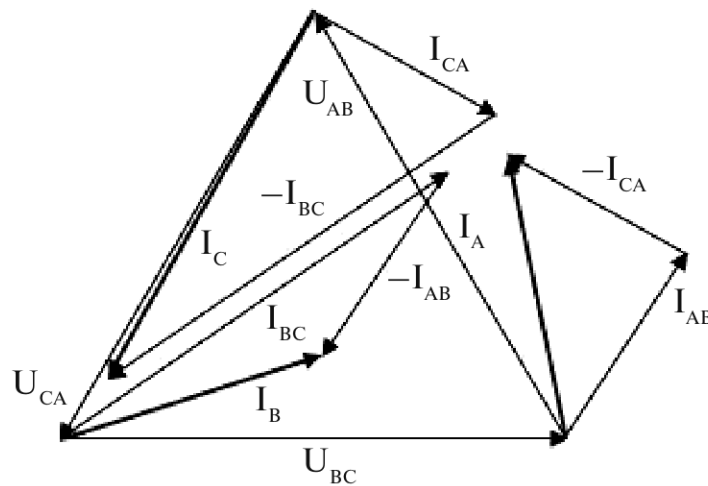
При соединении «треугольником» в случае неравномерной нагрузки линейные токи определяем по векторной диаграмме.

5. Выбрать масштабы тока и напряжения:

$$m_I = 10 \text{ А/см};$$

$$m_U = 37 \text{ В/см}.$$

6. Построить векторную диаграмму:



7. Определить линейные токи:

$$I_A = I_{IA} \cdot m_I = 3,5 \cdot 10 = 35 \text{ A};$$

$$I_B = I_{IB} \cdot m_I = 3,2 \cdot 10 = 32 \text{ A};$$

$$I_C = I_{IC} \cdot m_I = 5 \cdot 10 = 50 \text{ A}.$$

Задание 3. Подготовиться к контрольной работе, повторив теоретический материал по темам: «Трехфазный переменный ток».

Необходимо обратить внимание на порядок расчета параметров трехфазной цепи, на построение векторных диаграмм. При построении диаграмм учитывать угол сдвига между токами и напряжениями соответствующих фаз.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.10 обучающийся *должен знать*:

- особенности соединения обмоток генератора и приемников электрической энергии «звездой» и «треугольником»;
- соотношение между фазными и линейными напряжениями и токами;
- расчет цепей при симметричной и несимметричной нагрузках;
должен уметь:
- строить волновую и векторную диаграммы трех симметричных ЭДС;
- производить расчет трехфазной цепи при симметричной и несимметричной нагрузках при соединении потребителей энергии «звездой» и «треугольником»;
- строить векторные диаграммы напряжений и токов;
- пользоваться учебной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение трехфазного тока.
2. Поясните принцип соединения обмоток генератора «звездой», «треугольником».

3. Объясните, при каком соединении напряжение фазное меньше линейного.
4. Объясните, как определить ток в нулевом (нейтральном проводе).
5. Дайте определение равномерной и неравномерной нагрузке.

Тема 1.11. Периодические несинусоидальные токи

Содержание учебного материала

Причины возникновения несинусоидальных напряжений и токов. Виды несинусоидальных кривых.

Выражение несинусоидальных токов и напряжений рядами Фурье.

Расчет электрической цепи при несинусоидальном напряжении.

Практическое занятие

Определение параметров электрической цепи при несинусоидальном напряжении.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Несинусоидальные токи в цепях возникают при синусоидальных ЭДС и напряжениях источников электрической энергии, если цепи содержат нелинейные элементы. Нелинейные элементы широко используются в электрических цепях автоматики, управления, релейной защиты и т. д.

Несинусоидальные токи вызывают дополнительные потери мощности, ухудшают характеристики двигателей, создают большие помехи в линиях связи, каналах телемеханики и т. д.

Расчет электрических цепей с несинусоидальными токами выполняется на основе принципа наложения. Это обусловлено возможностью представления несинусоидальных ЭДС, токов и напряжений рядом Фурье, то есть в виде суммы постоянной и синусоидальных составляющих.

При изучении данной темы необходимо повторить расчет цепей переменного однофазного тока. Обратит внимание на формулы действующих значений несинусоидального тока и напряжения, мощностей цепи.

Задание по теме 1.11.

Задание. Определить мгновенное значение несинусоидального тока, действующее значение несинусоидального тока и напряжения. Рассчитать активную, реактивную и полную мощности цепи.

Мгновенное значение приложенного несинусоидального напряжения:

$$u = U_0 + 4U_m \cdot \sin \omega t + 2U_m \cdot \sin 3\omega t.$$

Выполнить задание по варианту (Приложение 10), выданному преподавателем.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.11 обучающийся *должен знать*:

– определение основной и высшей гармоник;

– причины искажения синусоидального тока, напряжения, ЭДС;
должен уметь:

– рассчитывать неразветвленные электрические цепи при несинусоидальном токе или напряжении методом разложения на гармоники;

– пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте определения несинусоидального тока.
2. Перечислите причины возникновения несинусоидальных токов.
3. Поясните алгоритм расчета неразветвленной цепи несинусоидального тока.
4. Запишите формулы для расчета действующего значения несинусоидального тока и напряжения.
5. Запишите формулы для расчета активной, реактивной и полной мощностей цепи.

Тема 1.12. Переходные процессы в электрических цепях

Содержание учебного материала

Законы коммутации. Процесс разряда и заряда конденсатора.

Короткое замыкание участка цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.

Подключение цепи с активным сопротивлением и индуктивностью к источнику постоянного напряжения.

Практическое занятие

Расчет переходных процессов в электрических цепях.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Электромагнитные процессы, происходящие в электрических цепях при переходе от одного установившегося режима к другому, называются переходными процессами. В установившемся режиме напряжения и токи во всех участках электрической цепи остаются неизменными в течение сколь угодно большого промежутка времени.

Переходные процессы возникают при любых изменениях режима электрической цепи: при подключении и отключении цепи, при изменении нагрузки, при возникновении аварийных режимов (короткое замыкание, обрыв провода и т.д.). Изменения в электрической цепи можно представить в виде тех или иных переключений, называемых в общем случае коммутацией. Физически переходные процессы представляют собой процессы перехода от энергетического состояния до коммутационного режима, к энергетическому состоянию после коммутационного режима.

Продолжительность переходных процессов (переходный период) составляет десятые и сотые доли секунды. Промежуток времени, в течение которого ток в цепи изменяется в «е» раз ($e \approx 2,718$), называется постоянной времени τ .

При изучении данной темы рассмотреть особенности переходных процессов в цепях с конденсатором, катушкой при включении их на постоянное напряжение. Изменения напряжения на конденсаторе, тока на катушке происходит не мгновенно, а подчиняется первому и второму законам коммутации.

Задание по теме 1.12.

Задание. Рассчитать параметры цепи с последовательным соединением резистора и катушки при подключении ее к источнику с постоянным напряжением и при коротком замыкании. Время переходного процесса $t = 5\tau$.

По результатам расчетов построить графики изменения тока и напряжения при подключении цепи на постоянное напряжение и при коротком замыкании.

Выполнить задание по варианту (Приложение 11), выданному преподавателем.

Источники информации

Основные источники [2], [3], дополнительные [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 1.12 обучающийся *должен знать*:

- причины возникновения и определение переходных процессов;
- процессы изменения тока и напряжения при переходных процессах в цепях с индуктивностью и сопротивлением, с емкостью и сопротивлением; энергетические процессы, происходящие в них;

должен уметь:

- строить графики изменения тока и напряжения при заряде и разряде конденсатора через сопротивление;
- рассчитывать постоянную времени цепи;
- строить графики изменения тока при включении в цепь катушки индуктивности и коротком замыкании;
- пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение переходного процесса.
2. Дайте определение постоянной времени.
3. Сформулируйте первый и второй законы коммутации.

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРОНИКА

Тема 2.1. Полупроводниковые приборы

Содержание учебного материала

Свойства $p-n$ -перехода. Собственная и примесная проводимости полупроводниковых материалов. $P-n$ -переход и его свойства. Равновесное, пропускное и запирающее состояния $p-n$ -перехода. Емкость $p-n$ -перехода. Пробой $p-n$ -перехода.

Полупроводниковые диоды. Полупроводниковые выпрямительные диоды, лавинные диоды, их устройство и принцип действия. Основные характеристики и параметры приборов, условное графическое обозначение на схеме, маркировка (буквенно-цифровое обозначение), область применения. Схемы включения диодов.

Транзисторы. Биполярные транзисторы; их устройство и принцип действия, усилительные свойства. Схемы включения транзисторов с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ). Статический и нагрузочный режимы работы. Особенности работы транзистора в ключевом режиме. Основные характеристики и параметры приборов, условное графическое обозначение на схеме, маркировка (буквенно-цифровое обозначение), область применения. Полевые транзисторы; основные характеристики и параметры, условное графическое обозначение на схеме, маркировка (буквенно-цифровое обозначение), область применения. Составные транзисторы; их назначение.

Тиристоры. Устройство и принцип действия, основные характеристики и параметры, условное графическое обозначение на схеме, маркировка (буквенно-цифровое обозначение) область применения.

Специальные типы полупроводниковых приборов. Стабилитроны и туннельные диоды; их устройство и принцип действия. Фоторезисторы, фотодиоды, светодиоды, оптроны; их устройство и принцип действия, область применения.

Лабораторные работы

Исследование работы выпрямительного диода.

Исследование работы стабилитрона.

Исследование работы транзистора.

Исследование работы тиристора.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

При изучении данной темы рассмотреть свойства полупроводников и создание *p-n*-перехода, который является основой конструкции любого полупроводникового прибора.

Полупроводниковые приборы по своей структуре подразделяются на дискретные и интегральные. К дискретным полупроводниковым приборам относятся диоды, транзисторы, тиристоры, фотоэлементы, а также полупроводниковые приборы, управляемые внешними факторами, — фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, терморезисторы, варисторы, варикапы, которые используются в качестве датчиков физических параметров. К интегральным приборам относятся интегральные микросхемы и микропроцессоры.

Задание по теме 2.1.

Задание. Написать реферат или подготовить презентацию.

Темы для написания рефератов или подготовки презентаций:

Специальные типы полупроводниковых приборов.
Термисторы, устройства отображения информации.

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 2.1 обучающийся *должен знать:*

- образование и свойства *p-n*-перехода;
- контактные явления;
- устройство и принцип действия диодов, транзисторов, тиристоров, фотоприборов, термисторов; их обозначение на схеме;

должен уметь:

- отличать пропускное и запирающее состояние *p-n*-перехода;
- снимать характеристики диодов, транзисторов, тиристоров различать их по маркировке;
- включать в цепь полупроводниковые приборы;
- пользоваться учебной и справочной литературой;
- собирать, систематизировать, перерабатывать информацию по изучаемой теме и оформлять ее с помощью мультимедийной компьютерной программы Power Point.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните получение примесного полупроводника с электронной проводимостью.
2. Поясните получение примесного полупроводника с дырочной проводимостью.
3. Сформулируйте определение $p-n$ -перехода и поясните его вентильное свойство.
4. Поясните классификацию диодов, укажите их условное обозначение на схемах.
5. Объясните, какое сопротивление имеет диод при включении его на прямое напряжение, на обратное.
6. Поясните классификацию транзисторов, укажите их условное обозначение на схемах.
7. Объясните, в чем принципиальная разница между полевым и биполярным транзистором.
8. Объясните, какое название имеют электроды биполярного транзистора.
9. Поясните классификацию тиристоров, укажите их условное обозначение на схемах.
10. Укажите назначение управляющего электрода тиристора.
11. Поясните область применения и принцип работы фоторезистора.

Тема 2.2. Электронные преобразователи

Содержание учебного материала

Классификация, основные элементы и параметры электронных преобразователей. Назначение электронных выпрямителей, структурные схемы.

Однофазные преобразователи. Схемы выпрямления электронных выпрямителей однофазного тока: однополупериодная, двухполупериодная с нулевой точкой, двухполупериодная мостовая. Соотношения между выпрямленными и переменными напряжениями и токами.

Трёхфазные преобразователи. Трёхпульсовая и шестипульсовые схемы выпрямления. Принцип действия и параметры схем выпрямления.

Регулируемые преобразователи. Классификация. Схемы и принцип действия тиристорных преобразователей.

Сглаживающие фильтры. Назначение, классификация, принцип действия. Коэффициенты сглаживания.

Лабораторная работа

Исследование работы выпрямителя.

Практическое занятие

Расчет параметров схемы выпрямления.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Выпрямитель — устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения в постоянное. В зависимости от числа фаз переменного напряжения, различают однофазные и многофазные (обычно трехфазные) выпрямители.

Выпрямитель содержит трансформатор, необходимый для преобразования напряжения сети до величины, определяемой требованиями нагрузки; вентильную группу, которая обеспечивает одностороннее протекание тока в цепи нагрузки, в результате чего переменное напряжение преобразуется в пульсирующее; фильтр, передающий на выход схемы постоянную составляющую напряжения и сглаживающий пульсации напряжения.

Выпрямитель может быть дополнен схемой стабилизации, подключаемой к выходу фильтра и предназначенной для поддержания напряжения на нагрузке неизменным при изменении напряжения на трансформаторе.

При изучении вопросов темы рассмотреть устройство, принцип работы и основные параметры различных схем выпрямления, их достоинства и недостатки.

Задание по теме 2.2.

Задание. Составить сравнительную таблицу схем выпрямления (таблица 8), используя учебную литературу.

Сравнительная таблица схем выпрямления

Тип выпрямителя	Достоинства	Недостатки
Однофазный однополупериодный выпрямитель		
Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой		
Однофазный двухполупериодный мостовой выпрямитель		
Трехфазный выпрямитель с нулевой точкой		
Трехфазный мостовой выпрямитель		

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 2.2 обучающийся *должен знать*:

– назначение и принцип работы однофазных и трехфазных выпрямителей, их основные параметры;

– назначение сглаживающих фильтров;

должен уметь:

– исследовать форму напряжения с помощью осциллографа;

– применять сглаживающие фильтры для различных схем выпрямления;

– пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните, какое назначение основных элементов структуры выпрямителя.

2. Дайте определение выпрямителя.

3. Поясните, какие преимущества двухполупериодного выпрямителя по сравнению с однополупериодным выпрямителем.

4. По схеме расскажите принцип работы однофазного двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.

5. По схеме расскажите принцип работы однофазного мостового выпрямителя.

6. По схеме расскажите принцип работы трехфазного выпрямителя с нулевой точкой.

7. По схеме расскажите принцип работы трехфазного мостового выпрямителя.

8. Объясните, что представляет собой сглаживающий фильтр, укажите его назначение.

Тема 2.3. Электронные усилители и генераторы

Содержание учебного материала

Классификация, характеристики и параметры электронных усилителей.

Принцип усиления сигналов и обратная связь в усилителях. Структурная схема усилителя. Режимы работы усилительных элементов. Виды обратных связей, их применение.

Усилители напряжения. Основные особенности усилителей на транзисторах. Достоинства и недостатки каждого каскада.

Усилители мощности. Требования, предъявляемые к усилительным каскадам мощности. Достоинства и недостатки каждого усилителя. Принципы построения многокаскадных усилителей. Виды межкаскадных связей.

Усилители постоянного тока. Принцип действия.

Электронные генераторы. Назначение. Классификация. Колебательные контуры. Принцип возникновения синусоидальных колебаний.

Автогенераторы. Назначение. Структурная схема. Схемы электронных генераторов, принцип действия. Условия возбуждения автогенераторов. Причины неустойчивости частоты генераторов. Методы стабилизации.

Защита электронных устройств. Режимы работы и виды защиты полупроводниковых приборов. Схемы стабилизации напряжения.

Лабораторная работа

Исследование работы двухкаскадного усилителя.

Практическое занятие

Расчет усилителя низкой частоты на транзисторах.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

При изучении данной темы уделить внимание усилительным свойствам транзистора.

Усилителем называется устройство, преобразующее электрические колебания небольшой мощности, поступающие на вход, в электрические колебания большой мощности на выходе. В качестве усилительных элементов в электронных схемах используют транзисторы.

Усилители широко используются в устройствах автоматики, телемеханики, радиотехники, диагностировании, в устройствах автоматического управления и регулирования, в вычислительной технике. Они служат для усиления электрических сигналов по напряжению, току или мощности.

Генераторы синусоидальных колебаний преобразуют электрическую энергию источников при постоянном токе в электрическую энергию при синусоидальном токе требуемой частоты.

Рекомендуется при изучении темы рассмотреть схемы усилителей, электронных генераторов, их назначение и принцип работы.

Задания по теме 2.3.

Задание 1. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Задание 2. Ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практического занятия.

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 2.3 обучающийся *должен знать*:

- разновидности усилителей, их сходство и различие;
- основные достоинства и недостатки различных режимов работы усилительных элементов, видов смещения, усилительных каскадов напряжения, мощности;
- назначение, достоинства и недостатки каждого вида обратной связи;

- назначение и принципы построения многокаскадных усилителей;
- назначение, особенности и область применения операционных усилителей;

должен уметь:

- определять основные параметры усилителей;
- различать в схеме различные виды смещения, обратной связи, межкаскадных связей;
- исследовать основные характеристики и параметры усилительных каскадов напряжения, мощности;
- пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение усилителя.
2. Поясните параметры усилителей.
3. Укажите назначение электронного генератора.
4. Объясните, какие различают типы стабилизаторов постоянного напряжения по принципу их действия.
5. Перечислите виды межкаскадных связей.

Тема 2.4. Основы микроэлектроники

Содержание учебного материала

Общие сведения об интегральных микросхемах. Классификация. Уровень интеграции. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы; их особенности, применение, обозначение.

Операционные усилители. Требования, предъявляемые к операционным усилителям. Дифференциальный усилительный каскад. Основные характеристики и параметры. Применение операционных усилителей.

Общие сведения о микропроцессорах. Назначение. Общая характеристика. Мощность микропроцессора.

Внутреннее построение микропроцессора. Структурная схема. Принцип работы основных узлов.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Микроэлектроника — подраздел электроники, связанный с изучением и производством электронных компонентов с геометрическими размерами характерных элементов порядка нескольких микромет-

ров и меньше. Такие устройства обычно производят из полупроводников и полупроводниковых соединений, используя фотолитографию и легирование.

При изучении вопросов темы рассмотреть классификацию и особенности интегральных микросхем, операционных усилителей. Изучить архитектуру микропроцессора, его назначение.

Задание по теме 2.4.

Задание. Выполнить реферат или подготовить презентацию.

Темы для выполнения рефератов или подготовки презентаций:

История развития микроэлектроники.

Изучение способов изготовления интегральных микросхем.

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 2.4 обучающийся *должен знать*:

– классификацию интегральных микросхем, область их применения;

– особенности и область применения аналоговых интегральных микросхем;

– назначение и структурную схему микропроцессора;

должен уметь:

– различать активные и пассивные элементы интегральных микросхем;

– различать интегральные микросхемы по их маркировке;

– пользоваться учебной и справочной литературой;

– собирать, систематизировать, перерабатывать информацию по изучаемой теме и оформлять ее с помощью мультимедийной компьютерной программы Power Point.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите свойства идеального операционного усилителя.
2. Приведите классификацию интегральных микросхем.
3. Объясните, из каких основных устройств состоит микропроцессор.
4. Укажите отличие аналоговых интегральных микросхем от цифровых.

Тема 2.5. Импульсная техника

Содержание учебного материала

Электрические импульсы, их параметры и схемы преобразования. Назначение и принцип действия формирующих цепей.

Генераторы электрических импульсов. Генератор пилообразного напряжения. Схема и принцип действия. Мультивибраторы. Схемы и принцип действия.

Импульсные усилители. Назначение, виды, схемы, принцип действия. Триггеры. Назначение, виды, схемы, принцип действия.

Лабораторные работы

Исследование цепей преобразования импульсов.

Исследование работы мультивибратора.

Исследование работы триггера.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Импульсные величины — напряжение и ток — возникают в течение короткого времени и равны нулю в паузах. Для импульсов характерны резкие изменения значений. Импульсные величины могут быть прямоугольной, треугольной, экспоненциальной и других форм. Они различаются длительностью импульса и паузы, наибольшим значением, крутизной фронта и пр. Поскольку в электронных цепях всегда есть емкостные или индуктивные элементы. То короткие импульсы с быстрым нарастанием и спадом получить трудно.

Для получения выше названных импульсов используют элементы импульсной техники: формирующие цепи, генераторы пилообразного напряжения, мультивибраторы и т.д.

При рассмотрении вопросов темы изучить принцип работы элементов импульсной техники, их назначение в системах электроснабжения.

Задания по теме 2.5.

Задание 1. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Задание 2. Выполнить реферат или подготовить презентацию.

Тема для выполнения рефератов или подготовки презентаций:

«Использование элементов импульсной техники в системах электроснабжения».

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 2.5 обучающийся *должен знать*:

- назначение цепей преобразования импульсов;
- назначение и принцип действия генератора пилообразного напряжения;
- назначение и принцип действия мультивибраторов, триггеров, импульсных усилителей;

должен уметь:

- различать цепи преобразования импульсов;
- различать схемы мультивибраторов, триггеров, рассчитывать длительность импульсов, период повторения и частоту, анализировать с помощью осциллографа работу схем;
- различать схемы импульсных усилителей;
- пользоваться учебной и справочной литературой;
- собирать, систематизировать, перерабатывать информацию по изучаемой теме и оформлять ее с помощью мультимедийной компьютерной программы Power Point.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите назначение интегрирующей и дифференцирующей цепей.
2. Дайте определение электрического импульса.
3. Поясните назначение элементов, входящих в схему мультивибратора.
4. Укажите назначение триггера.

Тема 2.6. Логические элементы

Содержание учебного материала

Общие сведения о логических элементах и операциях. Назначение, классификация логических элементов. Логический базис.

Основные и комбинированные логические элементы. Условные обозначения, таблицы соответствия, схемы.

Логические операции на полупроводниковых элементах. Логические элементы в дискретном и интегральном исполнении. Схемы, принцип действия.

Лабораторная работа

Исследование логических элементов.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Логические элементы — это устройства, предназначенные для обработки информации в цифровой форме (последовательности сигналов высокого — «1» и низкого — «0» уровней в двоичной логике, последовательность «0», «1» и «2» в троичной логике, последовательности «0», «1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», «8» и «9» в десятичной логике). Физически логические элементы могут быть выполнены механическими, электромеханическими (на электромагнитных реле), электронными (на диодах и транзисторах), пневматическими, гидравлическими, оптическими и др.

Работа логических элементов основана на использовании логических операций. Изучая вопросы темы, рассмотреть логический базис и классификацию логических элементов.

Задание по теме 2.6.

Задание. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 2.6 обучающийся *должен знать*:

– назначение, классификацию и обозначение логических элементов;

– обозначение и назначение логических элементов;

– принцип построения логических устройств;

– особенности логических элементов в интегральном исполнении;

должен уметь:

– различать логические элементы;

– различать схемы логических элементов, составлять таблицы соответствия;

– пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение логическим элементам.
2. Поясните суть логических операций И, ИЛИ, НЕ.
3. Поясните классификацию логических элементов.

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Тема 3.1. Электрические машины постоянного тока

Содержание учебного материала

Назначение, классификация, принцип действия. Устройство, назначение узлов и деталей электрической машины.

Реакция якоря. Коммутация электрической машины.

Схемы возбуждения и характеристики генераторов и двигателей.

Пуск в ход, регулирование частоты вращения якоря электродвигателя.

Лабораторная работа

Испытание двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Машины постоянного тока применяют в качестве электродвигателей и генераторов. Электродвигатели постоянного тока имеют хорошие регулировочные свойства, значительную перегрузочную спо-

способность и позволяют получать как жесткие, так и мягкие механические характеристики. Поэтому их широко используют для привода различных механизмов в черной металлургии (прокатные станы, кантователи, роликовые транспортеры), на транспорте (электровозы, тепловозы, электропоезда, электромобили), в грузоподъемных и землеройных устройствах (краны, шахтные подъемники, экскаваторы), на морских и речных судах, в металлообрабатывающей, бумажной, текстильной, полиграфической промышленности и др. Двигатели небольшой мощности применяют во многих системах автоматики.

Свойства двигателей постоянного тока существенно зависят от того, как изменяется их магнитный поток с изменением нагрузки на валу. Эта зависимость определяется схемой включения их обмоток возбуждения. Различают двигатели параллельного (шунтовые), последовательного (серийные), смешанного (компаундные) возбуждений.

При изучении вопросов темы обратить внимание на особенности конструкции машин постоянного тока, схем их включения и регулирования частоты вращения.

Задание по теме 3.1.

Задание. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Источники информации

Основные источники [2], [3], [4], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 3.1 обучающийся *должен знать*:

– устройство и принцип действия генератора и двигателя постоянного тока;

– основные характеристики генераторов и двигателей;

должен уметь:

– подключать электрический двигатель в цепь;

– пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните назначение коллектора в электрической машине постоянного тока.
2. Объясните, что представляет собой реакция якоря.
3. Перечислите возможные схемы возбуждения электрических генераторов.
4. Объясните, как называются подвижная и неподвижная части электрических машин постоянного тока.

Тема 3.2. Электрические машины переменного тока

Содержание учебного материала

Устройство, назначение узлов синхронного генератора. Реакция якоря синхронного генератора, способы возбуждения.

Устройство, назначение узлов асинхронного двигателя. Характеристики асинхронных двигателей. Пуск в ход, регулирование частоты вращения трехфазных асинхронных электродвигателей.

Лабораторная работа

Испытание трехфазного асинхронного двигателя.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Машины переменного тока делятся на асинхронные и синхронные. Такое деление связано с характером вращения магнитного потока и ротора в двигателях переменного тока. Так, в асинхронном двигателе частота вращения ротора несколько меньше частоты вращения магнитного поля, создаваемого обмоткой статора. Увеличение нагрузки двигателя вызывает уменьшение частоты вращения ротора. В синхронном же двигателе частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля статора и не зависит от нагрузки двигателя. Подобное различие можно усмотреть и в работе асинхронного и синхронного генераторов.

Асинхронные двигатели бывают трехфазные, двухфазные и однофазные и состоят из двух основных частей: статора и ротора.

Статор — неподвижная часть двигателя. С внутренней его стороны сделаны пазы, в которые укладываются фазные обмотки.

Ротор — вращающаяся часть двигателя. Он может быть короткозамкнутым и фазным. В двигателях с короткозамкнутым ротором обмотка выполнена в виде медных или литых алюминиевых стержней, замкнутых по торцам между собой.

У трехфазного асинхронного двигателя три обмотки. Они выполнены одинаково и размещаются под углом 120° . По обмоткам протекает трехфазный ток, который создает магнитное поле, вращающееся с частотой n_1 :

$$n_1 = 60f / p,$$

где n_1 — частота вращения магнитного поля, мин^{-1} ;

f — частота переменного тока, Гц;

p — число пар полюсов.

Асинхронные машины используют главным образом как двигатели, а синхронные — как двигатели и генераторы. Практически все генераторы переменного тока синхронные.

При изучении синхронных и асинхронных машин уделить внимание их устройству и принципу работы, рассмотреть основные характеристики.

Задание по теме 3.2.

Задание. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Источники информации

Основные источники [1], [2], [3], [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 3.2 обучающийся *должен знать*:

— устройство и принцип действия синхронного генератора и асинхронного двигателя;

— способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей;

должен уметь:

— подключать асинхронный двигатель в цепь;

— пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните, почему генератор переменного тока называется синхронным.
2. Приведите классификацию асинхронных двигателей.
3. Перечислите способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.
4. Поясните принципиальное отличие подвижной части асинхронного двигателя от подвижной части двигателя постоянного тока.

Тема 3.3. Трансформаторы

Содержание учебного материала

Назначение, конструкция, принцип действия трансформатора.
Схемы и группы соединения обмоток трансформатора.
Режимы работы трансформатора. Потери в трансформаторе и коэффициент полезного действия.

Лабораторная работа

Исследование однофазного трансформатора.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.

Трансформаторы позволяют значительно повысить напряжение, вырабатываемое источниками переменного тока, установленными на электрических станциях, и осуществить передачу электроэнергии на дальние расстояния при высоких напряжениях (110, 220, 500, 750 и 1150 кВ). Благодаря этому сильно уменьшаются потери энергии в проводах и обеспечивается возможность значительного уменьшения площади сечения проводов линий электропередачи.

В местах потребления электроэнергии высокое напряжение, подаваемое от высоковольтных линий электропередачи, снова понижается трансформаторами до сравнительно небольших значений (127, 220, 380 и 660 В), при которых работают электрические потребители, установленные на фабриках, заводах, в депо и жилых домах. На ЭПС переменного тока трансформаторы применяют для

уменьшения напряжения, подаваемого из контактной сети к тяговым двигателям и вспомогательным цепям.

Рассматривая вопросы темы, уделить внимание особенностям конструкции трансформаторов, их классификации и характеристикам.

Задание по теме 3.3.

Задание. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Источники информации

Основные источники [1], [2], [3], [5], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 3.3 обучающийся *должен знать*:

- особенности конструкции и принцип работы трансформатора;
- классификацию трансформаторов;
- режимы работы трансформатора;

должен уметь:

- подключать трансформатор в цепь;
- пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение трансформатора.
2. Объясните, для каких целей используют режим холостого хода трансформатора.
3. Объясните, почему трансформатор не работает в цепи постоянного тока.
4. Перечислите виды трансформаторов.

РАЗДЕЛ 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 4.1. Методы измерений

Содержание учебного материала

Классификация методов измерений. Погрешности. Единицы, эталоны, меры электрических величин.

Лабораторная работа

Поверка технического амперметра и вольтметра.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Поверка измерительных приборов или поверка средств измерения (СИ) относится к одному из методов государственного регулирования для создания системы единства измерений в РФ. Сущность поверки СИ — привязывание типовых измерительных устройств к существующему государственному эталону (или его копии), определенной для конкретного прибора физической величины.

Метод измерения характеризует совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Погрешность — это отклонение результата измерения от действительного значения.

При изучении вопросов темы рассмотреть классификацию методов измерений, погрешностей измерений и приборов, познакомиться с эталонами и мерами электрических величин.

Задание по теме 4.1.

Задание. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Источники информации

Основные источники [3], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 4.1 обучающийся *должен знать*:

— классификацию методов измерения, погрешности измерений и приборов;

должен уметь:

— определять погрешности измерений;

— пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение прямому методу измерений.
2. Приведите пример косвенного метода измерения.
3. Объясните, что представляет собой класс точности прибора.
4. Объясните, как определить относительную погрешность.

Тема 4.2. Приборы непосредственной оценки

Содержание учебного материала

Аналоговые электроизмерительные приборы. Цифровые электроизмерительные приборы.

Лабораторная работа

Изучение конструкции и принципа работы электроизмерительных приборов непосредственной оценки.

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Электроизмерительные приборы классифицируются по различным признакам.

В зависимости от основной приведенной погрешности, электроизмерительные приборы разбиты на классы точности. Класс точности указывается на шкале прибора и обозначает наибольшую приведенную погрешность в процентах.

Основной характеристикой прибора является система измерительного механизма — способ преобразования измеряемой электромагнитной величины в силу, перемещающую подвижную часть электроизмерительного прибора. Различают магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, ферродинамическую, электростатическую, термоэлектрическую и др. системы.

Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы основан на использовании взаимодействия поля постоянного магнита и катушки (рамки), по которой протекает ток. Катушка установлена на опорах и может поворачиваться в зазоре магнитной цепи (рис. 17).

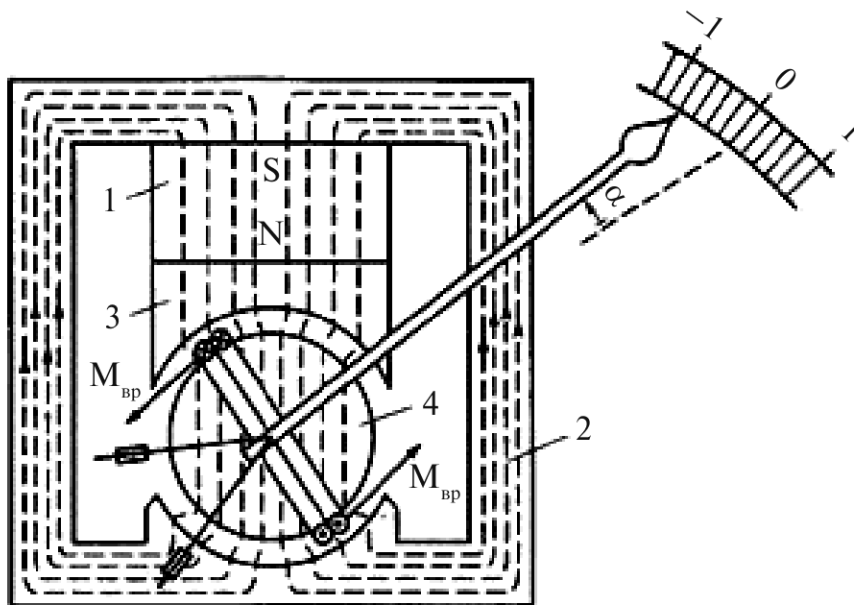


Рис. 17. Магнитоэлектрическая измерительная система:
 1 — постоянный магнит, 2 — магнитопровод, 3 — полюсный наконечник, 4 — цилиндрический сердечник с катушкой.

В основе работы приборов электромагнитной системы лежит принцип механического взаимодействия магнитного поля и ферромагнитного материала.

Принцип действия приборов этой системы основан на взаимодействии магнитного поля неподвижной катушки, по которой протекает измеряемый ток I , и подвижного ферромагнитного якоря. С изменением направления тока меняются направление магнитного поля и полярность намагничивающегося сердечника. Поэтому приборы электромагнитной системы применяются для измерений как постоянных, так и переменных токов (рис. 18).

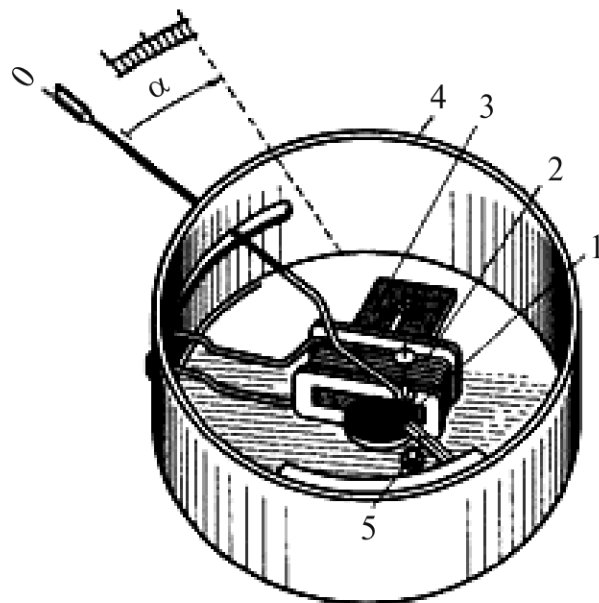


Рис. 18. Электромагнитная измерительная система:
 1 — якорь, 2 — катушка с током, 3 — неподвижный ферромагнитный сердечник, 4 — ферромагнитный экран, 5 — противодействующая спиральная пружина.

Приборы электродинамической системы основаны на принципе механического взаимодействия проводников, по которым проходит ток (рис. 19).

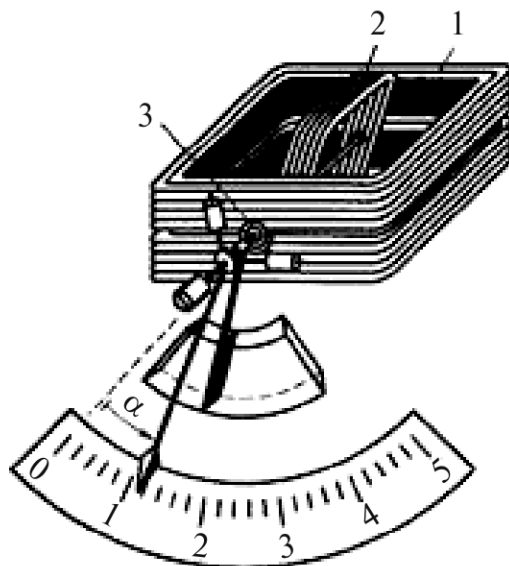


Рис. 19. Электродинамическая измерительная система:
 1 — неподвижная катушка, 2 — подвижная катушка,
 3 — противодействующая спиральная пружина.

Принцип действия индукционных приборов основан на взаимодействии двух или нескольких переменных магнитных потоков с токами, индуцированными в подвижном проводнике (например, диске). Типичным представителем этой системы является классический индукционный счетчик — измеритель активной энергии (рис. 20).

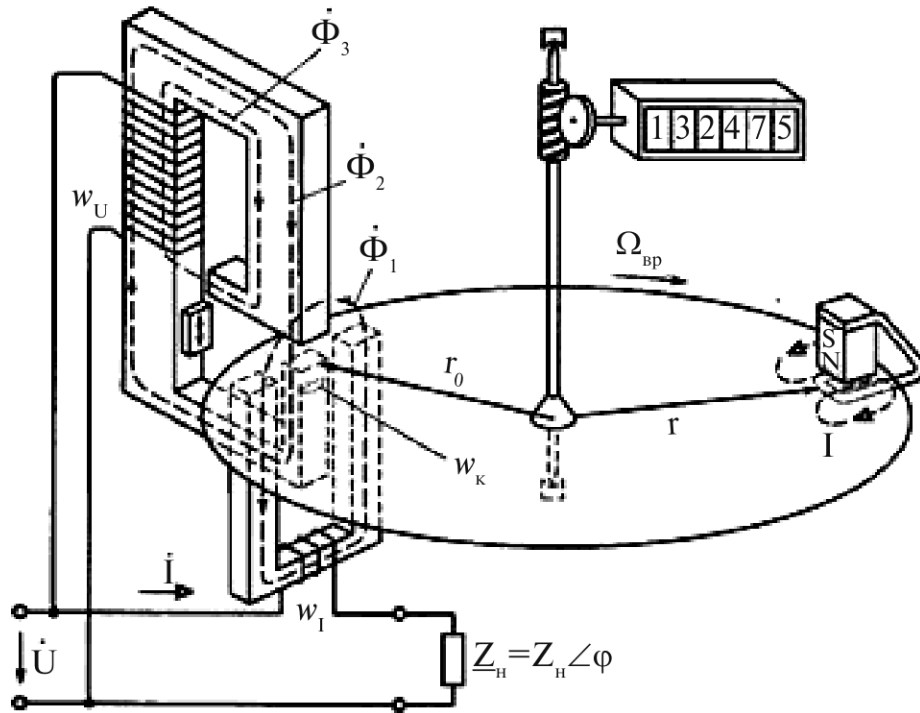


Рис. 20. Индукционная измерительная система

При изучении вопросов темы рассмотреть устройство и принцип действия самых распространенных систем приборов. Обратит внимание на условные обозначения, указанные на шкале приборов. Например, табл. 9, 10, 11:

Таблица 9

Обозначения принципа действия прибора

№	Принцип действия прибора	Обозначение на шкале
1	2	3
1	Магнитоэлектрический с подвижной рамкой	

Окончание табл. 9

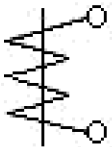
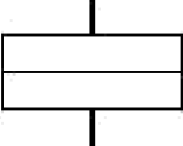
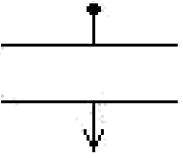
2	Электромагнитный	
3	Электродинамический	
4	Электростатический	

Таблица 10

Обозначения рода тока





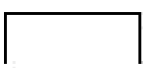
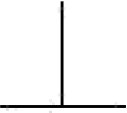

№	Род тока	Обозначение на шкале
1	Постоянный	
2	Переменный однофазный	
3	Постоянный и переменный	
4	Трёхфазный	

Таблица 11

Обозначения положения прибора

№	Положение прибора	Обозначение на шкале
1	Горизонтальное положение шкалы	
2	Вертикальное положение шкалы	
3	Наклонное положение шкалы под углом к горизонту	

Задание по теме 4.2.

Задание. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы; оформить лабораторную работу (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Источники информации

Основные источники [3], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 4.2 обучающийся *должен знать*:

– конструкцию электроизмерительных приборов, принцип действия и характеристики;

должен уметь:

– определять особенности приборов по условным обозначениям на шкале приборов;

– пользоваться учебной и справочной литературой.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните, как на шкале обозначается напряжение испытания изоляции.

2. Поясните, на каком принципе основана работа приборов электромагнитной системы.

3. Назовите основные элементы устройства приборов магнито-электрической системы.

4. Объясните, в каких приборах может работать электродинамический измерительный механизм.

Тема 4.3. Измерение электрических параметров

Содержание учебного материала

Измерение электрических сопротивлений.

Измерение мощности электрического тока.

Измерение электрической энергии.

Измерение угла сдвига фаз и частоты переменного тока.

Измерение электрических параметров воздушных линий электропередачи.

Расширение пределов измерений. Шунты. Добавочные резисторы.

Лабораторные работы

Измерение сопротивления изоляции электрической цепи мегаомметром.

Поверка и настройка электрических счетчиков.

Измерение активной и реактивной электрической энергии однофазными счетчиками.

Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазными счетчиками.

Контрольная работа № 5 по теме «Измерение электрических параметров»

Методика выполнения задания

В помощь обучающимся:

Необходимым условием обеспечения эксплуатационной надежности средств измерения (СИ) и электробезопасности их обслуживания является качество и надежность изоляции между отдельными электрическими цепями и между ними и корпусом.

Количественно качество изоляции принято оценивать значением ее электрической прочности $E_{\text{ПР}}$, под которой понимают минимальную напряженность электрического поля, приводящую к пробое:

$$E_{\text{ПР}} = \frac{U_{\text{ПР}}}{t},$$

где $U_{\text{ПР}}$ — пробивное напряжение, В;

t — толщина диэлектрика в месте пробоя, м.

Значение электрической прочности твердых изоляционных материалов зависит от их структуры, толщины, окружающей температуры и в процессе эксплуатации СИ вследствие ряда причин (изменение структуры, растрескивание, загрязнение) постепенно снижается.

Цифровые мегаомметры (рис. 21) предназначены для измерения сопротивления изоляции электрических цепей, не находящихся под напряжением.

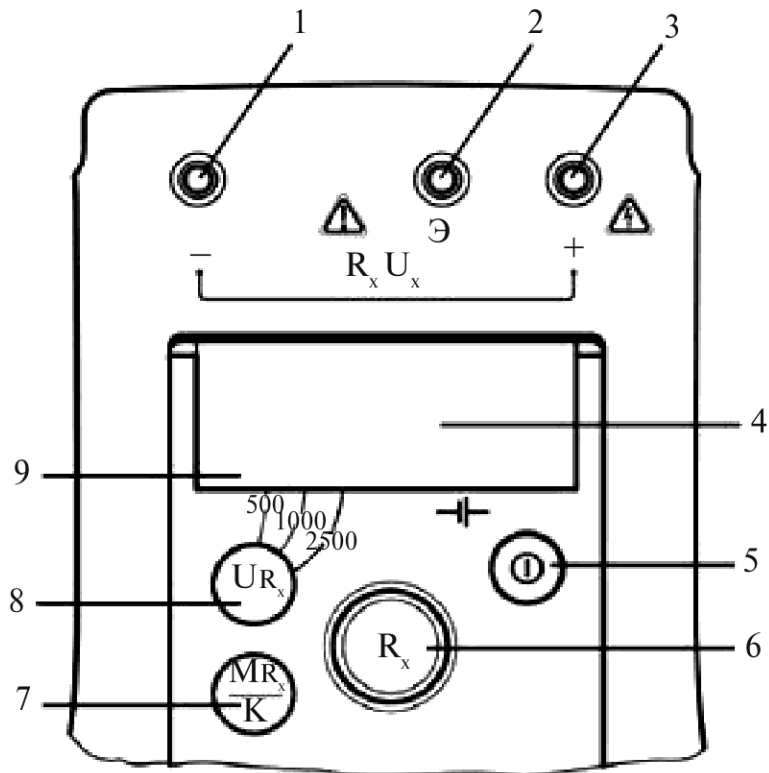


Рис. 21. Передняя панель мегаомметра Е6-24

Мегаомметры позволяют измерять напряжение переменного тока в случае его наличия на объекте измерения. После самотестирования мегаомметр автоматически перейдет в режим «Измерение напряжений».

Учет электроэнергии осуществляется при помощи счетчиков ватт-часов, которые являются интегрирующими приборами, измеряющими электрическую энергию в ватт-часах или кратных им единицах.

Счетчики, указывающие активную электроэнергию, называются счетчиками активной энергии. В настоящее время для измерения активной электроэнергии применяются индукционные или статические (электронные) счетчики.

Индукционным называется счетчик, в котором магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала, обычно это диск, по которому текут токи, индуцированные магнитным полем катушек.

Статическим называется счетчик, в котором ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии.

Технические требования к индукционным счетчикам регламентированы ГОСТ 6570–75, а к статическим счетчикам — ГОСТ 30206–94 (классы точности 0,2S и 0,5S) и ГОСТ 30207–94 (классы точности 1 и 2).

При изучении вопросов темы рассмотреть методы измерения мощности в цепи постоянного и переменного тока, сопротивления, электрической энергии, частоты. Изучить формулы для расчета сопротивлений шунта и добавочного резистора для расширения пределов измерения по току и напряжению.

Задания по теме 4.3.

Задание 1. Ознакомиться с содержанием лабораторных работ; оформить лабораторные работы (тема, цель, оборудование, подготовить схемы и таблицы).

Задание 2. Подготовиться к контрольной работе, повторив теоретический материал по теме: «Измерение электрических параметров».

Необходимо обратить внимание на схемы включения электроизмерительных приборов для определения величин и их обозначение.

Источники информации

Основные источники [3], Интернет-ресурсы [6], [7], [8].

Ожидаемый результат

В результате освоения темы 4.3 обучающийся *должен знать*:

- способы измерения сопротивлений проводников;
- принцип действия счетчика и ваттметра, схемы их включения для выполнения измерений в электрической цепи;

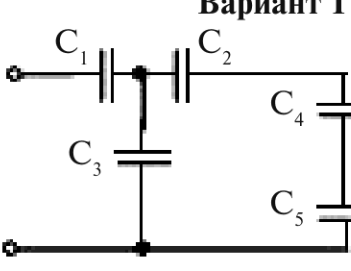
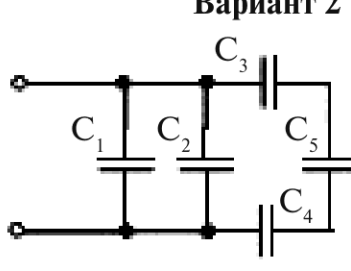
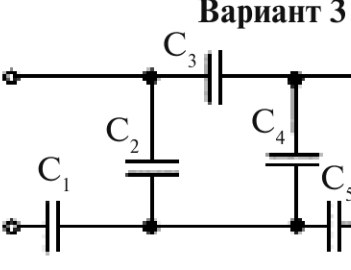
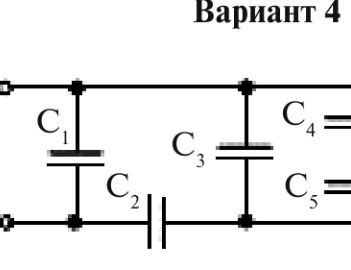
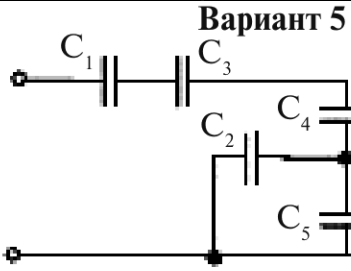
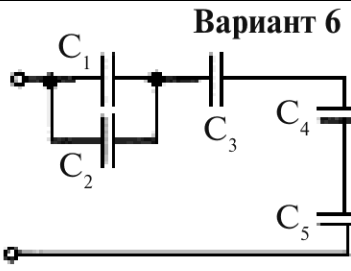
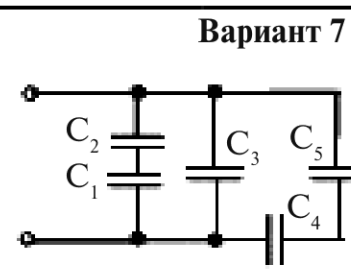
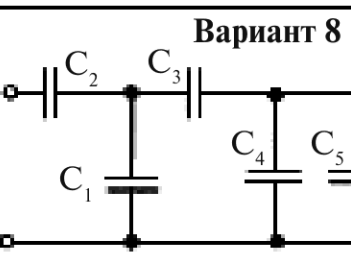
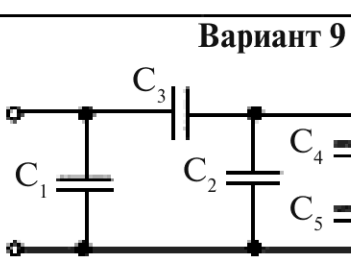
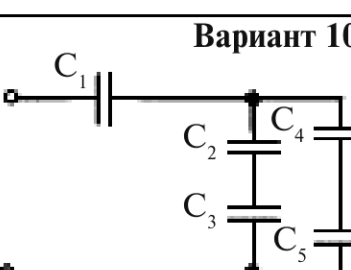
должен уметь:

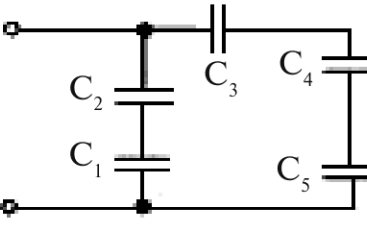
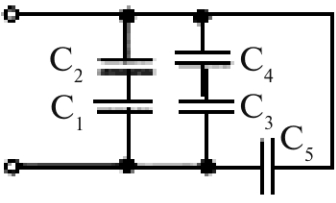
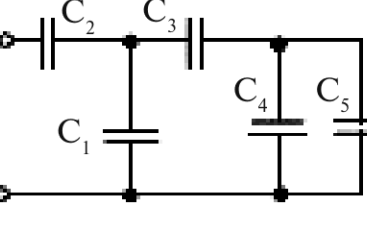
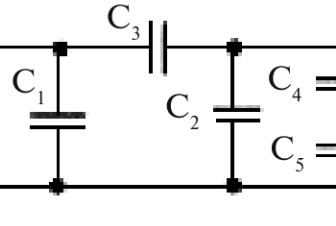
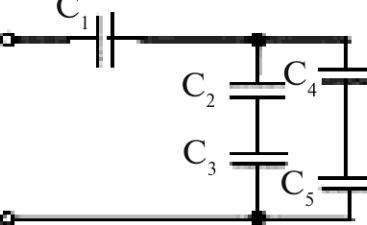
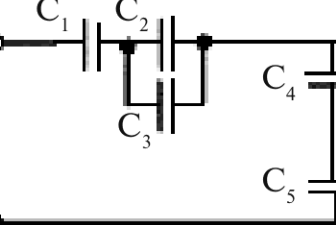
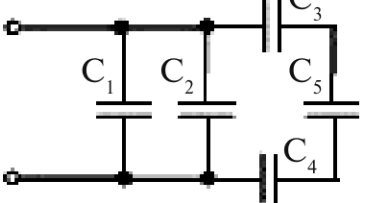
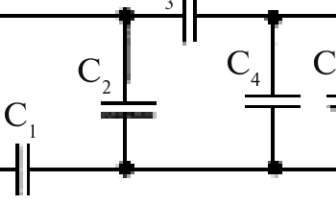
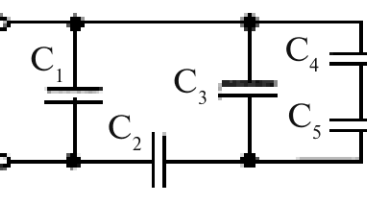
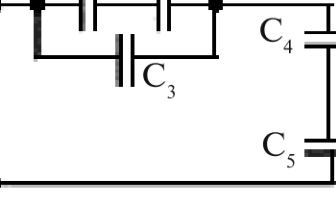
- производить измерения в электрических цепях с помощью приборов непосредственной оценки;
- производить измерения сопротивлений проводников;
- подключать счетчики и ваттметры для выполнения измерений;
- пользоваться учебной и справочной литературой.

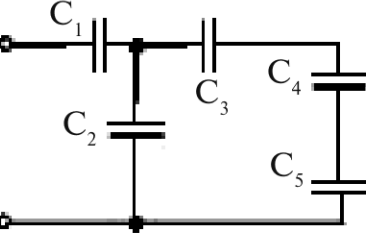
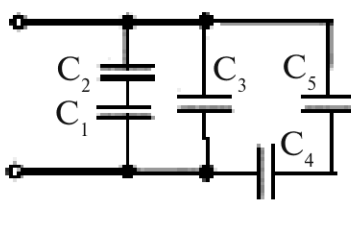
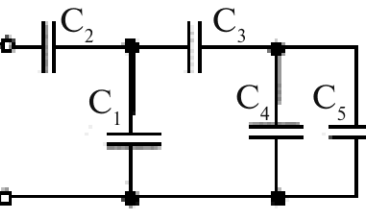
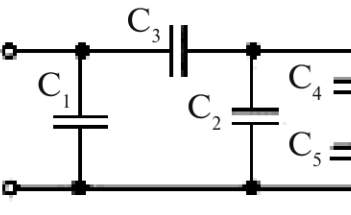
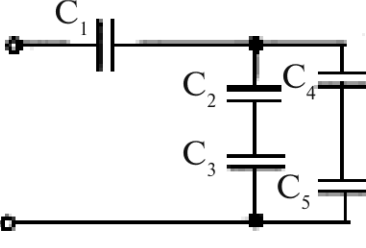
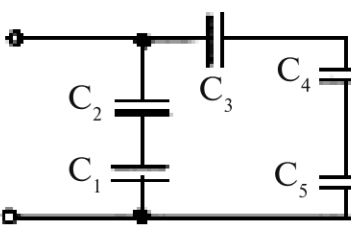
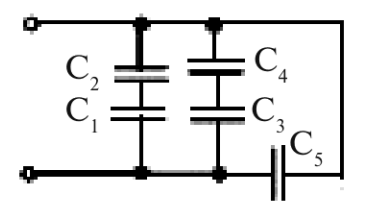
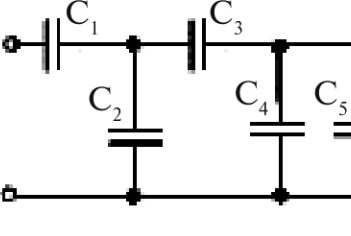
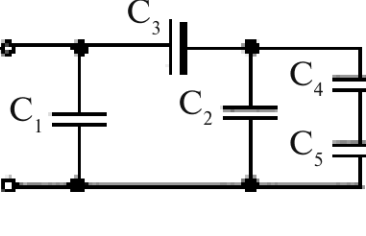
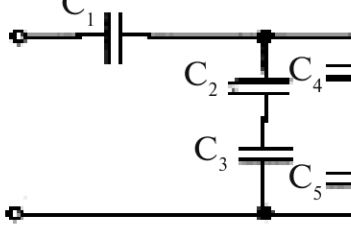
Вопросы для самоконтроля

1. Приведите схемы измерения средних сопротивлений косвенным методом.
2. Укажите назначение поверки приборов.
3. Объясните, для каких целей используют шунты.
4. Объясните, как подключается добавочный резистор к измерительному механизму.

Варианты заданий по теме 1.1

<p>Вариант 1</p>  <p>$U = 100 \text{ В}$ $C_1 = 12 \text{ мкФ}$ $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ $C_3 = 5 \text{ мкФ}$ $C_4 = 20 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$</p>	<p>Вариант 2</p>  <p>$U = 150 \text{ В}$ $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ $C_2 = 5 \text{ мкФ}$ $C_3 = 30 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 30 \text{ мкФ}$</p>
<p>Вариант 3</p>  <p>$U = 200 \text{ В}$ $C_1 = 35 \text{ мкФ}$ $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ $C_3 = 5 \text{ мкФ}$ $C_4 = 8 \text{ мкФ}$ $C_5 = 2 \text{ мкФ}$</p>	<p>Вариант 4</p>  <p>$U = 20 \text{ В}$ $C_1 = 12 \text{ мкФ}$ $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ $C_3 = 5 \text{ мкФ}$ $C_4 = 20 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$</p>
<p>Вариант 5</p>  <p>$U = 200 \text{ В}$ $C_1 = 12 \text{ мкФ}$ $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ $C_3 = 5 \text{ мкФ}$ $C_4 = 20 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$</p>	<p>Вариант 6</p>  <p>$U = 150 \text{ В}$ $C_1 = 40 \text{ мкФ}$ $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ $C_3 = 30 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 30 \text{ мкФ}$</p>
<p>Вариант 7</p>  <p>$U = 50 \text{ В}$ $C_1 = 25 \text{ мкФ}$ $C_2 = 25 \text{ мкФ}$ $C_3 = 12,5 \text{ мкФ}$ $C_4 = 10 \text{ мкФ}$ $C_5 = 30 \text{ мкФ}$</p>	<p>Вариант 8</p>  <p>$U = 230 \text{ В}$ $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ $C_2 = 20 \text{ мкФ}$ $C_3 = 40 \text{ мкФ}$ $C_4 = 12 \text{ мкФ}$ $C_5 = 8 \text{ мкФ}$</p>
<p>Вариант 9</p>  <p>$U = 220 \text{ В}$ $C_1 = 7 \text{ мкФ}$ $C_2 = 25 \text{ мкФ}$ $C_3 = 10 \text{ мкФ}$ $C_4 = 90 \text{ мкФ}$ $C_5 = 70 \text{ мкФ}$</p>	<p>Вариант 10</p>  <p>$U = 70 \text{ В}$ $C_1 = 19 \text{ мкФ}$ $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ $C_3 = 26 \text{ мкФ}$ $C_4 = 10 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$</p>

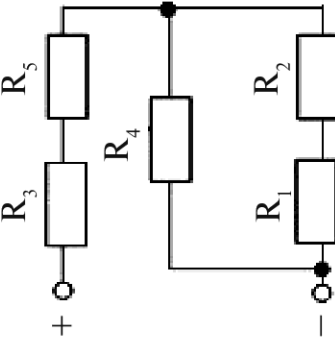
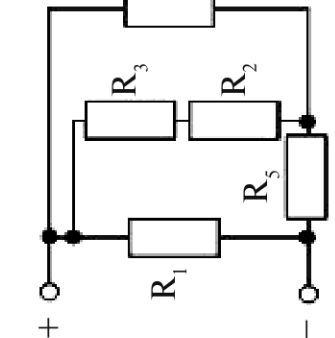
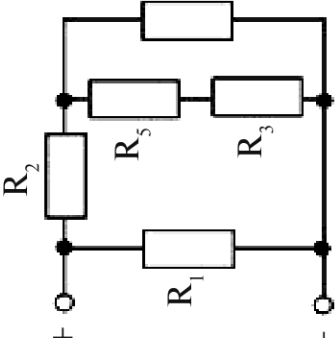
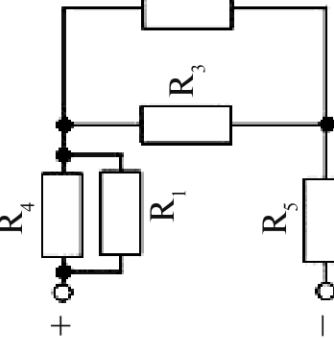
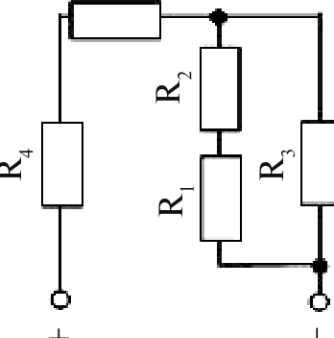
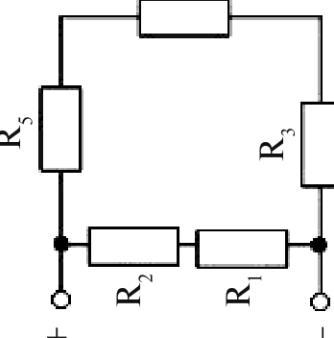
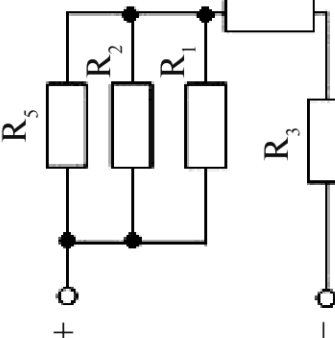
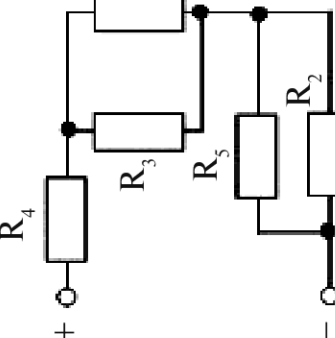
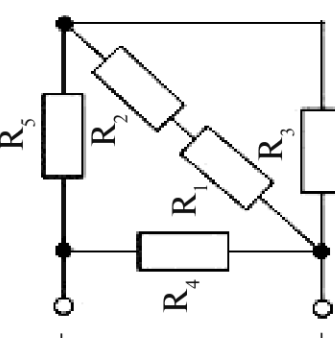
<p>Вариант 11</p>  <p> $U = 90 \text{ В}$ $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ $C_2 = 15 \text{ мкФ}$ $C_3 = 10 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 40 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 12</p>  <p> $U = 75 \text{ В}$ $C_1 = 14 \text{ мкФ}$ $C_2 = 6 \text{ мкФ}$ $C_3 = 15 \text{ мкФ}$ $C_4 = 10 \text{ мкФ}$ $C_5 = 4 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 13</p>  <p> $U = 130 \text{ В}$ $C_1 = 6 \text{ мкФ}$ $C_2 = 50 \text{ мкФ}$ $C_3 = 30 \text{ мкФ}$ $C_4 = 20 \text{ мкФ}$ $C_5 = 5 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 14</p>  <p> $U = 50 \text{ В}$ $C_1 = 12 \text{ мкФ}$ $C_2 = 7 \text{ мкФ}$ $C_3 = 16 \text{ мкФ}$ $C_4 = 23 \text{ мкФ}$ $C_5 = 30 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 15</p>  <p> $U = 110 \text{ В}$ $C_1 = 30 \text{ мкФ}$ $C_2 = 50 \text{ мкФ}$ $C_3 = 80 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 16</p>  <p> $U = 250 \text{ В}$ $C_1 = 40 \text{ мкФ}$ $C_2 = 20 \text{ мкФ}$ $C_3 = 16 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 17</p>  <p> $U = 130 \text{ В}$ $C_1 = 9 \text{ мкФ}$ $C_2 = 3 \text{ мкФ}$ $C_3 = 18 \text{ мкФ}$ $C_4 = 6 \text{ мкФ}$ $C_5 = 6 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 18</p>  <p> $U = 210 \text{ В}$ $C_1 = 20 \text{ мкФ}$ $C_2 = 5 \text{ мкФ}$ $C_3 = 14 \text{ мкФ}$ $C_4 = 7 \text{ мкФ}$ $C_5 = 24 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 19</p>  <p> $U = 140 \text{ В}$ $C_1 = 4 \text{ мкФ}$ $C_2 = 25 \text{ мкФ}$ $C_3 = 10 \text{ мкФ}$ $C_4 = 20 \text{ мкФ}$ $C_5 = 60 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 20</p>  <p> $U = 80 \text{ В}$ $C_1 = 15 \text{ мкФ}$ $C_2 = 15 \text{ мкФ}$ $C_3 = 10 \text{ мкФ}$ $C_4 = 18 \text{ мкФ}$ $C_5 = 24 \text{ мкФ}$ </p>

<p>Вариант 21</p>  <p> $U = 90 \text{ В}$ $C_1 = 15 \text{ мкФ}$ $C_2 = 20 \text{ мкФ}$ $C_3 = 30 \text{ мкФ}$ $C_4 = 60 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 22</p>  <p> $U = 300 \text{ В}$ $C_1 = 40 \text{ мкФ}$ $C_2 = 15 \text{ мкФ}$ $C_3 = 26 \text{ мкФ}$ $C_4 = 40 \text{ мкФ}$ $C_5 = 50 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 23</p>  <p> $U = 30 \text{ В}$ $C_1 = 4 \text{ мкФ}$ $C_2 = 8 \text{ мкФ}$ $C_3 = 3 \text{ мкФ}$ $C_4 = 7 \text{ мкФ}$ $C_5 = 9 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 24</p>  <p> $U = 220 \text{ В}$ $C_1 = 7 \text{ мкФ}$ $C_2 = 25 \text{ мкФ}$ $C_3 = 10 \text{ мкФ}$ $C_4 = 50 \text{ мкФ}$ $C_5 = 70 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 25</p>  <p> $U = 95 \text{ В}$ $C_1 = 20 \text{ мкФ}$ $C_2 = 15 \text{ мкФ}$ $C_3 = 11 \text{ мкФ}$ $C_4 = 7 \text{ мкФ}$ $C_5 = 20 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 26</p>  <p> $U = 110 \text{ В}$ $C_1 = 22 \text{ мкФ}$ $C_2 = 22 \text{ мкФ}$ $C_3 = 60 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 40 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 27</p>  <p> $U = 400 \text{ В}$ $C_1 = 50 \text{ мкФ}$ $C_2 = 60 \text{ мкФ}$ $C_3 = 80 \text{ мкФ}$ $C_4 = 40 \text{ мкФ}$ $C_5 = 17 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 28</p>  <p> $U = 50 \text{ В}$ $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ $C_2 = 40 \text{ мкФ}$ $C_3 = 30 \text{ мкФ}$ $C_4 = 5 \text{ мкФ}$ $C_5 = 10 \text{ мкФ}$ </p>
<p>Вариант 29</p>  <p> $U = 120 \text{ В}$ $C_1 = 6 \text{ мкФ}$ $C_2 = 20 \text{ мкФ}$ $C_3 = 30 \text{ мкФ}$ $C_4 = 40 \text{ мкФ}$ $C_5 = 10 \text{ мкФ}$ </p>	<p>Вариант 30</p>  <p> $U = 80 \text{ В}$ $C_1 = 30 \text{ мкФ}$ $C_2 = 50 \text{ мкФ}$ $C_3 = 65 \text{ мкФ}$ $C_4 = 30 \text{ мкФ}$ $C_5 = 65 \text{ мкФ}$ </p>

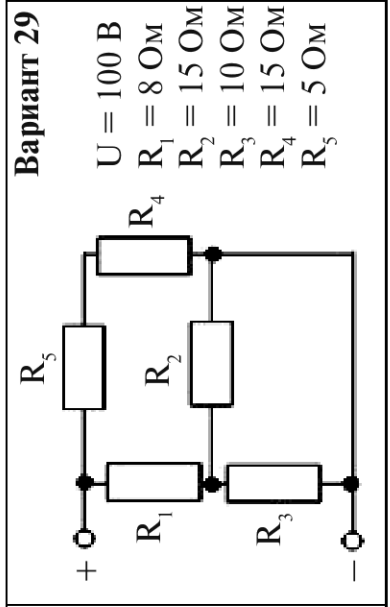
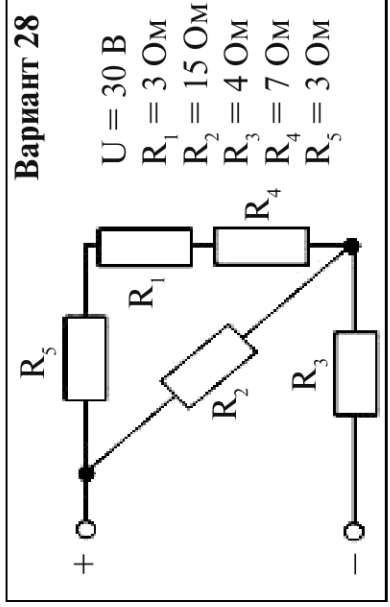

Варианты заданий по теме 1.2

<p>Вариант 1</p> <p>$U = 100 \text{ B}$ $R_1 = 20 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $R_4 = 7 \text{ Ом}$ $R_5 = 3 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 2</p> <p>$U = 60 \text{ B}$ $R_1 = 5 \text{ Ом}$ $R_2 = 3 \text{ Ом}$ $R_3 = 8 \text{ Ом}$ $R_4 = 17 \text{ Ом}$ $R_5 = 4 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 3</p> <p>$U = 75 \text{ B}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ $R_2 = 5 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ $R_4 = 3 \text{ Ом}$ $R_5 = 8 \text{ Ом}$</p>
<p>Вариант 4</p> <p>$U = 250 \text{ B}$ $R_1 = 15 \text{ Ом}$ $R_2 = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 20 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$ $R_5 = 8 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 5</p> <p>$U = 140 \text{ B}$ $R_1 = 16 \text{ Ом}$ $R_2 = 18 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ $R_4 = 7 \text{ Ом}$ $R_5 = 11 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 6</p> <p>$U = 95 \text{ B}$ $R_1 = 5 \text{ Ом}$ $R_2 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 33 \text{ Ом}$ $R_4 = 4 \text{ Ом}$ $R_5 = 14 \text{ Ом}$</p>
<p>Вариант 7</p> <p>$U = 70 \text{ B}$ $R_1 = 30 \text{ Ом}$ $R_2 = 45 \text{ Ом}$ $R_3 = 8 \text{ Ом}$ $R_4 = 6 \text{ Ом}$ $R_5 = 10 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 8</p> <p>$U = 150 \text{ B}$ $R_1 = 25 \text{ Ом}$ $R_2 = 40 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $R_4 = 25 \text{ Ом}$ $R_5 = 5 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 9</p> <p>$U = 50 \text{ B}$ $R_1 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ $R_4 = 22 \text{ Ом}$ $R_5 = 14 \text{ Ом}$</p>

<p>Вариант 10</p> <p>$U = 60 \text{ В}$ $R_1 = 5 \text{ Ом}$ $R_2 = 3 \text{ Ом}$ $R_3 = 8 \text{ Ом}$ $R_4 = 17 \text{ Ом}$ $R_5 = 4 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 11</p> <p>$U = 100 \text{ В}$ $R_1 = 20 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $R_4 = 7 \text{ Ом}$ $R_5 = 3 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 12</p> <p>$U = 37 \text{ В}$ $R_1 = 14 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ $R_4 = 5 \text{ Ом}$ $R_5 = 8 \text{ Ом}$</p>
<p>Вариант 13</p> <p>$U = 200 \text{ В}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ $R_2 = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 7 \text{ Ом}$ $R_4 = 16 \text{ Ом}$ $R_5 = 20 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 14</p> <p>$U = 130 \text{ В}$ $R_1 = 18 \text{ Ом}$ $R_2 = 4 \text{ Ом}$ $R_3 = 11 \text{ Ом}$ $R_4 = 10 \text{ Ом}$ $R_5 = 7 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 15</p> <p>$U = 80 \text{ В}$ $R_1 = 30 \text{ Ом}$ $R_2 = 27 \text{ Ом}$ $R_3 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$ $R_5 = 8,5 \text{ Ом}$</p>
<p>Вариант 16</p> <p>$U = 140 \text{ В}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ $R_3 = 30 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$ $R_5 = 20 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 17</p> <p>$U = 220 \text{ В}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 5 \text{ Ом}$ $R_3 = 11 \text{ Ом}$ $R_4 = 7 \text{ Ом}$ $R_5 = 22 \text{ Ом}$</p>	<p>Вариант 18</p> <p>$U = 50 \text{ В}$ $R_1 = 22 \text{ Ом}$ $R_2 = 4 \text{ Ом}$ $R_3 = 5 \text{ Ом}$ $R_4 = 9 \text{ Ом}$ $R_5 = 9 \text{ Ом}$</p>

<p>Вариант 19</p> <p>$U = 110 \text{ В}$ $R_1 = 6 \text{ Ом}$ $R_2 = 10 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $R_4 = 16 \text{ Ом}$ $R_5 = 5 \text{ Ом}$</p> 	<p>Вариант 20</p> <p>$U = 250 \text{ В}$ $R_1 = 24 \text{ Ом}$ $R_2 = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 5 \text{ Ом}$ $R_4 = 26 \text{ Ом}$ $R_5 = 7 \text{ Ом}$</p> 	<p>Вариант 21</p> <p>$U = 70 \text{ В}$ $R_1 = 15 \text{ Ом}$ $R_2 = 5 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$ $R_5 = 5 \text{ Ом}$</p> 
<p>Вариант 22</p> <p>$U = 300 \text{ В}$ $R_1 = 40 \text{ Ом}$ $R_2 = 30 \text{ Ом}$ $R_3 = 20 \text{ Ом}$ $R_4 = 25 \text{ Ом}$ $R_5 = 25 \text{ Ом}$</p> 	<p>Вариант 23</p> <p>$U = 50 \text{ В}$ $R_1 = 7 \text{ Ом}$ $R_2 = 10 \text{ Ом}$ $R_3 = 34 \text{ Ом}$ $R_4 = 2 \text{ Ом}$ $R_5 = 4 \text{ Ом}$</p> 	<p>Вариант 24</p> <p>$U = 20 \text{ В}$ $R_1 = 1 \text{ Ом}$ $R_2 = 2 \text{ Ом}$ $R_3 = 3 \text{ Ом}$ $R_4 = 4 \text{ Ом}$ $R_5 = 5 \text{ Ом}$</p> 
<p>Вариант 25</p> <p>$U = 95 \text{ В}$ $R_1 = 30 \text{ Ом}$ $R_2 = 20 \text{ Ом}$ $R_3 = 4 \text{ Ом}$ $R_4 = 6 \text{ Ом}$ $R_5 = 40 \text{ Ом}$</p> 	<p>Вариант 26</p> <p>$U = 130 \text{ В}$ $R_1 = 17 \text{ Ом}$ $R_2 = 20 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ $R_4 = 7 \text{ Ом}$ $R_5 = 14 \text{ Ом}$</p> 	<p>Вариант 27</p> <p>$U = 80 \text{ В}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 21 \text{ Ом}$ $R_3 = 25 \text{ Ом}$ $R_4 = 16 \text{ Ом}$ $R_5 = 4 \text{ Ом}$</p> 

Окончание

<p>Вариант 28</p> <p> $U = 30 \text{ В}$ $R_1 = 3 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_3 = 4 \text{ Ом}$ $R_4 = 7 \text{ Ом}$ $R_5 = 3 \text{ Ом}$ </p> 	<p>Вариант 29</p> <p> $U = 100 \text{ В}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$ $R_5 = 5 \text{ Ом}$ </p> 	<p>Вариант 30</p> <p> $U = 180 \text{ В}$ $R_1 = 5 \text{ Ом}$ $R_2 = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 3 \text{ Ом}$ $R_4 = 17 \text{ Ом}$ $R_5 = 4 \text{ Ом}$ </p> 
--	--	--

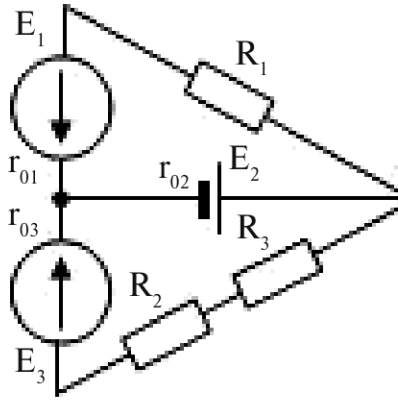
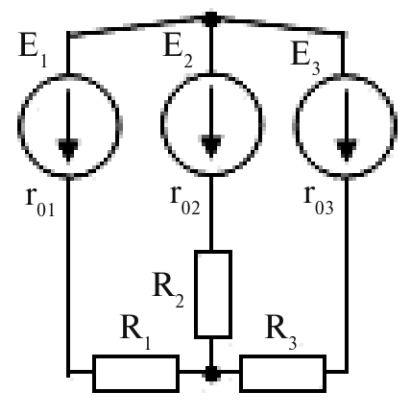
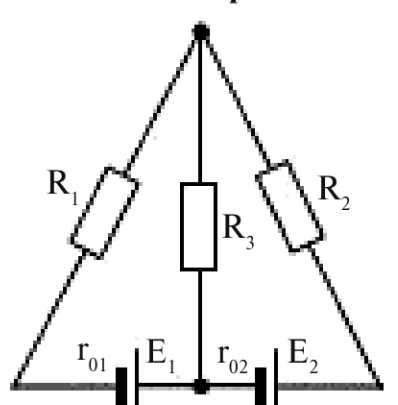
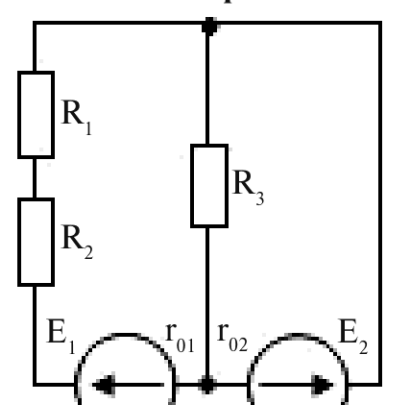
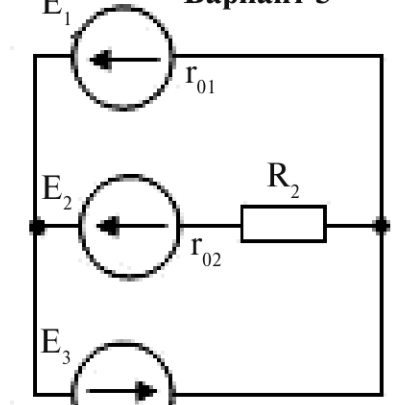
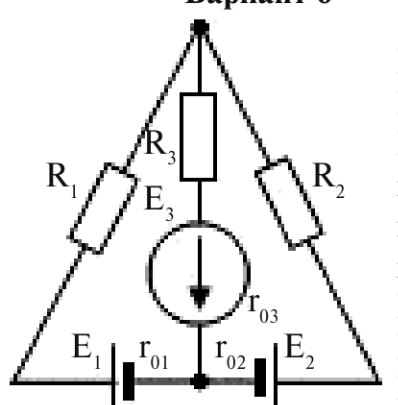
Приложение 3

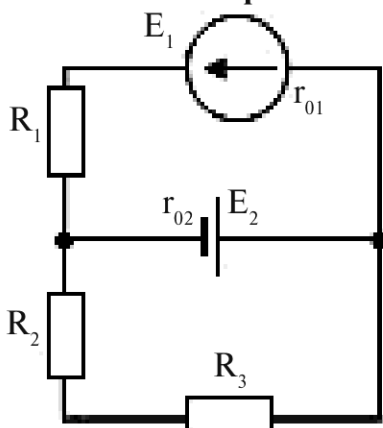
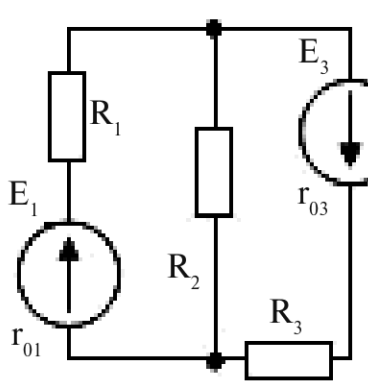
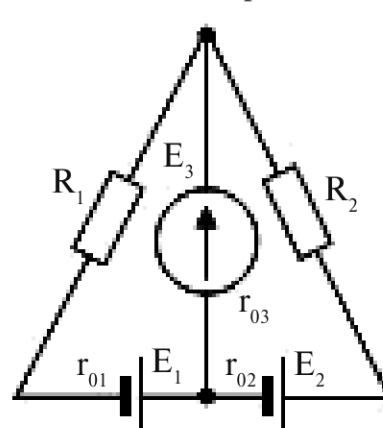
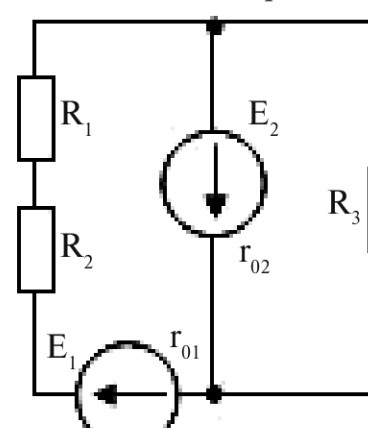
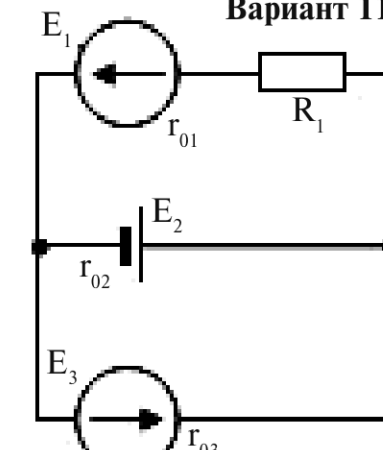
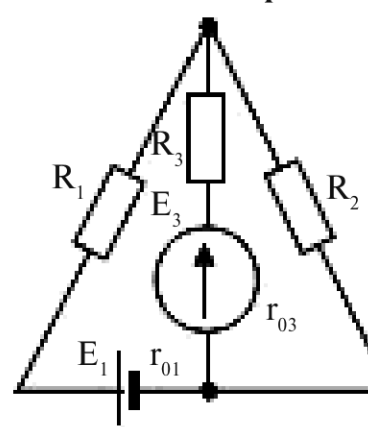
Варианты заданий по теме 1.3

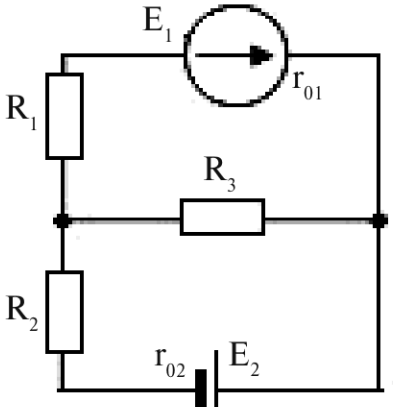
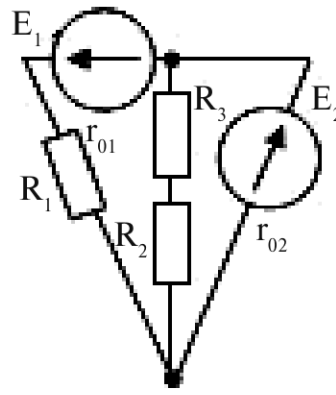
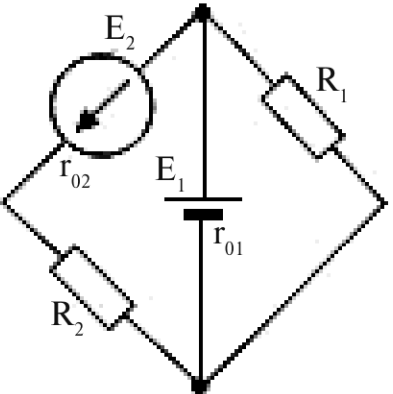
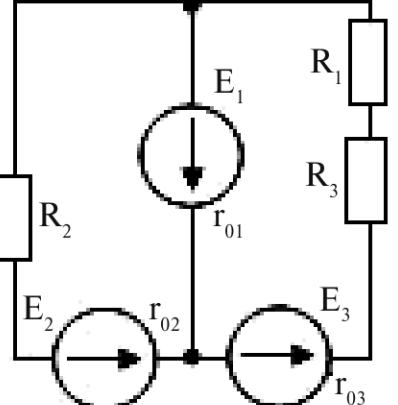
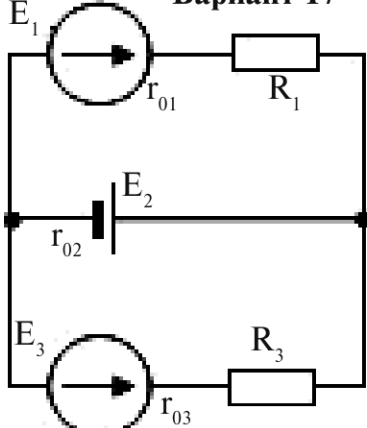
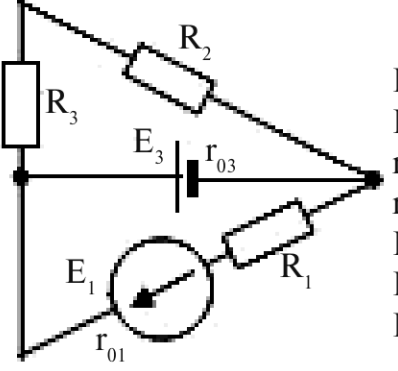
Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
$E_1 = 20 \text{ В}$	$E_2 = 70 \text{ В}$	$E_2 = 50 \text{ В}$	$E_4 = 10 \text{ В}$	$E_1 = 25 \text{ В}$	$E_4 = 35 \text{ В}$
$E_3 = 30 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_3 = 45 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_3 = 15 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$
$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$
$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка Б		Заземлена точка Г		Заземлена точка Е	
Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
$E_1 = 15 \text{ В}$	$E_2 = 35 \text{ В}$	$E_1 = 10 \text{ В}$	$E_3 = 20 \text{ В}$	$E_2 = 20 \text{ В}$	$E_4 = 50 \text{ В}$
$E_4 = 35 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_2 = 45 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_3 = 15 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$
$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$
$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка А		Заземлена точка Ж		Заземлена точка Д	
Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9	
$E_1 = 65 \text{ В}$	$E_2 = 45 \text{ В}$	$E_1 = 55 \text{ В}$	$E_4 = 10 \text{ В}$	$E_1 = 70 \text{ В}$	$E_3 = 70 \text{ В}$
$E_3 = 20 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_2 = 35 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_2 = 40 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$
$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$
$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка З		Заземлена точка В		Заземлена точка Г	
Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
$E_2 = 15 \text{ В}$	$E_4 = 50 \text{ В}$	$E_1 = 10 \text{ В}$	$E_4 = 15 \text{ В}$	$E_1 = 20 \text{ В}$	$E_4 = 30 \text{ В}$
$E_3 = 40 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_3 = 80 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_2 = 45 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$
$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$
$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка Е		Заземлена точка А		Заземлена точка З	
Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15	
$E_1 = 35 \text{ В}$	$E_2 = 25 \text{ В}$	$E_2 = 10 \text{ В}$	$E_4 = 45 \text{ В}$	$E_1 = 30 \text{ В}$	$E_4 = 15 \text{ В}$
$E_3 = 15 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_3 = 50 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$	$E_3 = 70 \text{ В}$	$r_0 = 2 \text{ Ом}$
$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$	$R_1 = 11 \text{ Ом}$	$R_2 = 15 \text{ Ом}$
$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$	$R_3 = 13 \text{ Ом}$	$R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка В		Заземлена точка А		Заземлена точка Б	

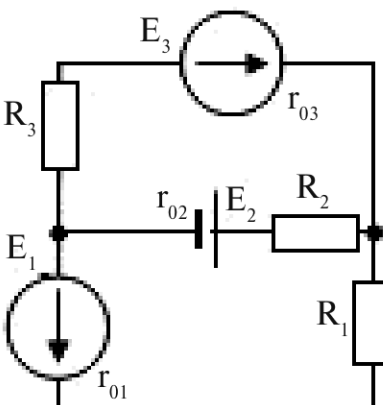
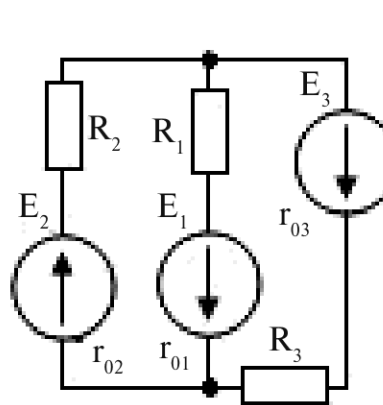
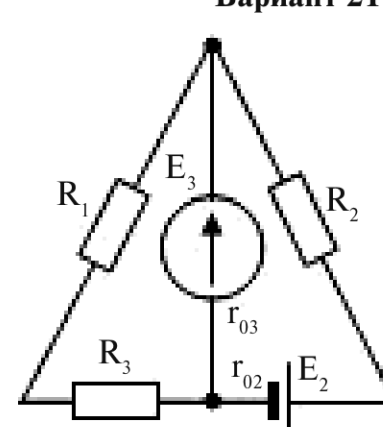
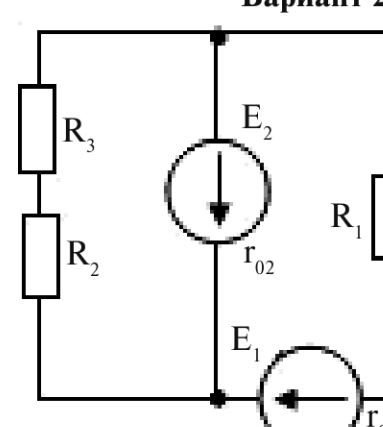
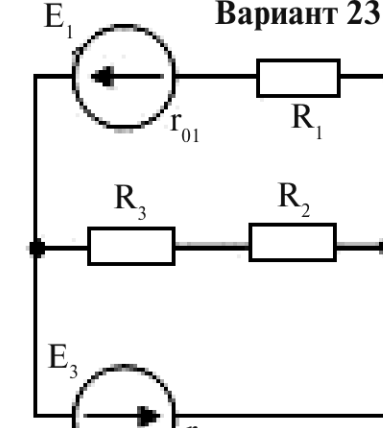
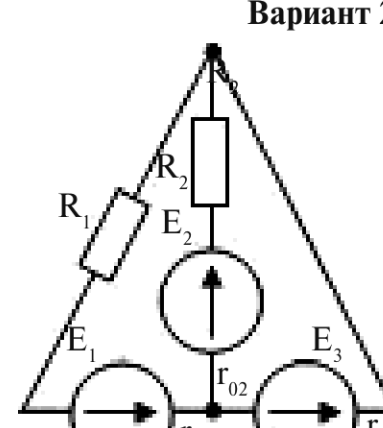
Вариант 16		Вариант 17		Вариант 18	
$E_1 = 15 \text{ В}$ $E_4 = 10 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 50 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_1 = 25 \text{ В}$ $E_3 = 35 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 45 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_2 = 40 \text{ В}$ $E_3 = 60 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_4 = 20 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка З		Заземлена точка Е		Заземлена точка Г	
Вариант 19		Вариант 20		Вариант 21	
$E_1 = 35 \text{ В}$ $E_4 = 15 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_3 = 50 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_1 = 50 \text{ В}$ $E_4 = 10 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 45 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_2 = 20 \text{ В}$ $E_3 = 10 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 35 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка В		Заземлена точка А		Заземлена точка З	
Вариант 22		Вариант 23		Вариант 24	
$E_2 = 65 \text{ В}$ $E_4 = 15 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_3 = 25 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_1 = 10 \text{ В}$ $E_3 = 30 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_4 = 50 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_1 = 45 \text{ В}$ $E_2 = 15 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_4 = 40 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка Д		Заземлена точка Ж		Заземлена точка Б	
Вариант 25		Вариант 26		Вариант 27	
$E_1 = 60 \text{ В}$ $E_3 = 10 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 20 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_2 = 35 \text{ В}$ $E_3 = 40 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_4 = 15 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_1 = 20 \text{ В}$ $E_3 = 10 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_4 = 55 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка Д		Заземлена точка Е		Заземлена точка З	
Вариант 28		Вариант 29		Вариант 30	
$E_1 = 50 \text{ В}$ $E_4 = 65 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 10 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_1 = 55 \text{ В}$ $E_3 = 15 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_2 = 15 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$	$E_2 = 10 \text{ В}$ $E_3 = 20 \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$	$E_4 = 45 \text{ В}$ $r_0 = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 15 \text{ Ом}$ $R_4 = 15 \text{ Ом}$
Заземлена точка В		Заземлена точка Е		Заземлена точка Ж	

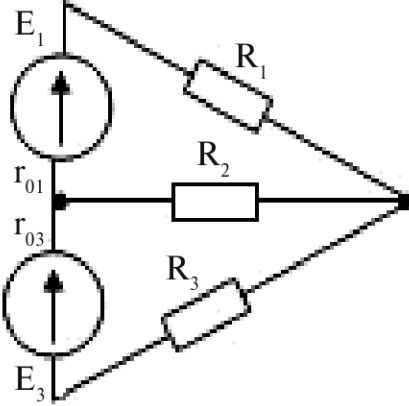
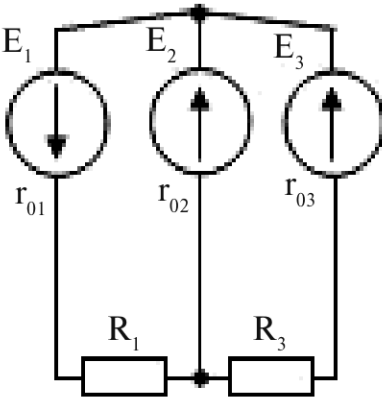
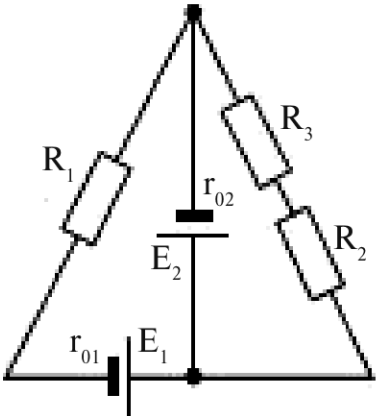
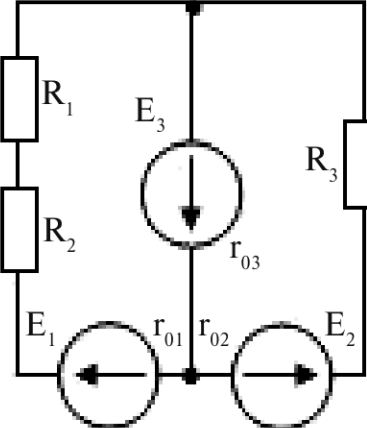
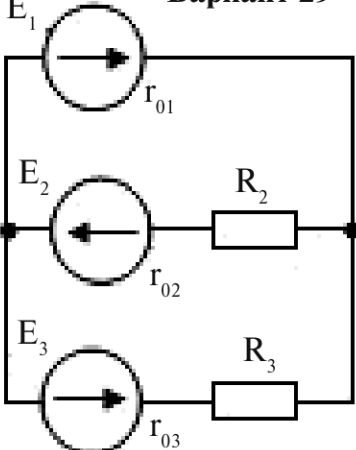
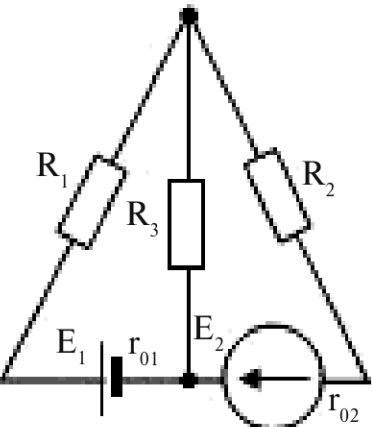
Варианты заданий по теме 1.4

<p>Вариант 1</p>  <p> $E_1 = 220 \text{ В}$ $E_2 = 75 \text{ В}$ $E_3 = 100 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 15 \text{ Ом}$ $R_2 = 6 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 2</p>  <p> $E_1 = 50 \text{ В}$ $E_2 = 150 \text{ В}$ $E_3 = 30 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $R_2 = 13 \text{ Ом}$ $R_3 = 13 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 3</p>  <p> $E_1 = 15 \text{ В}$ $E_2 = 12 \text{ В}$ $r_{01} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{02} = 0,5 \text{ Ом}$ $R_1 = 4,5 \text{ Ом}$ $R_2 = 2,5 \text{ Ом}$ $R_3 = 5 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 4</p>  <p> $E_1 = 40 \text{ В}$ $E_2 = 60 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 10 \text{ Ом}$ $R_3 = 4 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 5</p>  <p> $E_1 = 66 \text{ В}$ $E_2 = 55 \text{ В}$ $E_3 = 44 \text{ В}$ $r_{01} = 2 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_2 = 9 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 6</p>  <p> $E_1 = 75 \text{ В}$ $E_2 = 45 \text{ В}$ $E_3 = 35 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 14 \text{ Ом}$ $R_2 = 7,5 \text{ Ом}$ $R_3 = 11 \text{ Ом}$ </p>














































<p style="text-align: center;">Вариант 7</p>  <p style="text-align: right;"> $E_1 = 120 \text{ В}$ $E_2 = 80 \text{ В}$ $r_{01} = 2 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $R_2 = 6 \text{ Ом}$ $R_3 = 4 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 8</p>  <p style="text-align: right;"> $E_1 = 85 \text{ В}$ $E_3 = 100 \text{ В}$ $r_{01} = 1,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 7 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 9</p>  <p style="text-align: right;"> $E_1 = 37 \text{ В}$ $E_2 = 10 \text{ В}$ $E_3 = 50 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 4,5 \text{ Ом}$ $R_2 = 2,5 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 10</p>  <p style="text-align: right;"> $E_1 = 60 \text{ В}$ $E_2 = 24 \text{ В}$ $r_{01} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{02} = 3 \text{ Ом}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $R_2 = 4 \text{ Ом}$ $R_3 = 15 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 11</p>  <p style="text-align: right;"> $E_1 = 100 \text{ В}$ $E_2 = 50 \text{ В}$ $E_3 = 44 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 12</p>  <p style="text-align: right;"> $E_1 = 40 \text{ В}$ $E_3 = 70 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 20 \text{ Ом}$ $R_3 = 14 \text{ Ом}$ </p>

<p align="center">Вариант 13</p>  <p> $E_1 = 53 \text{ В}$ $E_2 = 60 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1,5 \text{ Ом}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ $R_2 = 7,5 \text{ Ом}$ $R_3 = 20 \text{ Ом}$ </p>	<p align="center">Вариант 14</p>  <p> $E_1 = 30 \text{ В}$ $E_2 = 18 \text{ В}$ $r_{01} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 3,5 \text{ Ом}$ $R_2 = 2 \text{ Ом}$ $R_3 = 3 \text{ Ом}$ </p>
<p align="center">Вариант 15</p>  <p> $E_1 = 210 \text{ В}$ $E_2 = 150 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 15 \text{ Ом}$ $R_2 = 20 \text{ Ом}$ </p>	<p align="center">Вариант 16</p>  <p> $E_1 = 20 \text{ В}$ $E_2 = 45 \text{ В}$ $E_3 = 34 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 6 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ $R_3 = 3 \text{ Ом}$ </p>
<p align="center">Вариант 17</p>  <p> $E_1 = 67 \text{ В}$ $E_2 = 10 \text{ В}$ $E_3 = 44 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ </p>	<p align="center">Вариант 18</p>  <p> $E_1 = 100 \text{ В}$ $E_2 = 60 \text{ В}$ $E_3 = 60 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 3 \text{ Ом}$ $R_3 = 17 \text{ Ом}$ </p>

<p style="text-align: center;">Вариант 19</p>  <p> $E_1 = 20 \text{ В}$ $E_2 = 70 \text{ В}$ $E_3 = 35 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 4 \text{ Ом}$ $R_2 = 3 \text{ Ом}$ $R_3 = 2 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 20</p>  <p> $E_1 = 15 \text{ В}$ $E_2 = 50 \text{ В}$ $E_3 = 70 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $R_2 = 3 \text{ Ом}$ $R_3 = 11 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 21</p>  <p> $E_2 = 85 \text{ В}$ $E_3 = 40 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 6 \text{ Ом}$ $R_2 = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 5 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 22</p>  <p> $E_1 = 15 \text{ В}$ $E_2 = 90 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 7 \text{ Ом}$ $R_2 = 5 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 23</p>  <p> $E_1 = 105 \text{ В}$ $E_3 = 55 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 2 \text{ Ом}$ $R_1 = 10 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ $R_3 = 15 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 24</p>  <p> $E_1 = 25 \text{ В}$ $E_2 = 65 \text{ В}$ $E_3 = 15 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 3 \text{ Ом}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ </p>

<p style="text-align: center;">Вариант 25</p>  <p> $E_1 = 50 \text{ В}$ $E_2 = 45 \text{ В}$ $E_3 = 10 \text{ В}$ $r_{01} = 0,5 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 9,5 \text{ Ом}$ $R_2 = 11 \text{ Ом}$ $R_3 = 17 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 26</p>  <p> $E_1 = 44 \text{ В}$ $E_2 = 100 \text{ В}$ $E_3 = 10 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 0,5 \text{ Ом}$ $R_1 = 5 \text{ Ом}$ $R_2 = 10 \text{ Ом}$ $R_3 = 15 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 27</p>  <p> $E_1 = 20 \text{ В}$ $E_2 = 40 \text{ В}$ $E_3 = 60 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1,5 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 4 \text{ Ом}$ $R_3 = 6 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 28</p>  <p> $E_1 = 10 \text{ В}$ $E_2 = 25 \text{ В}$ $E_3 = 60 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 4 \text{ Ом}$ $R_2 = 6 \text{ Ом}$ $R_3 = 8 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 29</p>  <p> $E_1 = 22 \text{ В}$ $E_2 = 30 \text{ В}$ $E_3 = 40 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 2 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_2 = 13 \text{ Ом}$ $R_3 = 9 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 30</p>  <p> $E_1 = 90 \text{ В}$ $E_2 = 40 \text{ В}$ $E_3 = 10 \text{ В}$ $r_{01} = 1 \text{ Ом}$ $r_{02} = 1 \text{ Ом}$ $r_{03} = 1 \text{ Ом}$ $R_1 = 20 \text{ Ом}$ $R_2 = 4 \text{ Ом}$ $R_3 = 7 \text{ Ом}$ </p>

Исходные данные для расчета

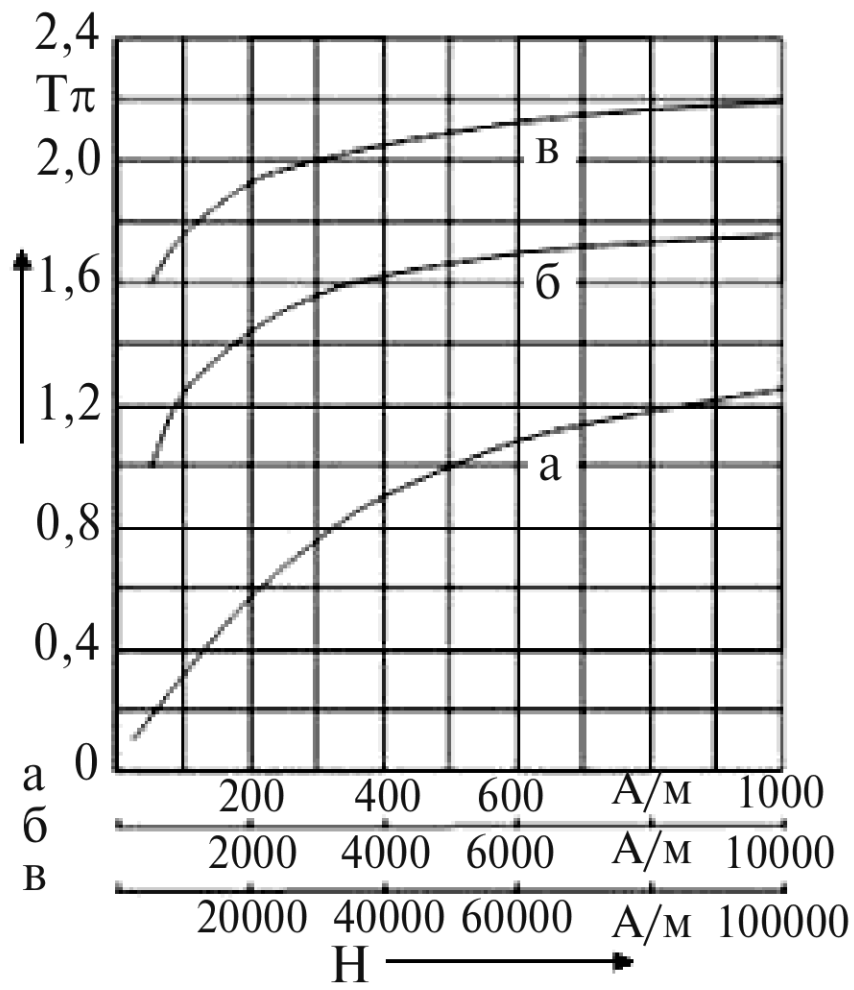
Варианты	l , м	а, см	Сила тока, кА			Направление токов		
			I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
1, 16	4,2	30	12	30	15			
2, 17	4	25	21	35	10			
3, 18	4,1	25	21	35	10			
4, 19	3,8	30	9	31	19			
5, 20	4,3	20	12	32	16			
6, 21	3	20	14	33	14			
7, 22	3,6	20	17	34	13			
8, 23	3,5	25	12	30	15			
9, 24	2,8	30	15	35	16			
10, 25	2	30	11	29	12			
11, 26	4,2	30	12	30	15			
12, 27	4	25	21	35	10			
13, 28	4,1	25	21	35	10			
14, 29	3,8	30	9	31	19			
15, 30	4,3	20	12	32	16			

Приложение 6А

Исходные данные по теме 1.6

Вари- ант	Величина			Вари- ант	Величина		
	B_{δ}	δ	c		B_{δ}	δ	c
	Тл	мм			Тл	мм	
1	0,7	1,5	20	6	0,6	1,6	22
11	0,6	2,0	22	16	0,4	2,0	15
21	0,5	1,8	24	26	0,7	1,9	20
2	0,4	1,6	25	7	0,5	1,6	17
12	0,8	1,7	18	17	0,8	1,7	16
22	0,6	2,0	16	27	0,6	1,8	24
3	0,5	1,8	24	8	0,4	1,6	18
13	0,4	1,9	16	18	0,7	1,5	23
23	0,7	1,7	20	28	0,5	1,9	17
4	0,6	1,6	22	9	0,6	2,0	19
14	0,8	1,5	17	19	0,8	1,5	16
24	0,4	2,0	23	29	0,4	1,8	15
5	0,7	1,7	19	10	0,7	1,7	22
15	0,8	1,8	21	20	0,5	1,9	25
25	0,5	1,5	18	30	0,6	1,6	24

Приложение 6Б



Исходные данные по теме 1.8

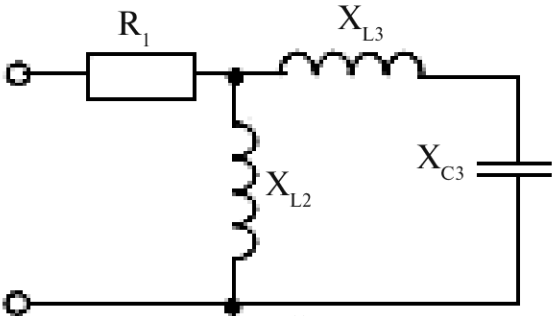
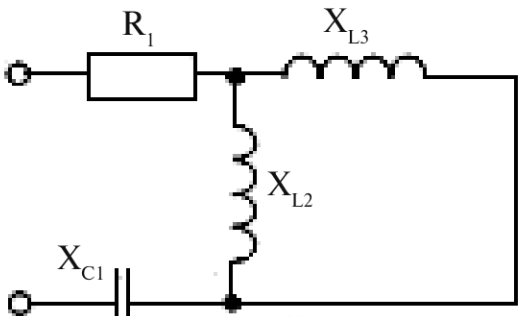
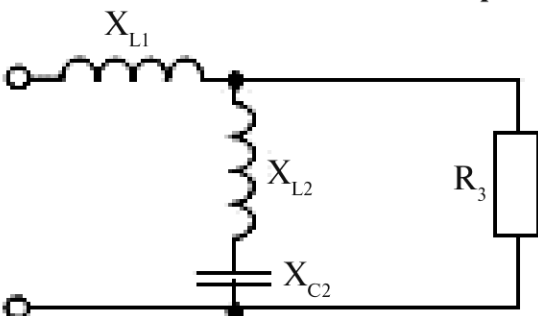
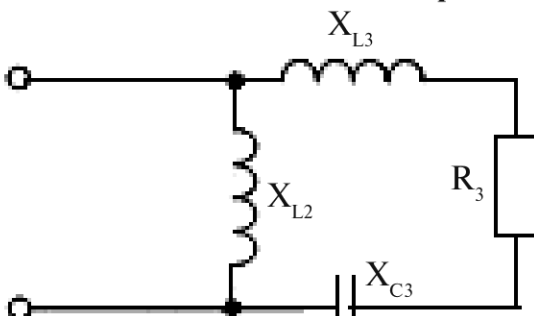
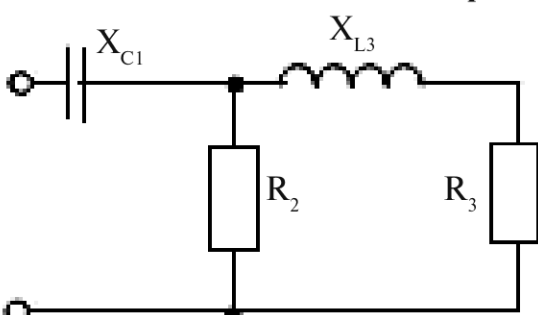
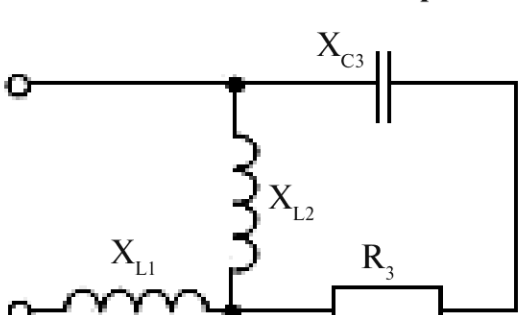
Ва- ри- ант	Параметры										
	R	X_L	X_C	Z	U	I	C	L	P	Q	S
	Ом				В	А	мкФ	мГн	Вт	вар	ВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	17		-			11	-	44,6			
2		25	-	50			-				1000
3		-				8	170	-	500		
4		-			120	7		-	410		
5	4		-			10	-				1120
6		5	-	16			-			100	
7	16	-				5	265	-			
8		-			75	10		-	200		
9			-				-	63,7		290	450
10	10	12	-		200		-				
11		-	9			10		-		570	
12		-	12	20		0,8		-			
13	8		-				-	57,3	200		
14		14	-	35			-		580		
15		-			380		212,3	-		60	
16		-	10			1,7		-	94		
17	17		-	40			-				160
18			-		100		-	54,1		340	
19	3	-		5				-	80		
20		-			150	8		-		700	
21		15	-		90		-				270
22			-	12		4	-		110		
23		-	4	13	230			-			

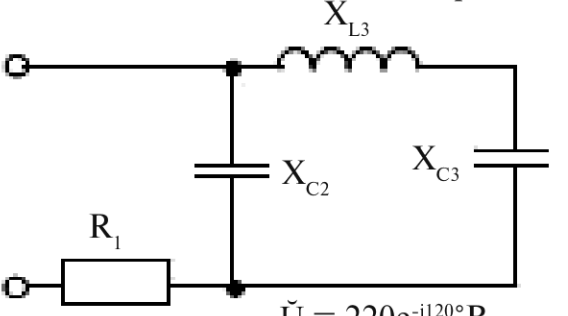
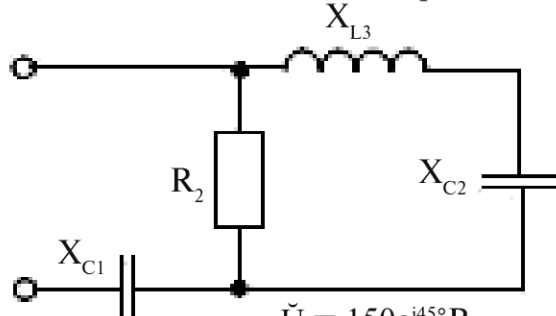
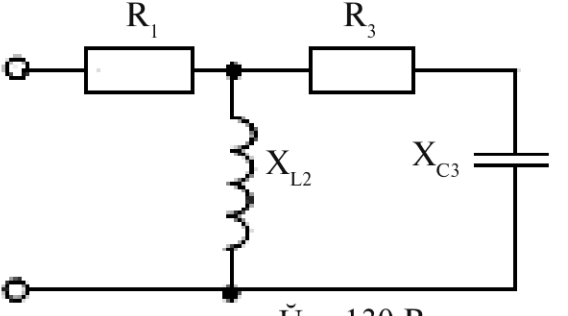
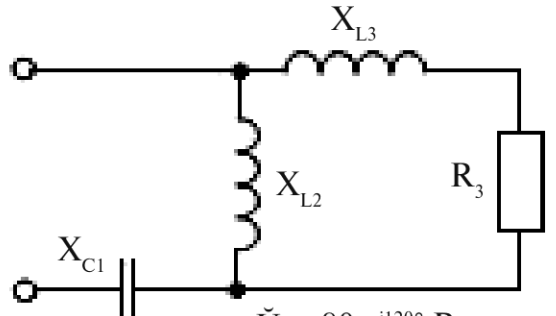
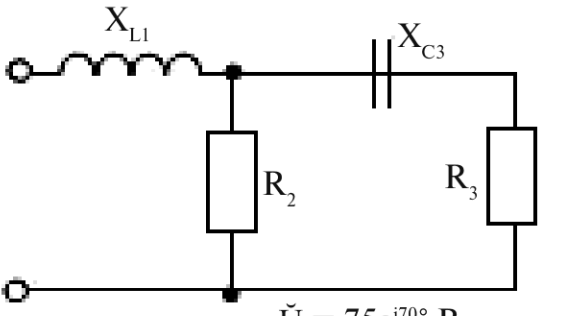
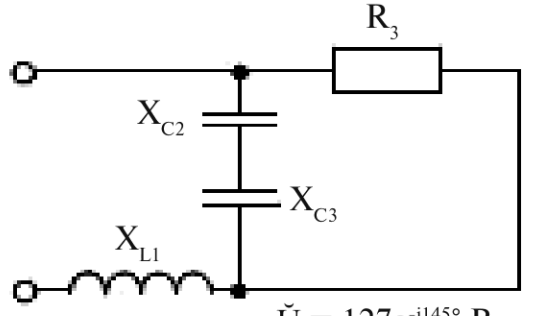
Окончание

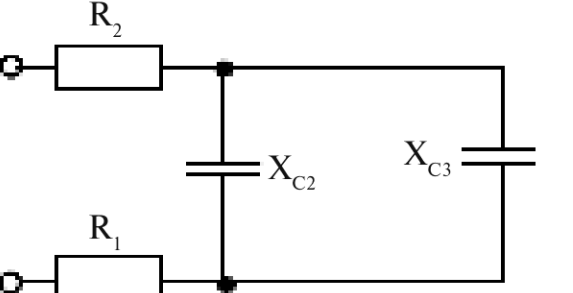
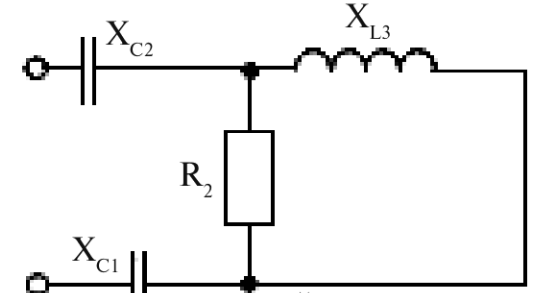
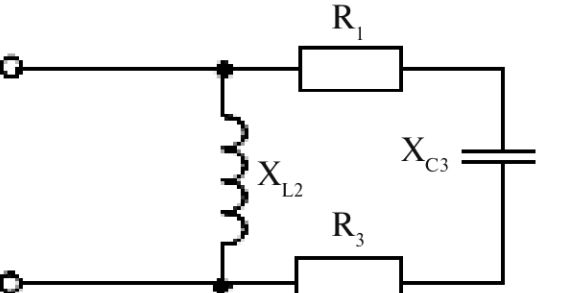
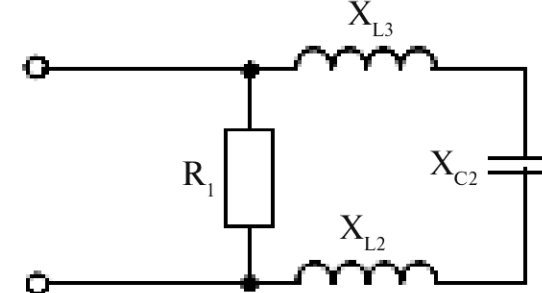
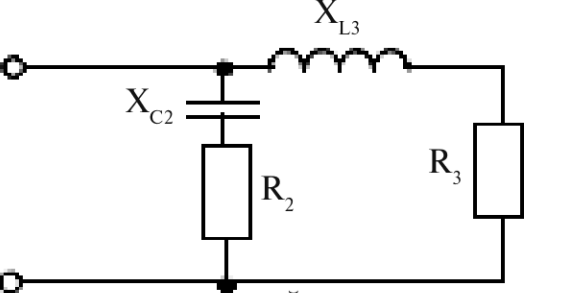
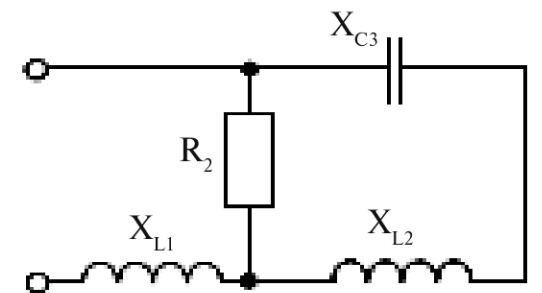
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	25	-					144,8	-		500	
25		16	-		660	22	-				
26				15			-	19	220		
27	20	-	30					-			1500
28		-			127	5,5		-		310	
29			-	100		3	-		490		
30	14	21	-				-			280	

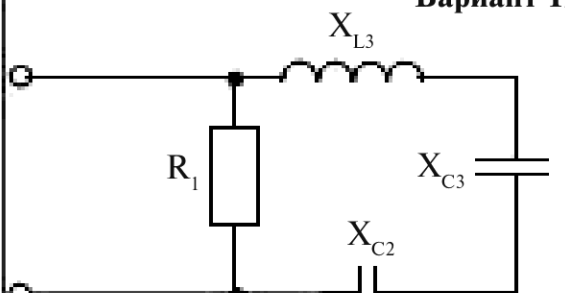
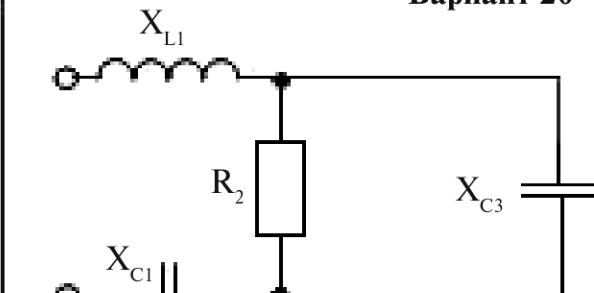
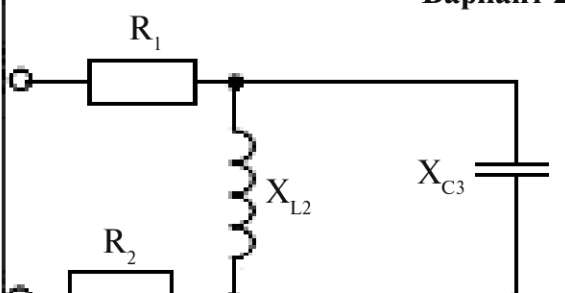
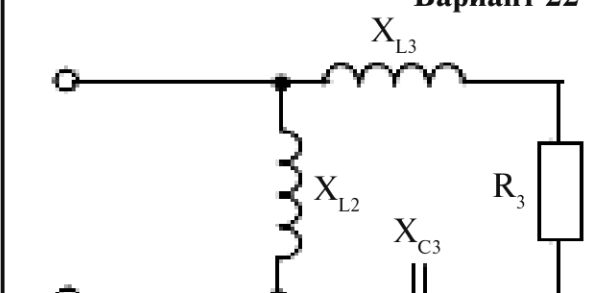
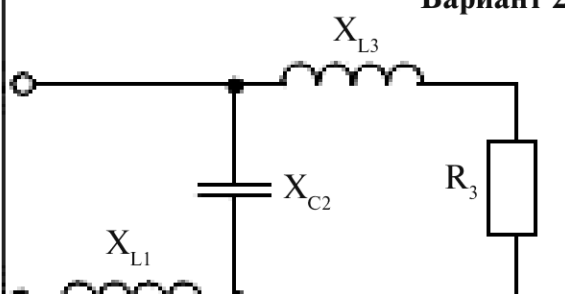
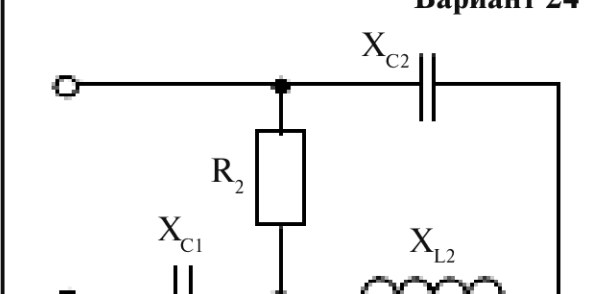
Примечание: отсутствующие элементы цепи отмечены прочерком.

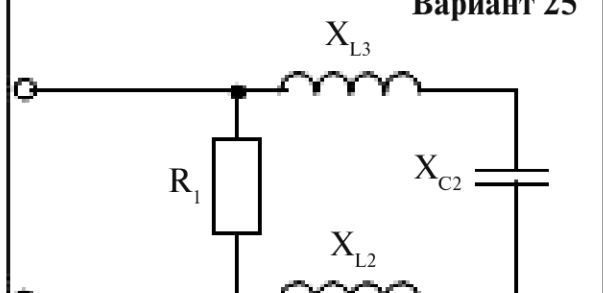
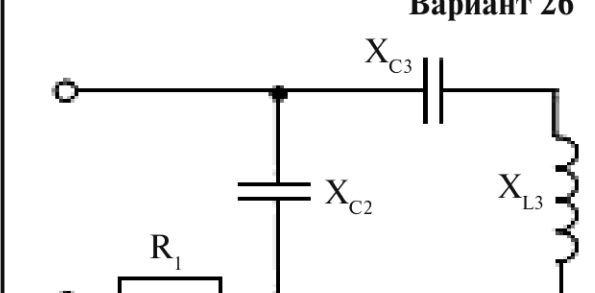
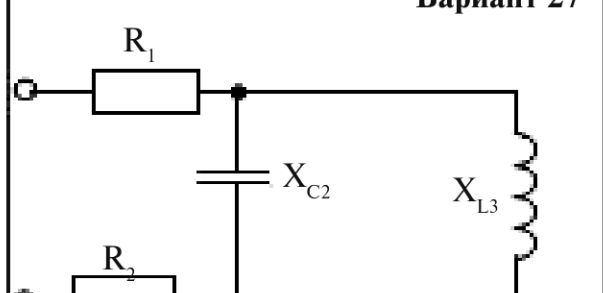
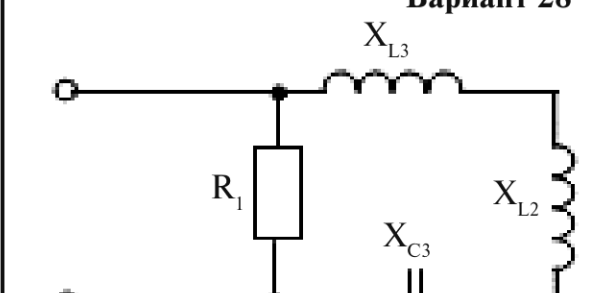
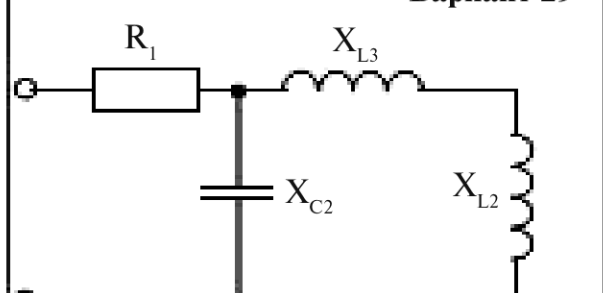
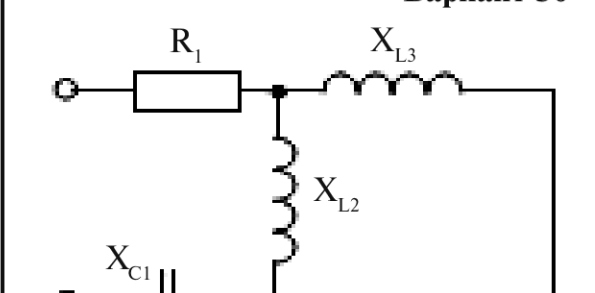
Исходные данные по теме 1.9

<p>Вариант 1</p>  <p> $\dot{U} = 120e^{j60^\circ} \text{ B}$ $R_1 = 15 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 38 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 9 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 24 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 2</p>  <p> $\dot{U} = 90e^{-j45^\circ} \text{ B}$ $R_1 = 8 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 9 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 14 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 10 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 3</p>  <p> $\dot{U} = 110 \text{ B}$ $X_{L1} = 22 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 4 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 24 \text{ Ом}$ $R_3 = 7 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 4</p>  <p> $\dot{U} = 75e^{-j135^\circ} \text{ B}$ $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 3 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 9 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 5</p>  <p> $\dot{U} = 200e^{j30^\circ} \text{ B}$ $X_{C1} = 25 \text{ Ом}$ $R_2 = 14 \text{ Ом}$ $R_3 = 7 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 11 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 6</p>  <p> $\dot{U} = 127 \text{ B}$ $X_{L1} = 9 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$ $R_3 = 5 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 8 \text{ Ом}$ </p>

<p>Вариант 7</p>  <p> $\dot{U} = 220e^{-j120^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 11 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 21 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 17 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 4 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 8</p>  <p> $\dot{U} = 150e^{j45^\circ} \text{ В}$ $X_{C1} = 19 \text{ Ом}$ $R_2 = 22 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 25 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 10 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 9</p>  <p> $\dot{U} = 130 \text{ В}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 30 \text{ Ом}$ $R_3 = 11 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 20 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 10</p>  <p> $\dot{U} = 80e^{-j120^\circ} \text{ В}$ $X_{C1} = 12 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 19 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 10 \text{ Ом}$ $R_3 = 12 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 11</p>  <p> $\dot{U} = 75e^{j70^\circ} \text{ В}$ $R_2 = 22 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 9 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 7 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 12</p>  <p> $\dot{U} = 127e^{-j145^\circ} \text{ В}$ $X_{L1} = 15 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 8 \text{ Ом}$ $R_3 = 14 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 4 \text{ Ом}$ </p>

<p style="text-align: center;">Вариант 13</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 180e^{-j30^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 4 \text{ Ом}$ $R_2 = 7 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 12 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 13 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 14</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 127e^{j80^\circ} \text{ В}$ $X_{C1} = 19 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 10 \text{ Ом}$ $R_2 = 22 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 30 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 15</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 100 \text{ В}$ $R_1 = 3 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 30 \text{ Ом}$ $R_3 = 4 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 10 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 16</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 120e^{-j120^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 23 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 3 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 5 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 7 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 17</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 300e^{j50^\circ} \text{ В}$ $X_{C2} = 9 \text{ Ом}$ $R_2 = 7 \text{ Ом}$ $R_3 = 10 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 14 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 18</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 270 \text{ В}$ $X_{L1} = 5 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 31 \text{ Ом}$ $R_2 = 18 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 19 \text{ Ом}$ </p>

<p>Вариант 19</p>  <p> $\check{U} = 110e^{-j135^\circ} \text{ B}$ $R_1 = 20 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 8 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 7 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 12 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 20</p>  <p> $\check{U} = 60e^{j20^\circ} \text{ B}$ $X_{C1} = 30 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 25 \text{ Ом}$ $R_2 = 35 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 10 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 21</p>  <p> $\check{U} = 150 \text{ B}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 30 \text{ Ом}$ $R_2 = 10 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 15 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 22</p>  <p> $\check{U} = 95e^{-j30^\circ} \text{ B}$ $X_{L2} = 34 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 27 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 10 \text{ Ом}$ $R_3 = 18 \text{ Ом}$ </p>
<p>Вариант 23</p>  <p> $\check{U} = 300e^{j70^\circ} \text{ B}$ $X_{L1} = 13 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 24 \text{ Ом}$ $R_3 = 14 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 14 \text{ Ом}$ </p>	<p>Вариант 24</p>  <p> $\check{U} = 270 \text{ B}$ $X_{C1} = 20 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 30 \text{ Ом}$ $R_2 = 28 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 10 \text{ Ом}$ </p>

<p style="text-align: center;">Вариант 25</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 140e^{-j10^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 10 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 15 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 7 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 15 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 26</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 170e^{j57^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 9 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 20 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 8 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 27 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 27</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 50 \text{ В}$ $R_1 = 5 \text{ Ом}$ $R_2 = 7 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 20 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 20 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 28</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 160e^{-j60^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 40 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 11 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 7 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 10 \text{ Ом}$ </p>
<p style="text-align: center;">Вариант 29</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 120e^{j60^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 12 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 14 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 8 \text{ Ом}$ $X_{C3} = 20 \text{ Ом}$ </p>	<p style="text-align: center;">Вариант 30</p>  <p style="text-align: center;"> $\check{U} = 155e^{-j70^\circ} \text{ В}$ $R_1 = 6 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 13 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$ $X_{L3} = 8 \text{ Ом}$ </p>

Приложение 9А

Исходные данные по теме 1.10 (соединение «звездой»)

Ва- ри- ант	$U_{л}, В$	Сопротивления, Ом								
		R_A	X_{LA}	X_{CA}	R_B	X_{LB}	X_{CB}	R_C	X_{LC}	X_{CC}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	380	-	18	2	14	-	10	-	-	20
2	127	12	16	-	11	-	15	-	3	18
3	400	-	-	20	-	15	30	23	10	-
4	380	14	14	3	19	-	-	7	-	20
5	660	-	16	-	-	12	30	-	20	4
6	220	10	12	-	23	-	9	10	11	-
7	450	21	-	-	18	18	-	14	-	12
8	380	-	27	7	-	-	15	20	-	6
9	420	-	30	-	-	7	23	15	17	-
10	127	6	-	8	4	5	10	-	10	-
11	380	25	-	-	13	10	-	-	28	10
12	127	-	38	14	26	-	-	23	13	30
13	400	30	9	30	-	29	11	27	-	-
14	380	-	28	-	12	-	16	17	25	5
15	660	32	-	14	-	29	-	-	42	16
16	220	-	7	35	15	30	12	-	30	-
17	450	-	-	27	-	24	8	15	-	20
18	380	17	19	6	-	-	10	13	18	-
19	420	35	20	-	20	30	-	-	-	40
20	127	5	8	2	9	-	-	6	8	-
21	380	-	-	22	-	34	11	19	-	16
22	380	17	25	-	18	4	19	-	20	-
23	127	10	-	17	-	-	13	20	11	-

Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	400	31	-	-	29	14	-	-	35	9
25	380	-	16	36	-	18	-	10	15	4
26	660	47	26	-	45	-	20	-	-	54
27	220	11	-	-	-	18	16	15	10	-
28	450	23	29	10	25	31	-	28	-	-
29	380	-	27	8	-	14	-	18	21	-
30	420	37	-	37	50	13	40	-	55	-

Примечание: элементы, отмеченные в Приложении 9А прочерком, в схемах цепей отсутствуют.

Приложение 9Б

Исходные данные по теме 1.10 (соединение «треугольником»)

Ва- ри- ант	$U_{л}, В$	Сопротивления, Ом								
		R_{AB}	X_{LAB}	X_{CAB}	R_{BC}	X_{LBC}	X_{CBC}	R_{CA}	X_{LCA}	X_{CCA}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	127	-	18	2	14	-	10	-	-	20
2	220	12	16	-	11	-	15	-	3	18
3	380	-	-	20	-	15	30	23	10	-
4	450	14	14	3	19	-	-	7	-	20
5	500	-	16	-	-	12	30	-	20	4
6	660	10	12	-	23	-	9	10	11	-
7	127	21	-	-	18	18	-	14	-	12
8	220	-	27	7	-	-	15	20	-	6
9	380	-	30	-	-	7	23	15	17	-
10	450	6	-	8	4	5	10	-	10	-
11	500	25	-	-	13	10	-	-	28	10
12	660	-	38	14	26	-	-	23	13	30
13	127	30	9	30	-	29	11	27	-	-
14	220	-	28	-	12	-	16	17	25	5
15	380	32	-	14	-	29	-	-	42	16
16	450	-	7	35	15	30	12	-	30	-
17	500	-	-	27	-	24	8	15	-	20
18	660	17	19	6	-	-	10	13	18	-
19	127	35	20	-	20	30	-	-	-	40
20	220	5	8	2	9	-	-	6	8	-
21	380	-	-	22	-	34	11	19	-	16
22	450	17	25	-	18	4	19	-	20	-
23	500	10	-	17	-	-	13	20	11	-

Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	660	31	-	-	29	14	-	-	35	9
25	127	-	16	36	-	18	-	10	15	4
26	220	47	26	-	45	-	20	-	-	54
27	380	11	-	-	-	18	16	15	10	-
28	450	23	29	10	25	31	-	28	-	-
29	500	-	27	8	-	14	-	18	21	-
30	660	37	-	37	50	13	40	-	55	-

Примечание: элементы, отмеченные в Приложении 9Б прочерком, в схемах цепей отсутствуют.

Приложение 10

Исходные данные по теме 1.11

Вариант	f	U_o	U_m	R	L	C
	Гц	В		Ом	мГн	мкФ
1	2	3	4	5	6	7
1	25	30	70	37	382	212,3
2	50	25	80	10	63,7	454,96
3	75	20	90	42	318,5	35,38
4	100	15	100	25	55,7	122,49
5	25	10	65	14	38,2	303,3
6	50	30	75	11	25,5	796,2
7	75	25	85	23	63,7	212,3
8	100	20	95	38	121	24,49
9	25	15	105	40	223	117,9
10	50	10	70	26	15,9	265,4
11	75	30	80	16	25,5	81,66
12	100	25	90	22	121	15,92
13	25	20	100	13	159	212,3
14	50	15	65	35	38,2	79,6
15	75	10	75	15	63,7	45,17
16	100	30	85	23	31,85	227,48
17	25	25	95	27	63,7	127,39
18	50	20	105	34	12,7	79,62
19	75	15	70	8	15,92	212,3
20	100	10	80	40	121	159,2
21	25	30	90	35	159	265,4
22	50	25	100	25	25,5	796,2
23	75	20	65	10	12,7	159,2

Окончание

1	2	3	4	5	6	7
24	100	15	75	26	31,8	21,23
25	25	10	85	42	121	244,9
26	50	30	95	34	38,2	79,6
27	75	25	105	28	63,7	45,5
28	100	20	70	14	31,85	227,48
29	25	15	80	23	35	127,39
30	50	10	90	16	15,9	212,3

Приложение 11

Исходные данные по теме 1.12

Вариант	U , В	L , мГн	R , Ом	Вариант	U , В	L , мГн	R , Ом
1	50	100	10	16	225	150	75
2	40	150	5	17	32	200	4
3	60	200	5	18	125	250	25
4	70	250	5	19	60	300	6
5	80	300	5	20	300	350	50
6	14	350	7	21	400	400	40
7	16	400	8	22	200	450	50
8	45	450	9	23	250	500	50
9	100	500	25	24	180	450	90
10	180	450	45	25	30	400	10
11	200	400	40	26	70	350	14
12	70	350	35	27	150	300	15
13	300	300	30	28	60	250	10
14	125	250	12,5	29	160	200	40
15	100	200	20	30	750	150	75

Перечень рекомендуемой литературы

Основные источники:

1. *Кацман М.М.* Электрические машины. — М.: «Академия», 2011.
2. *Немцов М.В.* Электротехника и электроника. — М.: «Академия», 2014.
3. *Славинский А.К.* Электротехника с основами электроники. — М.: «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013. Режим доступа: <http://znanium.com/>.

Дополнительные источники:

4. *Гальперин М.В.* Электронная техника. — М.: «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013.
5. *Фуфаева Л.И.* Электротехника. — М.: «Академия», 2014.

Интернет-ресурсы:

6. Видеокурс «Электротехника и электроника». Форма доступа: www.eltray.com.
7. Свободная энциклопедия. Сайт. Форма доступа: <http://ru.wikipedia.org>;
8. «Электро» — журнал. Форма доступа: www.elektro.elektrozavod.ru.

Содержание

Введение.....	3
План распределения часов по темам учебной дисциплины ...	16
Методика реализации самостоятельной работы	27
Раздел 1. Электротехника	47
Тема 1.1. Электрическое поле	47
Тема 1.2. Электрический ток. Сопротивление. Работа и мощность	51
Тема 1.3. Простые электрические цепи постоянного тока	57
Тема 1.4. Сложные электрические цепи постоянного тока	62
Тема 1.5. Магнитное поле	67
Тема 1.6. Ферромагнетизм. Магнитная цепь	70
Тема 1.7. Электромагнитная индукция	72
Тема 1.8. Однофазный переменный ток	73
Тема 1.9. Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел	78
Тема 1.10. Трехфазный переменный ток	83
Тема 1.11. Периодические несинусоидальные токи	91
Тема 1.12. Переходные процессы в электрических цепях	93
Раздел 2. Электроника	95
Тема 2.1. Полупроводниковые приборы	95
Тема 2.2. Электронные преобразователи	97
Тема 2.3. Электронные усилители и генераторы	100
Тема 2.4. Основы микроэлектроники	102
Тема 2.5. Импульсная техника	104
Тема 2.6. Логические элементы	106
Раздел 3. Электрические машины	107
Тема 3.1. Электрические машины постоянного тока	107
Тема 3.2. Электрические машины переменного тока	109
Тема 3.3. Трансформаторы	111
Раздел 4. Электрические измерения	112
Тема 4.1. Методы измерений	112
Тема 4.2. Приборы непосредственной оценки	114
Тема 4.3. Измерение электрических параметров	119
Приложения	124
Перечень рекомендуемой литературы	155

Ответственная за выпуск *Н.А. Поддубная*
Редактор *М.Ф. Паляничка*
Компьютерная верстка *М.Н. Середы*

Подписано в печать 22.01.2016
Формат 60×90/16. Печ. л. 9,75. Тираж 200 экз.
ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»
105082, Москва, ул. Бакунинская, 71
Тел.: (495) 739-00-30, e-mail: info@umczdt.ru
[http: //www.umczdt.ru](http://www.umczdt.ru)
