

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

ОП.02.ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

*для студентов заочной формы обучения образовательных
учреждений среднего профессионального образования*

специальность **140409**
Электроснабжение
(по отраслям) (для железнодорожного транспорта)

*базовая подготовка
среднего профессионального образования*

2014

Методические указания и контрольные задания составлены в соответствии с примерной программой дисциплины ОП.02. Электротехника и электроника для специальности 140409 Электроснабжение (по отраслям), рассмотрены и одобрены на заседании Учебно-методического совета.

Председатель УМС *В.С. Почаевец*
28–29 ноября 2012 г.

Автор – *В.М. Жирнова*, преподаватель Волгоградского техникума железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

Рецензент – *С.В. Павлова*, преподаватель Улан-Удэнского колледжа железнодорожного транспорта Улан-Удэнского института железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Предложения и замечания просим направлять в ФГБОУ «УМЦ ЖДТ» по адресу: 105082, Москва, ул. Бакунинская, д. 71; тел.: +7(495) 739-00-30, e-mail: info@umczdt.ru, <http://www.umczdt.ru>.

© Жирнова В.М., 2014
© ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014

Введение

Программа дисциплины «Электротехника и электроника» предусматривает изучение физических процессов, происходящих в цепях постоянного и переменного тока, законов, которым подчинены эти процессы, методов расчета электрических цепей, классификации, принципа действия и устройства электроизмерительных приборов, электрических машин и трансформаторов, изучение современной элементной базы (полупроводниковые приборы, электронные преобразователи, электронные усилители).

Методические указания составлены в соответствии с примерной программой учебной дисциплины «Электротехника и электроника» на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 140409 Электроснабжение.

Материал дисциплины основывается на знаниях, полученных на занятиях физики, математики. Основную часть теоретического материала студенты-заочники изучают самостоятельно по рекомендуемой литературе.

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.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **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 магнитных полей.

Для закрепления теоретических знаний и приобретения практических умений программой предусмотрено проведение лабораторных занятий и практических занятий.

Учебным графиком предусмотрено выполнение трех контрольных работ. К каждой контрольной работе даны методические указания с примерами решения подобных задач.

Каждый преподаватель по своему усмотрению самостоятельно составляет график ответов на контрольные вопросы студентами.

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указываются название дисциплины, номер контрольной работы, курс, фамилия, имя, отчество и учебный шифр студента. Контрольная работа должна оформляться чернилами аккуратно, с оставлением полей шириной не менее 30 мм.

Условие задачи необходимо переписывать полностью. Основные решения объясняют и сопровождают электрическими схемами, чертежами, векторными диаграммами и т.д. При помощи чертежных инструментов, соблюдая Единую систему конструкторской документации — ЕСКД. Размерность всех величин должна соответствовать Международной системе единиц — СИ.

Должен соблюдаться следующий порядок записи при вычислениях: сначала приводят формулу, затем подставляют числовые значения величин, входящих в формулу, без каких-либо преобразований, потом выполняют преобразования с числами, после этого записывают результат вычисления с указанием единиц измерения.

Итоговая аттестация проводится в форме экзамена. Даны вопросы для самопроверки при подготовке к экзамену. К экзамену допускаются те студенты, которые выполнили и получили положительные оценки по всем контрольным работам и имеющие зачет по лабораторным занятиям.

Примерный тематический план

Наименование разделов и тем	Количество аудиторных часов при заочной форме обучения	
	всего	в том числе лабораторные занятия и практические занятия
Раздел 1. Электротехника	112	52
Тема 1.1 Электрическое поле	8	2
Тема 1.2. Электрический ток. Сопротивление. Работа и мощность.	14	10
Тема 1.3. Простые электрические цепи постоянного тока	10	4
Тема 1.4. Сложные электрические цепи постоянного тока	14	4
Тема 1.5. Магнитное поле	4	—
Тема 1.6. Ферромагнетизм. Магнитная цепь	4	2
Тема 1.7. Электромагнитная индукция	6	2
Тема 1.8. Однофазный переменный ток	24	16
Тема 1.9. Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел	8	2
Тема 1.10. Трехфазный переменный ток	12	6
Тема 1.11. Периодические несинусоидальные токи	4	2
Тема 1.12. Переходные процессы в электрических цепях	4	2
Раздел 2. Электроника	60	24
Тема 2.1. Полупроводниковые приборы	16	8
Тема 2.2. Электронные усилители и генераторы	10	4
Тема 2.3. Электронные усилители и генераторы	12	4
Тема 2.4. Основы микроэлектроники	6	—
Тема 2.5. Импульсная техника	12	6
Тема 2.6. Логические элементы	4	2
Раздел 3. Электрические машины	14	6
Тема 3.1. Электрические машины постоянного тока	4	2
Тема 3.2. Электрические машины переменного тока	6	2
Тема 3.3. Трансформаторы	4	2
Раздел 4. Электрические измерения	22	12
Тема 4.1. Методы измерений	4	2
Тема 4.2. Приборы непосредственной оценки	4	2
Тема 4.3. Измерение электрических параметров	14	8
ИТОГО	208	94

Примерная программа учебной дисциплины

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.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.1. подробно описаны в учебнике [1] глава 1, [2] глава 1.1, [5] глава 1.

Электрические свойства тел объясняется присутствием в них заряженных частиц. Тела с одноименными зарядами отталкиваются, тела с разноименными зарядами притягиваются. Электрически заряженное тело неразрывно связано с окружающим его электрическим током, через которое и осуществляется взаимодействие заряженных тел. Взаимодействие точечных заряженных тел описывается законом Кулона. Сила взаимодействия между точечными заряженными телами, расположенными в данной среде на расстоянии друг от друга, прямо пропорциональна произведению зарядов этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Напряженность электрического поля в данной точке определяется силой, действующей на помещенное в эту точку пробное тело, обладающее единичным положительным зарядом. Потенциалом электрического поля заряда в данной точке называют величину, численно равную работе, которую совершает поле, перемещая пробное тело, обладающее единичным положительным зарядом из данной точки в некоторую бесконечную, где отсутствует электрическое поле. Электрическая емкость тела определяет заряд, который нужно сообщить телу, чтобы вызвать повышение его потенциала на 1 В. В технике для получения емкостей используют конденсаторы — устройства, состоящие

из двух металлических проводников, разделенным слоем диэлектрика. При последовательном соединении конденсаторов на пластинах будут одинаковые заряды, при параллельном соединении конденсаторов потенциал пластин, соединенных с положительным полюсом источника, одинаков и равен потенциалу этого полюса.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите, какие вопросы, изучает дисциплина Электротехника. Назовите преимущества электрической энергии перед другими видами энергии.

2. Сформулируйте закон Кулона. Какие бывают заряды, их взаимодействие, линии магнитного поля.

3. Дайте определение диэлектрической проницаемости среды.

4. Дайте определение поляризации и пробоя диэлектрика.

5. Что собой представляет конденсатор, для чего он необходим?

6. Перечислите виды конденсаторов.

7. Что называется электрической емкостью конденсатора (формула, единицы измерения), от чего она зависит?

8. Какие способы соединения конденсаторов вы знаете, перечислите свойства всех соединений?

9. Какие основные элементы входят в состав электрической цепи?

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 занятия

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.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.2. подробно описаны в учебнике [1] глава 3, [2] глава 2.1.

Электрической цепью называется совокупность устройств и объектов, образующих путь электрического тока. Электрическим током называется упорядоченное движение электрически заряженных частиц. Электрический ток характеризуется силой тока. Силу тока измеряет амперметр, который включается в электрическую цепь последовательно потребителю энергии. При наличии электрического тока в проводниках движущиеся свободные электроны, в процессе столкновения с ионами кристаллической решетки, испытывают противодействие своему движению. Это противодействие оценивается сопротивлением цепи. Сопротивления могут быть соединены последовательно, параллельно или смешанно. Величина, характеризующаяся скоростью, с которой совершается работа, называется мощностью.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется силой тока? Что называется электрическим током? (формула, единицы измерения)
2. Какие вспомогательные элементы входят в состав электрической цепи?
3. Что называется напряжением, электрическим сопротивлением, электрической проводимостью? (формула, единицы измерения)
4. Для чего необходимы резисторы, их устройство и условное обозначение в электрической схеме?
5. Сформулируйте закон Ома для участка цепи. Сформулируйте закон Ома для полной цепи (формула, единицы измерения).
6. Что называется работой? Что называется мощностью в цепи постоянного тока? (единицы измерения, формула).
7. Какие приборы служат для измерения силы тока, напряжения, сопротивления? Как они включаются в электрическую схему?
8. Какие вы знаете способы соединения резисторов? Начертите схемы и запишите свойства.

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.

Лабораторное занятие

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.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.3. подробно описаны в учебнике [1] глава 4, [2] глава 3.

Замкнутый участок электрической цепи, образованный несколькими ветвями и по которому протекает одинаковый ток, называется контуром. Электрическая цепь, содержащая одну ветвь или один контур, называется неразветвленной цепью. Потенциальной диаграммой называется зависимость электрических потенциалов от сопротивлений, выраженная графически. Электрическая цепь, содержащая два и более контура, называется разветвленной электрической цепью. Первый закон Кирхгофа — алгебраическая сумма токов, сходящихся в одном узле равна нулю. Закон Джоуля-Ленца — количество теплоты, выделяемое проводником при прохождении по нему электрического тока, прямо пропорциональна квадрату тока, умноженному на сопротивление проводника и время, в течение которого ток проходит по проводнику.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется потенциалом, как они рассчитываются? Чему равен потенциал заземленной точки?
2. Приведите пример расчета потенциальной диаграммы.
3. Сформулируйте 1 и 2 законы Кирхгофа (формулы). Для каких цепей они применяются?
4. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца (формула).
5. Защита проводов от токов короткого замыкания.

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.

Лабораторное занятие

Исследование сложной электрической цепи

Практическое занятие

Расчет сложной электрической цепи.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.4. подробно описаны в учебнике [1] глава 6, [2] глава 4.1, 4.2, 5.1, 5.4, 5.5, [4] глава 1.2, 1.4, 1.5, 1.6.

Сложной называется электрическая цепь, которая содержит два и более контура. Второй закон Кирхгофа — алгебраическая сумма падений напряжений, действующих в замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС, действующих в этом же контуре. Существует несколько методов расчета сложных электрических цепей. При решении с помощью метода контурных токов, составляют уравнения по второму закону Кирхгофа в количестве равном количеству простых контуров. При решении с помощью метода узлового напряжения определяют узловое напряжение и проводимость каждой ветви. В методе наложения заменяют одну схему с n источниками ЭДС и (или) тока n такими же схемами, с одним источником в каждой.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите порядок расчета электрической цепи с помощью законов Кирхгофа.
2. Приведите порядок расчета электрической цепи с помощью метода двух узлов.
3. Приведите порядок расчета электрической цепи с помощью контурных токов.
4. Какие вы знаете химические источники тока?
5. Способы соединения химических источников тока, свойства.
6. Назовите физическую сущность магнитного поля, назовите характеристики магнитного поля.
7. Сформулируйте правило буравчика, правило правой руки, правило левой руки. Где они применяются?

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.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.5. подробно описаны в учебнике [1] глава 7, [2] глава 8.1, 8.4.

Магнитное поле это одна из двух сторон электромагнитного поля, характеризующаяся воздействием на электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной заряду частицы и ее скорости. Магнитное поле изображается силовыми линиями. Магнитная индукция это векторная величина, характеризующая магнитное поле и определяющая силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля. Абсолютная магнитная проницаемость величина, отражающая магнитные свойства среды. Напряженность магнитного поля — векторная величина, не зависящая от свойств среды, и которая определяется только токами в проводниках, создающими магнитное поле. Магнитный поток это произведение площади поперечного сечения проводника на магнитную индукцию. Закон полного тока позволяет установить зависимость между напряженностью магнитного поля и создающими его токами. Закон полного тока — циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру равна алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром. Магнитные линии двух проводников с токами разных направлений в пространстве между проводниками направлены в одну сторону. Магнитные линии, имеющие одинаковое направление, будут взаимно отталкиваться. Поэтому проводники с токами противоположного направления отталкиваются один от другого.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные понятия магнитного поля.
2. Дайте определение магнитной индукции, магнитного потока, потокосцепления (формулы, единицы измерения).
3. Дайте определение магнитной проницаемости, напряженности магнитного поля.
4. Сформулируйте закон полного тока (формула).

Тема 1.6. Ферромагнетизм. Магнитная цепь

Содержание учебного материала

Классификация ферромагнитных материалов. Петля гистерезиса. Магнитная цепь. Законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей. Расчеты магнитных цепей.

Практическое занятие

Расчет магнитной цепи.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.6. подробно описаны в учебнике [1] глава 8, [2] глава 8.7, 8.8, 8.9.

Ферромагнитные материалы служат проводниками магнитного потока. Их свойства характеризуются кривыми намагничивания, связывающими напряженность магнитного поля, действующего на материал, с магнитной индукцией, возникающей в материале. Совокупность устройств, содержащих ферромагнитные тела и образующих замкнутую цепь, в которой при наличии магнитодвижущей силы образуется магнитный поток и вдоль которой замыкаются линии магнитной индукции, называют магнитной цепью. Первый закон Кирхгофа — алгебраическая сумма магнитных потоков для любого узла магнитной цепи равна нулю. Второй закон Кирхгофа — алгебраическая сумма намагничивающих сил для любого замкнутого контура магнитной цепи равна алгебраической сумме магнитных напряжений на отдельных его участках. Закон Ома — магнитный поток для участка цепи прямо пропорционален магнитному напряжению на этом участке. Неразветвленные магнитные цепи рассчитываются при помощи закона полного тока и законов Кирхгофа. Если задан поток или индукция на каком-либо участке цепи и требуется определить намагничивающую силу, то расчет выполняется по кривым намагничивания.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите свойства ферромагнитных материалов, физическая сущность ферромагнетиков.
2. Что называется магнитным насыщением? Явление гистерезиса, петля гистерезиса. Остаточная индукция.
3. Магнитная цепь. Виды магнитных цепей.
4. Приведите пример прямого расчета магнитной цепи.
5. Электромагниты. Расчет отрывной силы электромагнита.

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.

Лабораторное занятие

Проверка законов электромагнитной индукции

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.7. подробно описаны в учебнике [1] глава 9, [2] глава 10, [4], глава 9.1.

Закон электромагнитной индукции — электродвижущая сила, индуцируемая в замкнутом контуре при изменении сцепленного с ним магнитного потока равна скорости изменения потокосцепления, взятого с противоположным знаком. Механическая энергия при перемещении проводника в магнитном поле преобразуется в электрическую. Полученная проводником электрическая энергия источника преобразуется в механическую и тепловую энергию. Явление самоиндукции заключается в появлении ЭДС индукции в самом проводнике при изменении тока в нем. Если переменное магнитное поле, созданное током одной катушки, пересекает витки другой катушки, и наоборот, на зажимах последней катушки возникает ЭДС, которую называют ЭДС взаимной индукции. Взаимная индуктивность зависит от числа витков катушек, их размеров и взаимного расположения, а также от магнитных свойств среды.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте закон электромагнитной индукции (формула). Где он применяется?
2. Какие токи называются вихревыми? Явление самоиндукции, ЭДС самоиндукции.
3. Энергия магнитного поля (запишите формулу, единицы измерения).

Задание для домашней контрольной работы № 1

Задания на контрольную работу № 1 составлены в 50 вариантах. Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам шифра студента таблицы 1.

Таблица 1

Варианты контрольной работы

Две последние цифры шифра		Номер варианта	Номера задач	Две последние цифры шифра		Номер варианта	Номера задач
01	51	1	1,11,21,31	26	76	26	6,18,30,32
02	52	2	2,12,22,32	27	77	27	7,19,21,33
03	53	3	3,13,23,33	28	78	28	8,20,22,34
04	54	4	4,14,24,34	29	79	29	9,11,23,35
05	55	5	5,15,25,35	30	80	30	10,12,24,36
06	56	6	6,16,26,36	31	81	31	1,14,27,40
07	57	7	7,17,27,37	32	82	32	2,15,28,31
08	58	8	8,18,28,38	33	83	33	3,16,29,32
09	59	9	9,19,29,39	34	84	34	4,17,30,33
10	60	10	10,20,30,40	35	85	35	5,18,21,34
11	61	11	1,12,23,34	36	86	36	6,19,22,35
12	62	12	2,13,24,35	37	87	37	7,20,23,36
13	63	13	3,14,25,36	38	88	38	8,11,24,37
14	64	14	4,15,26,37	39	89	39	9,12,25,38
15	65	15	5,16,27,38	40	90	40	10,13,26,39
16	66	16	6,17,28,39	41	91	41	1,15,29,33
17	67	17	7,18,29,40	42	92	42	2,16,30,34
18	68	18	8,19,30,31	43	93	43	3,17,21,35
19	69	19	9,20,21,32	44	94	44	4,18,22,36
20	70	20	10,11,22,33	45	95	45	5,19,23,37
21	71	21	1,13,25,37	46	96	46	6,20,24,38
22	72	22	2,14,26,38	47	97	47	7,11,25,39
23	73	23	3,15,27,39	48	98	48	8,12,26,40
24	74	24	4,16,28,40	49	99	49	9,13,27,31
25	75	25	5,17,29,31	50	00	50	10,14,28,32

Задачи к контрольной работе № 1

Задача № 1

На рисунке 1 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 7,8 \text{ мкФ}$, $C_2 = 18 \text{ мкФ}$, $C_3 = 20 \text{ мкФ}$, $C_4 = 16 \text{ мкФ}$, $C_5 = 14 \text{ мкФ}$, $U = 20 \text{ В}$.

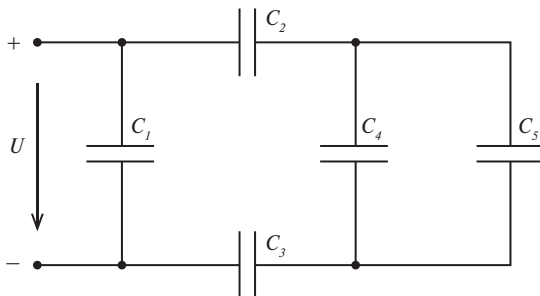


Рис. 1

Задача № 2

На рисунке 2 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 18 \text{ мкФ}$, $C_2 = 20 \text{ мкФ}$, $C_3 = 15 \text{ мкФ}$, $C_4 = 80 \text{ мкФ}$, $C_5 = 80 \text{ мкФ}$, $U = 25 \text{ В}$.

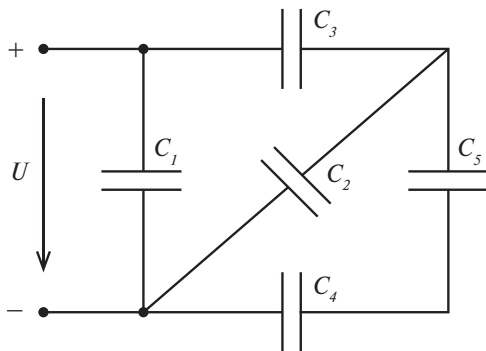


Рис. 2

Задача № 3

На рисунке 3 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 13 \text{ мкФ}$, $C_2 = 17 \text{ мкФ}$, $C_3 = 24 \text{ мкФ}$, $C_4 = 15 \text{ мкФ}$, $C_5 = 10 \text{ мкФ}$, $U = 12 \text{ В}$.

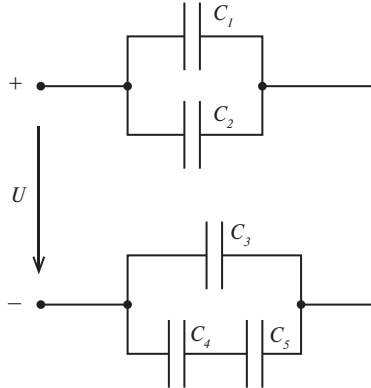


Рис. 3

Задача № 4

На рисунке 4 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 14 \text{ мкФ}$, $C_2 = 15 \text{ мкФ}$, $C_3 = 6,4 \text{ мкФ}$, $C_4 = 6 \text{ мкФ}$, $C_5 = 9 \text{ мкФ}$, $U = 10 \text{ В}$.

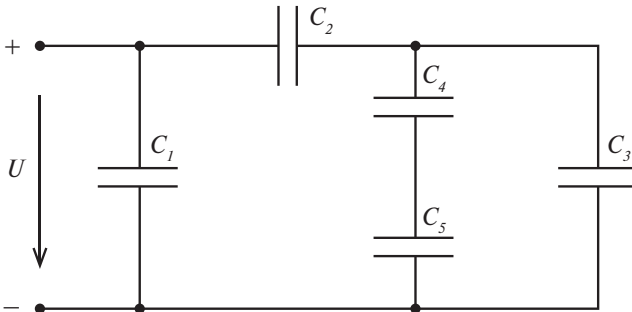


Рис. 4

Задача № 5

На рисунке 5 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 6 \text{ мкФ}$, $C_2 = 6,8 \text{ мкФ}$, $C_3 = 5 \text{ мкФ}$, $C_4 = 18 \text{ мкФ}$, $C_5 = 7 \text{ мкФ}$, $U = 30 \text{ В}$.

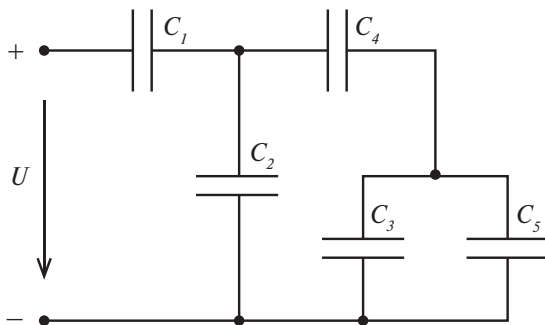


Рис. 5

Задача № 6

На рисунке 6 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 15 \text{ мкФ}$, $C_2 = 10 \text{ мкФ}$, $C_3 = 5,2 \text{ мкФ}$, $C_4 = 8 \text{ мкФ}$, $C_5 = 12 \text{ мкФ}$, $U = 100 \text{ В}$.

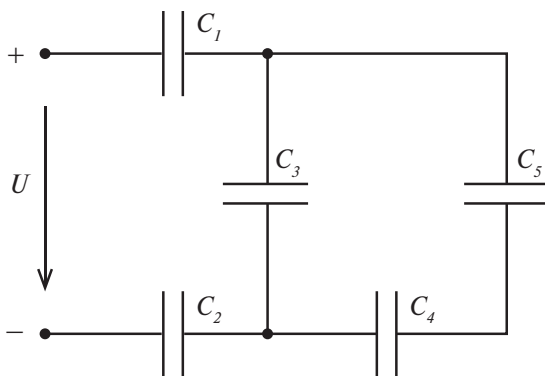


Рис. 6

Задача № 7

На рисунке 7 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 11,9$ мкФ, $C_2 = 7$ мкФ, $C_3 = 3$ мкФ, $C_4 = 10$ мкФ, $C_5 = 15$ мкФ, $U = 100$ В.

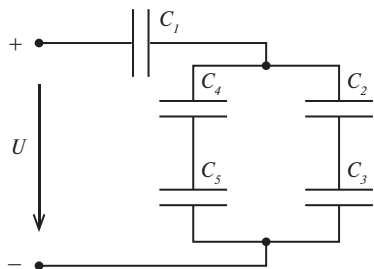


Рис. 7

Задача № 8

На рисунке 8 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 8$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 6$ мкФ, $C_4 = 12$ мкФ, $C_5 = 3,6$ мкФ, $U = 100$ В.

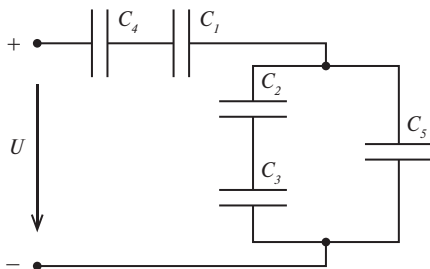


Рис. 8

Задача № 9

На рисунке 9 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию,

накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 10$ мкФ, $C_2 = 20$ мкФ, $C_3 = 30$ мкФ, $C_4 = 8$ мкФ, $C_5 = 30$ мкФ, $U = 60$ В.

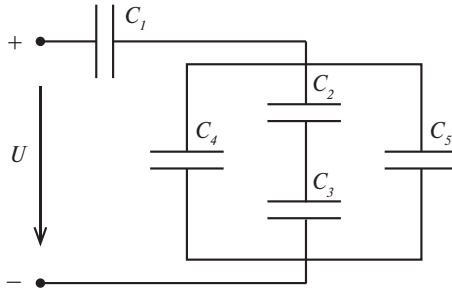


Рис. 9

Задача № 10

На рисунке 10 приведена схема соединения конденсаторов. Начертить схему. Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора, а также энергию, накопленную всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 13$ мкФ, $C_2 = 6,5$ мкФ, $C_3 = 7$ мкФ, $C_4 = 7$ мкФ, $C_5 = 8$ мкФ, $U = 50$ В.

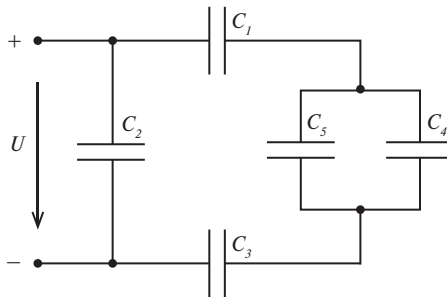


Рис. 10

Задача 11

Для схемы, изображенной на рисунке 11, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 11,5$ Ом, $R_4 = 5$ Ом, $R_5 = 4$ Ом, $R_6 = 2$ Ом, $R_7 = 4$ Ом, $U_4 = 10$ В. Начертить схему и проставить токи.

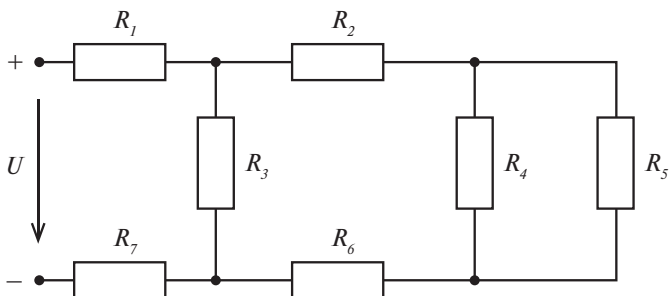


Рис. 11

Задача 12

Для схемы, изображенной на рисунке 12, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_3 = 4$ Ом, $R_4 = 3$ Ом, $R_5 = 2,5$ Ом, $R_6 = 5,5$ Ом, $R_7 = 3,66$ Ом, $I_5 = 2$ А. Начертить схему и проставить токи.

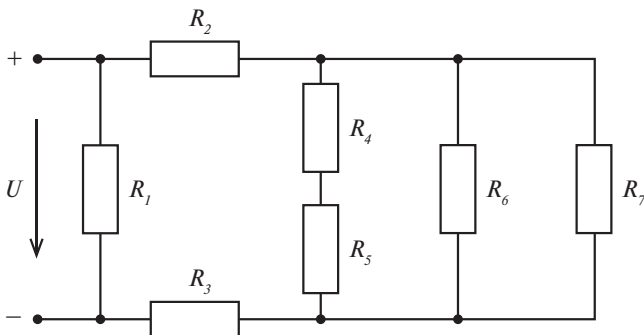


Рис. 12

Задача 13

Для схемы, изображенной на рисунке 13, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $R_4 = 6$ Ом, $R_5 = 8$ Ом, $R_6 = 5$ Ом, $R_7 = 4$ Ом, $I_3 = 3$ А. Начертить схему и проставить токи.

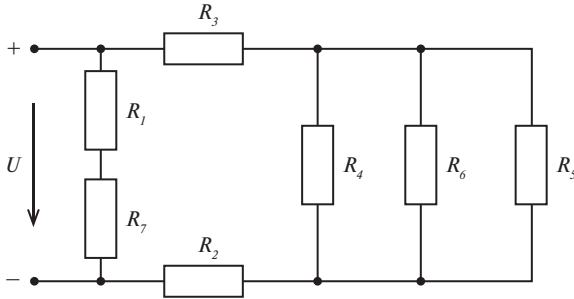


Рис. 13

Задача 14

Для схемы, изображенной на рисунке 14, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 8$ Ом, $R_5 = 5$ Ом, $R_6 = 4$ Ом, $R_7 = 6$ Ом, $U_6 = 8$ В. Начертить схему и проставить токи.

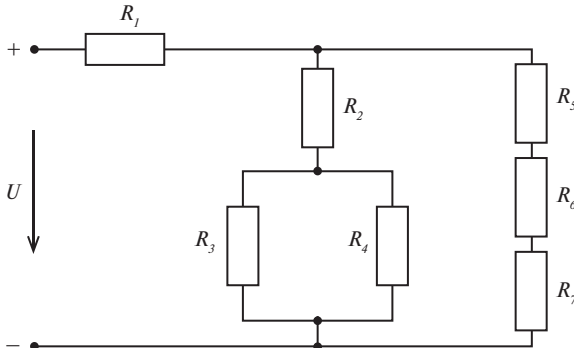


Рис. 14

Задача 15

Для схемы, изображенной на рисунке 15, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 2,6$ Ом, $R_3 = 2,5$ Ом, $R_4 = 1,5$ Ом, $R_5 = 4$ Ом, $R_6 = 6$ Ом, $R_7 = 5$ Ом, $I_3 = 4$ А. Начертить схему и проставить токи.

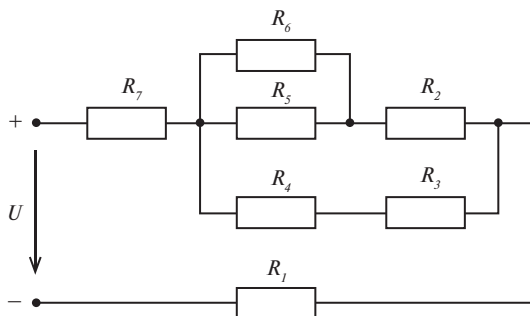


Рис. 15

Задача 16

Для схемы, изображенной на рисунке 16, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_3 = 2,4$ Ом, $R_4 = 4,6$ Ом, $R_5 = 3$ Ом, $R_6 = 2,5$ Ом, $R_7 = 4$ Ом, $U_3 = 10$ В. Начертить схему и проставить токи.

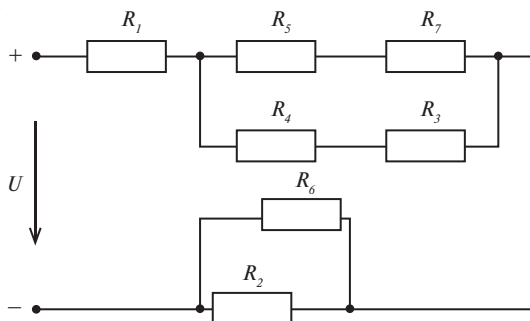


Рис. 16

Задача 17

Для схемы, изображенной на рисунке 17, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 4,545$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 4$ Ом, $R_4 = 22$ Ом, $R_5 = 5$ Ом, $R_6 = 10$ Ом, $R_7 = 20$ Ом, $I_5 = 4$ А. Начертить схему и проставить токи.

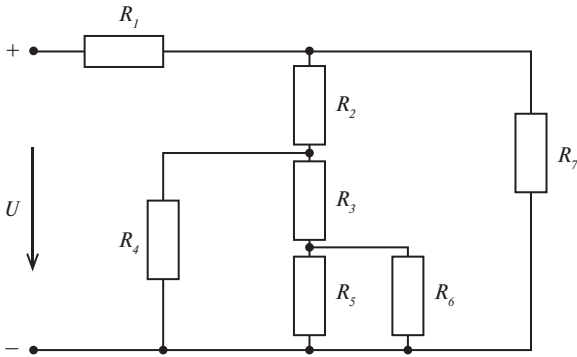


Рис. 17

Задача 18

Для схемы, изображенной на рисунке 18, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 1,25 \text{ Ом}$, $R_2 = 15 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 2 \text{ Ом}$, $R_5 = 12 \text{ Ом}$, $R_6 = 8 \text{ Ом}$, $R_7 = 4 \text{ Ом}$, $U_7 = 10 \text{ В}$. Начертить схему и проставить токи.

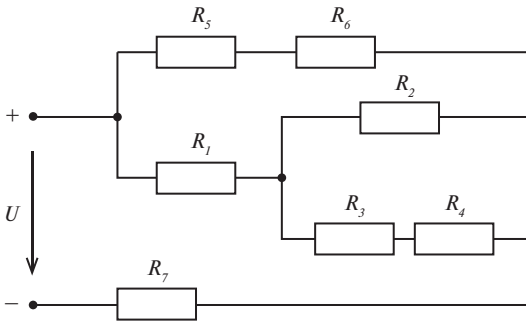


Рис. 18

Задача 19

Для схемы, изображенной на рисунке 19, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 4,8 \text{ Ом}$, $R_6 = 8 \text{ Ом}$, $R_7 = 8 \text{ Ом}$, $I_2 = 3 \text{ А}$. Начертить схему и проставить токи.

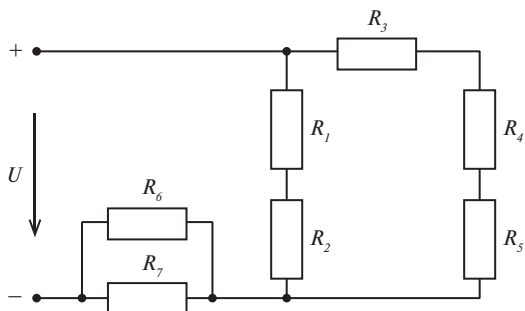


Рис. 19

Задача 20

Для схемы, изображенной на рисунке 20, определить эквивалентное сопротивление, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Определить напряжение на зажимах цепи и мощность, потребляемую цепью, если $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 12 \text{ Ом}$, $R_5 = 5 \text{ Ом}$, $R_6 = 6 \text{ Ом}$, $R_7 = 6 \text{ Ом}$, $U_3 = 20 \text{ В}$. Начертить схему и проставить токи.

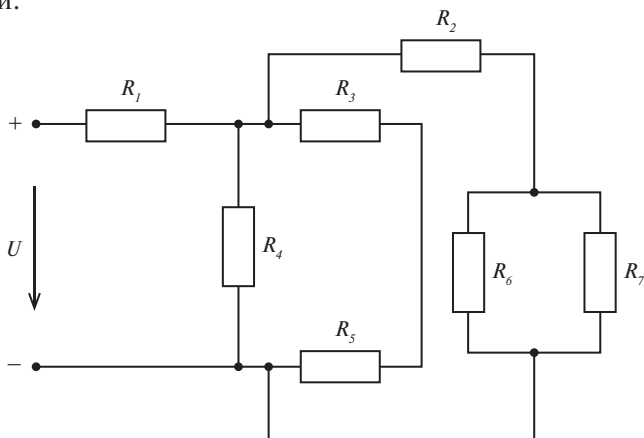


Рис. 20

Задача 21

Для цепи, изображенной на рисунке 21 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему

уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 90\text{В}$, $E_2 = 160\text{В}$, $R_1 = 20,4\ \text{Ом}$, $R_2 = 24,7\ \text{Ом}$, $R_3 = 4\ \text{Ом}$, $R_4 = 3\ \text{Ом}$, $R_5 = 2\ \text{Ом}$, $R_{01} = 0,6\ \text{Ом}$, $R_{02} = 0,3\ \text{Ом}$.

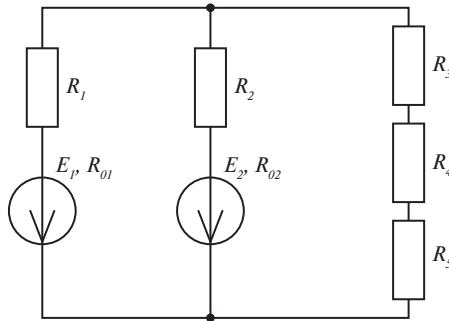


Рис. 21

Задача 22

Для цепи, изображенной на рисунке 22 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 60\text{В}$, $E_2 = 200\text{В}$, $R_1 = 12\ \text{Ом}$, $R_2 = 4\ \text{Ом}$, $R_3 = 6,9\ \text{Ом}$, $R_4 = 8,9\ \text{Ом}$, $R_5 = 7,8\ \text{Ом}$, $R_{01} = 0,2\ \text{Ом}$, $R_{02} = 0,2\ \text{Ом}$.

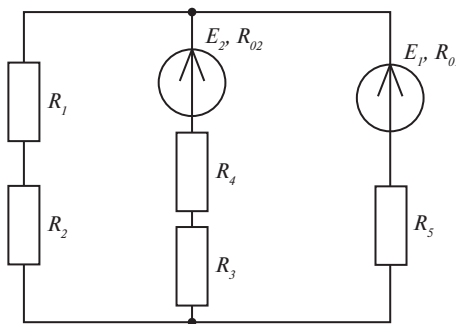


Рис. 22

Задача 23

Для цепи, изображенной на рисунке 23 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 130\text{В}$, $E_2 = 110\text{В}$, $R_1 = 20,9\ \text{Ом}$, $R_2 = 18,5\ \text{Ом}$, $R_3 = 2,3\ \text{Ом}$, $R_4 = 7\ \text{Ом}$, $R_5 = 5\ \text{Ом}$, $R_{01} = 0,1\ \text{Ом}$, $R_{02} = 0,2\ \text{Ом}$.

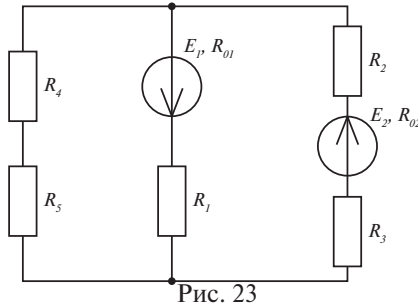


Рис. 23

Задача 24

Для цепи, изображенной на рисунке 24 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 80\text{В}$, $E_2 = 170\text{В}$, $R_1 = 8\ \text{Ом}$, $R_2 = 6\ \text{Ом}$, $R_3 = 17,8\ \text{Ом}$, $R_4 = 10\ \text{Ом}$, $R_5 = 12\ \text{Ом}$, $R_{01} = 1\ \text{Ом}$, $R_{02} = 0,2\ \text{Ом}$.

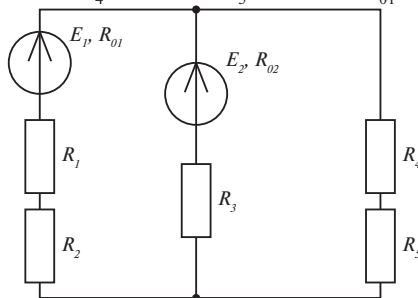


Рис. 24

Задача 25

Для цепи, изображенной на рисунке 25 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 70\text{В}$, $E_2 = 200\text{В}$, $R_1 = 18,5\text{ Ом}$, $R_2 = 10\text{ Ом}$, $R_3 = 24,8\text{ Ом}$, $R_4 = 6\text{ Ом}$, $R_5 = 12\text{ Ом}$, $R_{01} = 0,5\text{ Ом}$, $R_{02} = 0,2\text{ Ом}$.

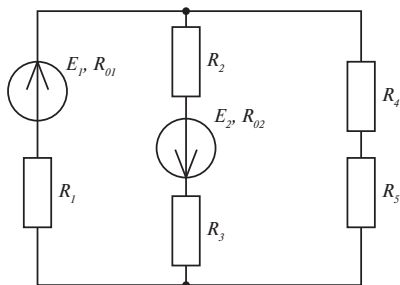


Рис. 25

Задача 26

Для цепи, изображенной на рисунке 26 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 100\text{В}$, $E_2 = 160\text{В}$, $R_1 = 8\text{ Ом}$, $R_2 = 4\text{ Ом}$, $R_3 = 16,7\text{ Ом}$, $R_4 = 6\text{ Ом}$, $R_5 = 5,9\text{ Ом}$, $R_{01} = 0,3\text{ Ом}$, $R_{02} = 0,1\text{ Ом}$.

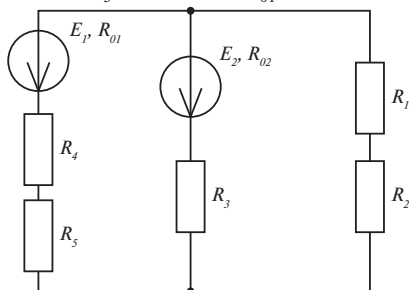


Рис. 26

Задача 27

Для цепи, изображенной на рисунке 27 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 110\text{В}$, $E_2 = 150\text{В}$, $R_1 = 12\text{ Ом}$, $R_2 = 7,7\text{ Ом}$, $R_3 = 21,9\text{ Ом}$, $R_4 = 6\text{ Ом}$, $R_5 = 10\text{ Ом}$, $R_{01} = 0,3\text{ Ом}$, $R_{02} = 0,1\text{ Ом}$.

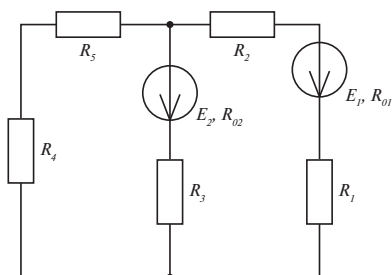


Рис. 27

Задача 28

Для цепи, изображенной на рисунке 28 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 240\text{В}$, $E_2 = 210\text{В}$, $R_1 = 24,8\text{ Ом}$, $R_2 = 19,9\text{ Ом}$, $R_3 = 7\text{ Ом}$, $R_4 = 6\text{ Ом}$, $R_5 = 3\text{ Ом}$, $R_{01} = 0,2\text{ Ом}$, $R_{02} = 0,1\text{ Ом}$.

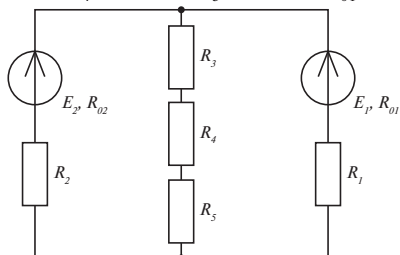


Рис. 28

Задача 29

Для цепи, изображенной на рисунке 29 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 120\text{В}$, $E_2 = 100\text{В}$, $R_1 = 20,4\text{ Ом}$, $R_2 = 3,5\text{ Ом}$, $R_3 = 18,3\text{ Ом}$, $R_4 = 3,5\text{ Ом}$, $R_5 = 12\text{ Ом}$, $R_{01} = 0,1\text{ Ом}$, $R_{02} = 0,2\text{ Ом}$.

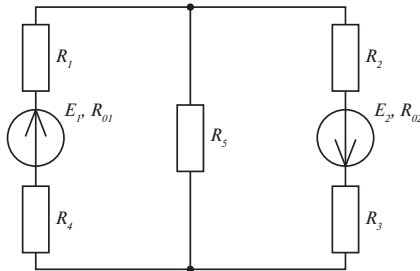


Рис. 29

Задача 30

Для цепи, изображенной на рисунке 30 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Проставить направление токов в ветвях. Решать систему уравнений не следует. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 160\text{В}$, $E_2 = 90\text{В}$, $R_1 = 29,7\text{ Ом}$, $R_2 = 9,7\text{ Ом}$, $R_3 = 16\text{ Ом}$, $R_4 = 5\text{ Ом}$, $R_5 = 14\text{ Ом}$, $R_{01} = 0,3\text{ Ом}$, $R_{02} = 0,3\text{ Ом}$.

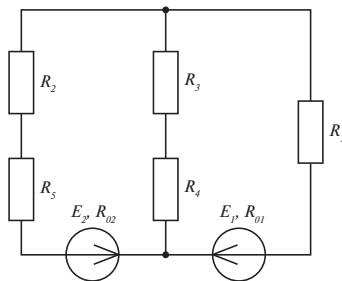


Рис. 30

Задача 31–40

Магнитопровод электромагнита изготовлен из электротехнической стали (рисунок 31). Состоит из сердечника длиной L_1 , якоря длиной L_2 и двух воздушных зазоров L_{01} и L_{02} . Ширина участков магнитопровода равна соответственно a_1 и a_2 , толщина b . Число витков обмотки равно w , сила притяжения якоря F . Определить силу тока в катушке и установить зависимость силы тока в катушке, необходимого для создания заданной подъемной силы электромагнита от величины воздушного зазора. Данные для своего варианта взять из таблицы 2.

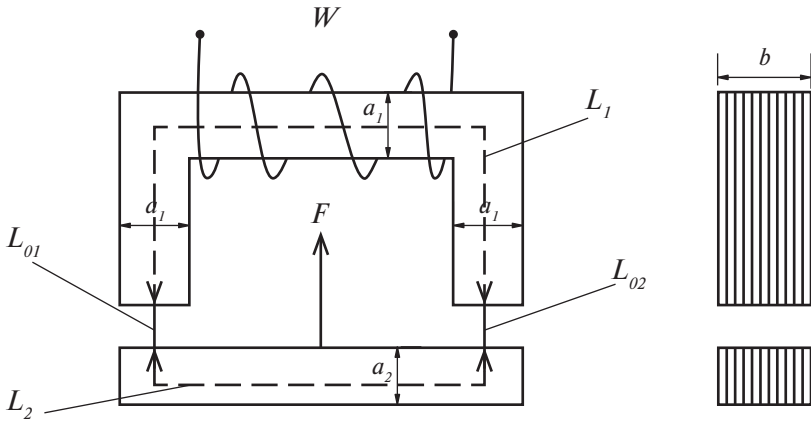


Рис. 31

Таблица 2

Номер задачи	L_1 , см	L_2 , см	a_1 , см	a_2 , см	w , см	$L_{01}=L_{02}$, мм	W	F , Н
Задача 31	150	40	4	3	5	1	180	2000
Задача 32	210	50	5	4	4	1	200	3000
Задача 33	120	30	3	2	5	1,5	190	2700
Задача 34	140	60	4	3	4	1,5	210	2600
Задача 35	150	50	3	2	5	2	220	2500
Задача 36	140	30	5	4	4	2	200	2400
Задача 37	130	50	4	3	5	1	160	2300
Задача 38	170	30	3	2	4	1	170	2200
Задача 39	180	40	5	4	5	1,5	180	2100
Задача 40	200	25	4	3	4	2	190	2000

Методические указания по выполнению контрольной работы № 1

Задачи 1–10

Для того чтобы приступить к решению задач 1–10 нужно изучить учебник [1], главу 1 и 2.

Конденсатор представляет собой устройство, состоящее из двух пластин разделенных слоем диэлектрика. В зависимости от диэлектрика конденсаторы бывают бумажными, воздушными, электролитическими, слюдяными и т.д. По конструкции конденсаторы бывают плоскими, цилиндрическими и т.д. Основной характеристикой конденсатора является электрическая емкость C , таблица 3.

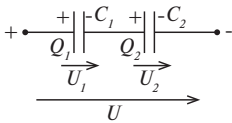
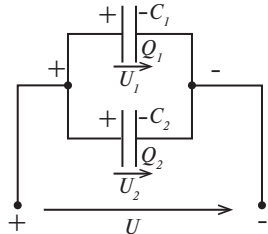
Электрическая емкость конденсатора равна отношению заряда одной из пластин конденсатора к приложенному напряжению.

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

электрическая емкость измеряется в Фарадах [Ф]

Таблица 3

Свойства цепи при последовательном и параллельном соединении конденсаторов

Вид соединения, схема	Напряже- ние	Заряд	Эквивалентная емкость
Последовательное соединение 	$U = U_1 + U_2$	$Q = Q_1 = Q_2$	$C_{\text{экв}} = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2)$
Параллельное соединение 	$U = U_1 = U_2$	$Q = Q_1 + Q_2$	$C_{\text{экв}} = C_1 + C_2$

Пример 1

Определить эквивалентную емкость, заряд и напряжение каждого конденсатора, энергию, накопленную всей батареей конденсаторов для изображенной ниже схемы (рисунок 32), если

Дано:

$C_1 = 15 \text{ мкФ}$, $C_2 = 10 \text{ мкФ}$, $C_3 = 15 \text{ мкФ}$, $C_4 = 4 \text{ мкФ}$, $C_5 = 5 \text{ мкФ}$,
 $C_6 = 5 \text{ мкФ}$, $U = 100 \text{ В}$.

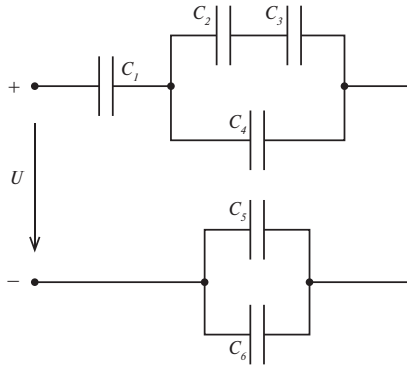


Рис. 32

Решение.

Данную задачу решаем методом «свертывания».

1. Определяем эквивалентную емкость батареи конденсаторов. Конденсаторы C_2 и C_3 соединены последовательно, заменим их одним эквивалентным конденсатором C_{23} и начертим схему.

$$C_{23} = C_2 \cdot C_3 / (C_2 + C_3) = 10 \cdot 15 / (10 + 15) = 6 \text{ мкФ}$$

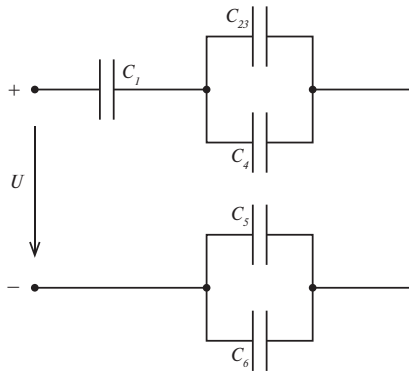


Рис. 32.1

Конденсаторы C_5 и C_6 соединены параллельно, заменим их одним эквивалентным конденсатором C_{56} и начертим схему.

$$C_{56} = C_5 + C_6 = 5 + 5 = 10 \text{ мкФ}$$

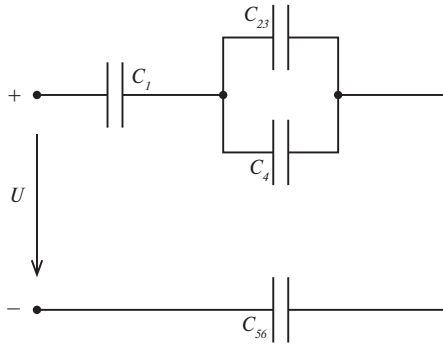


Рис. 32.2

Конденсаторы C_{23} и C_4 соединены параллельно, заменим их одним эквивалентным конденсатором C_{234} и начертим схему:

$$C_{234} = C_{23} + C_4 = 6 + 4 = 10 \text{ мкФ.}$$

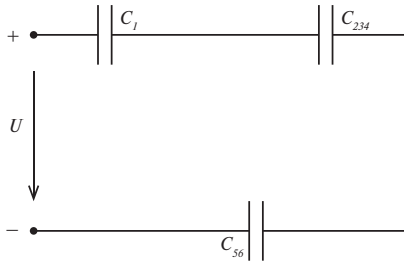


Рис. 32.3

Конденсаторы C_1 и C_{234} соединены последовательно, заменим их эквивалентным конденсатором C_{1-4} и начертим схему:

$$C_{1-4} = C_1 \cdot C_{234} / (C_1 + C_{234}) = 15 \cdot 10 / (15 + 10) = 6 \text{ мкФ.}$$

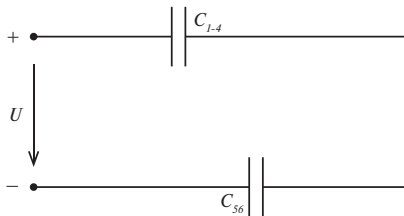


Рис. 32.4

Конденсаторы C_{1-4} и C_{56} соединены последовательно, заменим их эквивалентным конденсатором $C_{\text{эКВ}}$:

$$C_{\text{эКВ}} = C_{1-4} \cdot C_{56} / (C_{1-4} + C_{56}) = 6 \cdot 10 / (6 + 10) = 3,75 \text{ мкФ} = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

2. Определим общий заряд батареи конденсаторов:

$$Q = U \cdot C_{\text{эКВ}} = 100 \cdot 3,75 \cdot 10^{-6} = 375 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

Так как конденсаторы C_1 , C_{234} и C_{56} соединены последовательно (рисунок 32.3), то их заряд будет одинаковым (таблица 3):

$$Q = Q_1 = Q_{234} = Q_{56} = 375 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

Определим напряжение на этих конденсаторах:

$$U_1 = Q_1 / C_1 = 375 \cdot 10^{-6} / 15 \cdot 10^{-6} = 25 \text{ В;}$$

$$U_{234} = Q_{234} / C_{234} = 375 \cdot 10^{-6} / 10 \cdot 10^{-6} = 37,5 \text{ В;}$$

$$U_{56} = Q_{56} / C_{56} = 375 \cdot 10^{-6} / 10 \cdot 10^{-6} = 37,5 \text{ В.}$$

Конденсаторы C_5 и C_6 соединены параллельно (рисунок 32.1), следовательно их напряжение будет одинаковым:

$$U_{56} = U_5 = U_6 = 37,5 \text{ В.}$$

Определим заряд на этих конденсаторах:

$$Q_5 = U_5 \cdot C_5 = 37,5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 187,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл;}$$

$$Q_6 = U_6 \cdot C_6 = 37,5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 187,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

Конденсаторы C_{23} и C_4 соединены параллельно (рисунок 32.2), значит напряжение на них будет одинаковым:

$$U_{234} = U_{23} = U_4 = 37,5 \text{ В.}$$

Определим заряд на этих конденсаторах:

$$Q_{23} = U_{23} \cdot C_{23} = 37,5 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 225 \cdot 10^{-6} \text{ Кл;}$$

$$Q_4 = U_4 \cdot C_4 = 37,5 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 150 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

Конденсаторы C_2 и C_3 соединены последовательно (рисунок 32), следовательно у них одинаковый заряд (таблица 3):

$$Q_{23} = Q_2 = Q_3 = 225 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

Определим напряжение на этих конденсаторах:

$$U_2 = Q_2 / C_2 = 225 \cdot 10^{-6} / 10 \cdot 10^{-6} = 22,5 \text{ В;}$$

$$U_3 = Q_3 / C_3 = 225 \cdot 10^{-6} / 15 \cdot 10^{-6} = 15 \text{ В.}$$

3 Определим энергию накопленную батареей конденсаторов:

$$W = C_{\text{эКВ}} \cdot U^2 / 2 = 3,75 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2 / 2 = 18,75 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Задачи 11–20

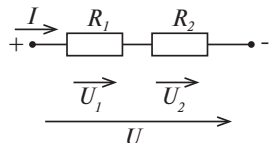
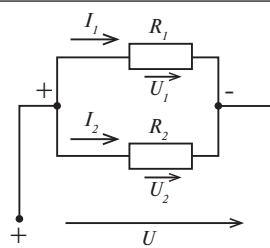
Для того чтобы приступить к решению задач 11–20 нужно изучить учебник [1], главу 4; учебник [2], главу 2; учебник [4], главу 1; учебник [5], главу 1.

Электрическая цепь со смешанным соединением резисторов состоит из участков с последовательным и параллельным соединением этих резисторов. Расчет такой схемы ведется методом «свертывания» в следующей последовательности:

1. На схеме обозначаются все узлы и проставляют токи.
2. Участки с последовательным или параллельным соединением резисторов заменяются эквивалентными резисторами и определяют их сопротивления.
3. Замена ведется до тех пор, пока в схеме не останется всего 2 резистора с одним видом соединения.
4. Определяют эквивалентное сопротивление схемы.
5. Определяют ток и напряжение на каждом резисторе, используя таблицу 4.

Таблица 4

Свойства цепи при последовательном и параллельном соединении резисторов

Вид соединения, схема	Напряжение	Ток	Эквивалентное сопротивление
	$U = U_1 + U_2$	$I = I_1 = I_2$	$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2$
	$U = U_1 = U_2$	$I = I_1 + I_2$	$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$

Пример 2

Для схемы, изображенной на рисунке 33 определить эквивалентное сопротивление, ток и напряжение на каждом резисторе, а также мощность всей цепи, если

Дано:

$$R_1 = 4 \text{ Ом}, R_2 = 5 \text{ Ом}, R_3 = 15 \text{ Ом}, R_4 = 6 \text{ Ом}, R_5 = 20 \text{ Ом}, \\ R_6 = 10 \text{ Ом}, R_7 = 20 \text{ Ом}, R_8 = 8 \text{ Ом}, I_5 = 2 \text{ А}.$$

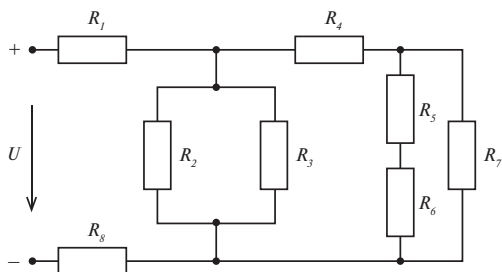


Рис. 33

Решение.

1. Обозначим направление тока на каждом резисторе:

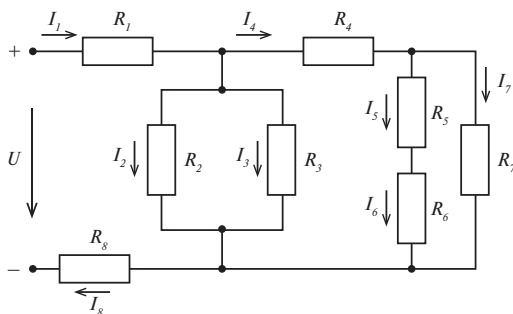


Рис. 33.1

Резисторы R_5 и R_6 соединены последовательно, определим их эквивалентное сопротивление R_{56} :

$$R_{56} = R_5 + R_6 = 20 + 10 = 30 \text{ Ом.}$$

Резисторы R_2 и R_3 соединены параллельно, определяем их эквивалентное сопротивление R_{23} :

$$R_{23} = R_2 \cdot R_3 / (R_2 + R_3) = 5 \cdot 15 / (5 + 15) = 3,75 \text{ Ом.}$$

Начертим преобразованную схему:

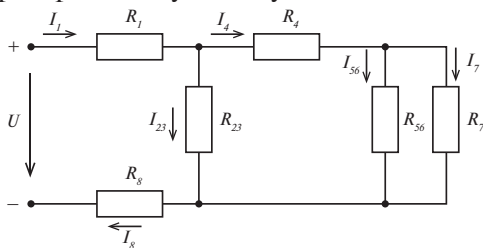


Рис. 33.2

Резисторы R_{56} и R_7 соединены параллельно, определяем R_{567} :
 $R_{567} = R_{56} \cdot R_7 / (R_{56} + R_7) = 30 \cdot 20 / (30 + 20) = 12 \text{ Ом}$.
 Преобразованная схема имеет вид:

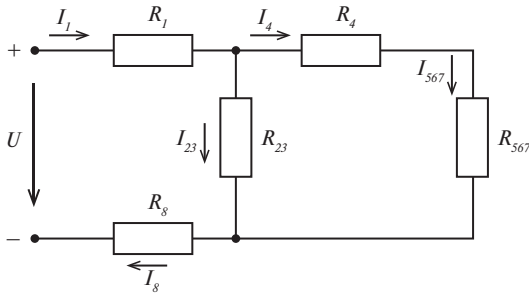


Рис. 33.3

Резисторы R_4 и R_{567} соединены последовательно. Определим R_{4-7} :
 $R_{4-7} = R_4 + R_{567} = 6 + 12 = 18 \text{ Ом}$.
 Начертим схему:

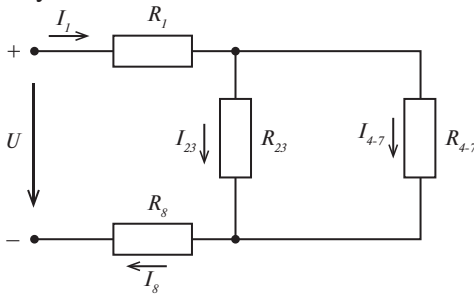


Рис. 33.4

Резисторы R_{23} и R_{4-7} соединены параллельно, определяем R_{2-7} :
 $R_{2-7} = R_{23} \cdot R_{4-7} / (R_{23} + R_{4-7}) = 3,75 \cdot 18 / (3,75 + 18) = 3,1 \text{ Ом}$.
 Преобразованная схема имеет вид:

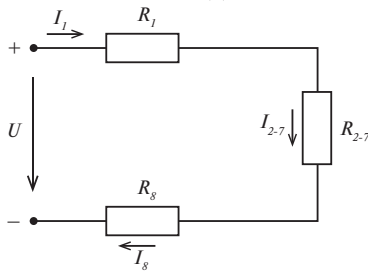


Рис. 33.5

Так как преобразованная схема содержит только последовательное соединение резисторов, то можем определить $R_{\text{экв}}$:

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_{2-7} + R_8 = 4 + 3,1 + 8 = 15,1 \text{ Ом.}$$

2. Определим токи и напряжения на всех участках электрической цепи. Так как в условии задачи дано $I_5 = 2 \text{ А}$, то расчет будем вести именно с этого сопротивления. Если известен ток на этом участке, то согласно закону Ома можно определить U_5 :

$$U_5 = I_5 \cdot R_5 = 2 \cdot 20 = 40 \text{ В.}$$

Так как последовательно с R_5 включен резистор R_6 , то токи на этих резисторах будут равны (таблица 4):

$$I_5 = I_6 = 2 \text{ А;}$$

$$U_6 = I_6 \cdot R_6 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ В.}$$

Напряжение этого участка:

$$U_{56} = U_5 + U_6 = 40 + 20 = 60 \text{ В.}$$

Из рисунка 33.2 видно, что параллельно резистору R_{56} включен резистор R_7 , а при параллельном соединении напряжения равны (таблица 4):

$$U_{56} = U_7 = 60 \text{ В;}$$

$$I_7 = U_7 / R_7 = 60 / 20 = 3 \text{ А.}$$

Определим ток на участке с R_{567} :

$$I_{567} = U_7 / R_{567} = 60 / 12 = 5 \text{ А.}$$

Резисторы R_4 и R_{567} соединены последовательно (рисунок 33.3), таким образом, токи этих резисторов будут равны: $I_4 = I_{567} = 5 \text{ А}$

Напряжение на R_4 определим:

$$U_4 = I_4 \cdot R_4 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В.}$$

Определим напряжение на R_{4-7} :

$$U_{4-7} = U_4 + U_{56} = 30 + 60 = 90 \text{ В.}$$

Из рисунка 33.4 видно, что резисторы R_{23} и R_{4-7} соединены параллельно, следовательно, их напряжения равны:

$$U_{23} = U_{4-7} = 90 \text{ В.}$$

Определим ток I_{23} :

$$I_{23} = U_{23} / R_{23} = 90 / 3,75 = 24 \text{ А.}$$

Резисторы R_2 и R_3 соединены параллельно, значит, напряжения на этих резисторах будут равны:

$$U_{23} = U_2 = U_3 = 90 \text{ В.}$$

Определим токи на этих резисторах:

$$I_2 = U_2 / R_2 = 90 / 5 = 18 \text{ А;}$$

$$I_3 = U_3 / R_3 = 90 / 15 = 6 \text{ А.}$$

Определим ток на резисторе R_{2-7} :

$$I_{2-7} = U_{23} / R_{2-7} = 90 / 3,1 = 29,03 \text{ А.}$$

Из рисунка 33.5 видно, что резисторы R_1 , R_{2-7} и R_8 соединены последовательно, таким образом, через них проходит одинаковый ток:

$$I_{2-7} = I_1 = I_8 = 29,03 \text{ А.}$$

Определим напряжения на этих резисторах:

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 29,03 \cdot 4 = 116,12 \text{ В;}$$

$$U_8 = I_8 \cdot R_8 = 29,03 \cdot 8 = 232,24 \text{ В.}$$

Определим напряжение источника энергии:

$$U = U_1 + U_{2-7} + U_8 = 116,12 + 90 + 232,24 = 438,36 \text{ В.}$$

Ток всей цепи можно определить двумя способами:

$$\text{или } I = I_1 = 29,03 \text{ А}$$

$$\text{или по закону Ома } I = U / R_{\text{экв}} = 438,36 / 15,1 = 29,03 \text{ А.}$$

3. Определим мощность все цепи:

$$P = U \cdot I = 438,36 \cdot 29,03 = 12725,6 \text{ Вт.}$$

Задачи 21–30

Для решения задач 21–30 необходимо изучить учебник [1], главу 6; учебник [2], главу 2; учебник [4], главу 1; учебник [5], главу 1.

На рисунках 21–30 представлены сложные электрические цепи постоянного тока, состоящие из нескольких ветвей, узлов и контуров.

Ветвью электрической цепи называется участок электрической цепи, состоящий из последовательно соединенных элементов и по которому проходит одинаковый ток.

Узел электрической цепи называется место соединения трех и более ветвей.

Контуром называется замкнутый участок электрической цепи, состоящий из нескольких ветвей.

Сложные электрические цепи состоят из нескольких ветвей и контуров.

Пример 3

Для цепи, изображенной на рисунке 34 составить уравнения для определения токов путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Определить токи в ветвях методом контурных токов. Правильность расчета проверить с помощью метода узлового напряжения. Определить режимы работы активных элементов и составить баланс мощности, если $E_1 = 150 \text{ В}$, $E_2 = 170 \text{ В}$, $R_1 = 19,5 \text{ Ом}$, $R_2 = 24 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$, $R_4 = 10 \text{ Ом}$, $R_5 = 25 \text{ Ом}$, $R_{01} = 0,5 \text{ Ом}$, $R_{02} = 0,1 \text{ Ом}$.

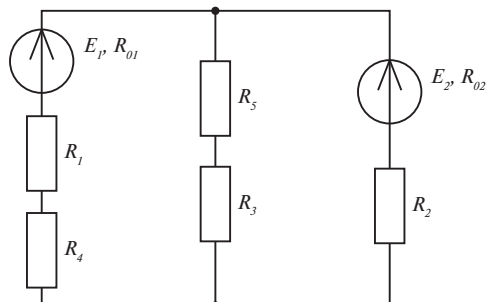


Рис. 34

Решение.

1. При расчете сложной электрической цепи с помощью законов Кирхгофа выбирают произвольно направление токов в ветвях и направление обхода контуров. Затем составляют уравнения. Число независимых узловых уравнений, составленных с помощью первого закона Кирхгофа должно быть на единицу меньше количества узлов в схеме. Число независимых уравнений, составленных с помощью второго закона Кирхгофа должно равняться числу независимых контуров. Общая система уравнений должна состоять из числа уравнений равных числу искомых неизвестных.

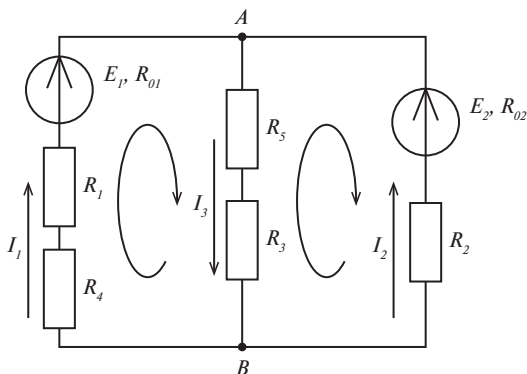


Рис. 34.1

В начале проанализируем схему: в цепи 2 узла, 3 ветви и 2 независимых контура. Так как схема содержит 3 ветви, то в схеме протекает 3 тока, следовательно, наша система уравнений будет содержать 3 уравнения. По первому закону Кирхгофа составляем $n - 1 = 1$ (где n — число узлов) уравнений.

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Оставшиеся 2 уравнения составляем с помощью второго закона Кирхгофа, задавшись направлением обхода контура (по часовой стрелке):

$$I_1 \cdot (R_1 + R_4 + R_{01}) + I_3 \cdot (R_3 + R_5 + R_{02}) = E_1$$

$$-I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) - I_3 \cdot (R_3 + R_5) = -E_2$$

Таким образом, имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ I_1 \cdot (R_1 + R_4 + R_{01}) + I_3 \cdot (R_3 + R_5 + R_{02}) = E_1 \\ -I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) - I_3 \cdot (R_3 + R_5) = -E_2 \end{cases}$$

2. Определим токи в ветвях с помощью метода контурных токов. При расчете электрических цепей с помощью метода контурных токов определяют в заданной цепи независимые замкнутые контуры и задаются условным положительным направлением контурных токов в них. Контурный ток — величина расчетная и ее измерить невозможно.

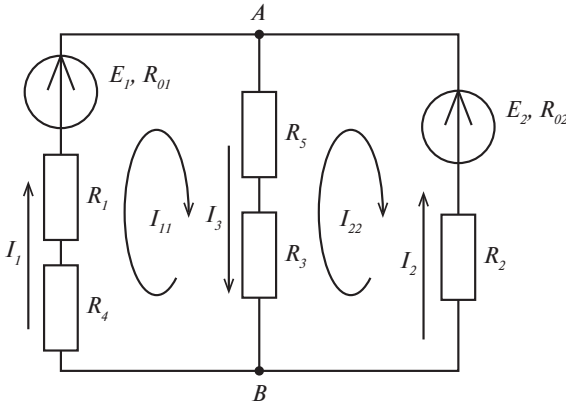


Рис. 34.2

Для определения контурных токов составляем уравнения по второму закону Кирхгофа. При этом число уравнений равняется числу контурных токов. В каждое уравнение входит алгебраическая сумма ЭДС, входящих в данный контур и общее падение напряжений в данном контуре.

Таким образом, для данной схемы необходимо составить 2 уравнения:

$$\begin{cases} I_{11} \cdot (R_1 + R_4 + R_{01} + R_3 + R_5) - I_{22} \cdot (R_3 + R_5) = E_1 \\ I_{22} \cdot (R_2 + R_3 + R_5 + R_{02}) - I_{11} \cdot (R_3 + R_5) = -E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \cdot (19,05 + 10 + 0,5 + 15 + 25) - I_{22} \cdot (15 + 25) = 150 \\ I_{22} \cdot (24 + 15 + 25 + 1) - I_{11} \cdot (15 + 25) = -170 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \cdot 70 - I_{22} \cdot 40 = 150 \\ I_{22} \cdot 65 - I_{11} \cdot 40 = -170 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \cdot 70 - I_{22} \cdot 40 = 150 \\ I_{22} \cdot 65 - I_{11} \cdot 40 = -170 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \cdot 1,75 - 3,75 = I_{22} \\ I_{22} \cdot 65 - I_{11} \cdot 40 = -170 \end{cases}$$

Данную систему уравнений решаем методом подстановки:

$$(I_{11} \cdot 1,75 - 3,75) \cdot 65 - I_{11} \cdot 40 = -170$$

$$I_{11} \cdot 113,75 - 243,75 - I_{11} \cdot 40 = -170$$

$$73,75 \cdot I_{11} = 73,75$$

$$I_{11} = 1 \text{ A}$$

$$I_{22} = 1 \cdot 1,75 - 3,75 = -2 \text{ A}$$

Определяем действительные токи в ветвях:

$$I_1 = I_{11} = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = -I_{22} = 2 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 1 + 2 = 3 \text{ A}$$

3. Проверим правильность расчета с помощью метода узлового напряжения.

Определим проводимость каждой ветви:

$$g_1 = 1 / (R_1 + R_4 + R_{01}) = 1 / (19,5 + 10 + 0,5) = 0,033 \text{ См}$$

$$g_2 = 1 / (R_2 + R_{02}) = 1 / (24 + 1) = 0,04 \text{ См}$$

$$g_3 = 1 / (R_3 + R_5) = 1 / (15 + 25) = 0,025 \text{ См.}$$

Определим узловое напряжение:

$$U_{AB} = (E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2) / (g_1 + g_2 + g_3) =$$

$$= (150 \cdot 0,033 + 170 \cdot 0,04) / (0,033 + 0,04 + 0,025) = 120 \text{ В.}$$

Определим токи во всех ветвях:

$$I_1 = (E_1 - U_{AB}) \cdot g_1 = (150 - 120) \cdot 0,033 = 1 \text{ A;}$$

$$I_2 = (E_2 - U_{AB}) \cdot g_2 = (170 - 120) \cdot 0,04 = 2 \text{ A;}$$

$$I_3 = U_{AB} \cdot g_3 = 120 \cdot 0,025 = 3 \text{ A.}$$

4. Выполним баланс мощности.

Уравнение энергетического баланса мощности цепи записывается следующим образом

$$\Sigma P_{\text{ист}} = \Sigma P_{\text{пр}}$$

Если через источник ЭДС протекает ток, направление которого совпадает с направлением ЭДС, то источник ЭДС отдает энергию и его мощность равна произведению $E \cdot I$. Если же ток направлен навстречу ЭДС, то источник работает как потребитель энергии.

$$\Sigma P_{\text{ист}} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 = 150 \cdot 1 + 170 \cdot 2 = 490 \text{ Вт}$$

$$\Sigma P_{\text{пр}} = I_1^2 \cdot (R_1 + R_4 + R_{01}) + I_2^2 \cdot (R_5 + R_3) + I_3^2 \cdot (R_2 + R_{01}) = 1^2 \cdot (19,5 + 10 + 0,5) + 2^2 \cdot (24 + 1) + 3^2 \cdot (15 + 25) = 490 \text{ Вт.}$$

Направление токов I_1 и I_2 совпадает с выбранным направлением, следовательно источник E_1 и источник E_2 работают в режиме генератора.

Задачи 31–40

Для того чтобы приступить к решению задач 31–40 нужно изучить учебник [1], главу 7; учебник [2], главу 3; учебник [5], главу 2.

Пример 4

Магнитопровод электромагнита изготовлен из электротехнической стали (рисунок 35). Состоит из сердечника длиной $L_1 = 160$ см, якоря длиной $L_2 = 60$ см и двух воздушных зазоров $L_{01} = L_{02} = 1,5$ мм. Ширина участков магнитопровода равна соответственно $a_1 = 5$ см и $a_2 = 4$ см, толщина $b = 6$ см. Число витков обмотки равно $w = 270$ витков, сила притяжения якоря $F = 3900$ Н. Определить силу тока в катушке и установить зависимость силы тока в катушке, необходимого для создания заданной подъемной силы электромагнита от величины воздушного зазора.

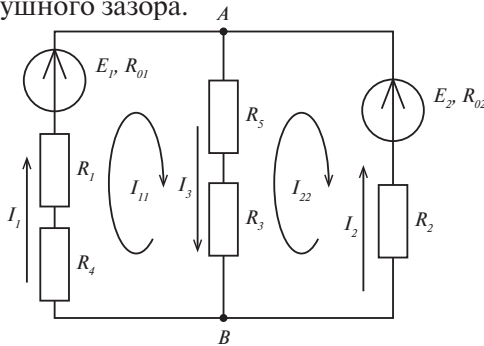


Рис. 35

Решение.

1. Разобьем магнитную цепь на участки, каждый из которых имеет по всей длине одинаковое сечение и одинаковый материал.

На рисунке 35 четыре участка: два участка из электротехнической стали и два воздушных зазора.

Определим длину и сечение каждого участка магнитной цепи:

$$L_1 = 160 \text{ см} = 1,6 \text{ м}$$

$$S_1 = a_1 \cdot b = 5 \cdot 6 = 30 \text{ см} = 30 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$L_2 = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$S_2 = a_2 \cdot b = 4 \cdot 6 = 24 \text{ см} = 24 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$L_{01} = L_{02} = 1,5 \text{ мм} = 0,0015 \text{ м}$$

$$S_3 = S_1 = 30 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

2. Определим магнитную индукцию в сердечнике:

$$B_1 = \sqrt{F / (8 \cdot 10^5 \cdot S_1)} = \sqrt{3900 / (8 \cdot 10^5 \cdot 30 \cdot 10^{-4})} = 1,27 \text{ Тл}$$

3. Определим магнитный поток в магнитной цепи:

$$\Phi_1 = B_1 \cdot S_1 = 1,27 \cdot 30 \cdot 10^{-4} = 38,1 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

4. В неразветвленной магнитной цепи магнитный поток на всех участках одинаковый, поэтому:

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = 38,1 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

Определим магнитную индукцию в якоре:

$$B_2 = \Phi_2 / S_2 = 38,1 \cdot 10^{-4} / 24 \cdot 10^{-4} \text{ Тл.}$$

В воздушном зазоре:

$$B_3 = B_1 = 1,27 \text{ Тл.}$$

5. Определим напряженность магнитного поля на всех участках магнитной цепи.

В воздушном зазоре напряженность равна:

$$H_3 = B_3 / \mu_0 = 1,27 / 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} = 9,873 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

Для сердечника и якоря напряженность находим по кривой намагничивания электротехнической стали (приложение 1):

$$\text{— при } B_1 = 1,27 \text{ Тл } H_1 = 1000 \text{ А/м}$$

$$\text{— при } B_2 = 1,58 \text{ Тл } H_2 = 3500 \text{ А/м.}$$

6. Магнитодвижущую силу катушки, необходимую для создания требуемой интенсивности магнитного поля и заданной подъемной силы электромагнита определяем по второму закону Кирхгофа:

$$I \cdot w = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2 + H_3 \cdot L_3 \cdot 2 = 1000 \cdot 1,6 + 3500 \cdot 0,6 + 9,873 \cdot 10^5 \cdot 0,0015 \cdot 2 = 1600 + 2100 + 2961,9 = 6661,9 \text{ А.}$$

7. Для данного количества витков катушки определяем силу тока в катушке, необходимую для создания заданной подъемной силы электромагнита:

$$I = I \cdot w / w = 6661,9 / 270 = 24,67 \text{ A.}$$

8. Определим ток в катушке, необходимый для удержания якоря в притянутом состоянии ($L_{01} = L_{02} = 0$):

$$I \cdot w = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2 = 1000 \cdot 1,6 + 3500 \cdot 0,6 = 1600 + 2100 = 3700 \text{ A}$$

$$I = (I \cdot w) / w = 3700 / 270 = 13,7 \text{ A}$$

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 соединенным катушкам индуктивности. Цепь с параллельным соединением катушки и конденсатора. Общий случай цепи с параллельными ветвями. Резонанс токов. Коэффициент мощности и способы его улучшения.

Лабораторные занятия

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

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.8. подробно описаны в учебнике [1] глава 10, 11, 12, [2] глава 12, 13, 14.

Переменный электрический ток — электрический ток, который периодически с течением времени изменяет свою величину и направление. В электрических цепях используется синусоидальный переменный ток, который возникает в цепи в цепи под действием синусоидальной

ЭДС. Синусоидальная ЭДС создается за счет явления электромагнитной индукции в рамке, которая вращается с постоянной скоростью в однородном магнитном поле с индукцией. Периодом называется интервал времени в течение которого изменяющаяся величина проходит полный цикл своего изменения. Частота это число периодов в секунду. Угловая частота это угол поворота рамки в единицу времени. Действующее значение показывают электроизмерительные приборы. Мгновенное значение это значение изменяющейся величины в любой определенный момент времени. Цепь переменного тока характеризуется тремя параметрами: активное сопротивление, индуктивность и емкость. Активным сопротивлением обладают элементы электрической цепи, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую. В электрических цепях, характеризующихся индуктивностью и емкостью, электрическая энергия накапливается и сохраняется в электрических и магнитных полях, а затем возвращается обратно к источнику. Для существования тока в идеальной катушке к ней должно быть приложено напряжение, которое в любой момент времени равно по величине, но находится в противофазе с ЭДС самоиндукции. Если к конденсатору емкостью C приложено переменное напряжение, то в цепи конденсатора возникает переменный ток зарядки и разрядки конденсатора. Через диэлектрик ток не проходит. В замкнутом контуре, содержащем индуктивность и емкость, происходит колебание энергии между электрическим полем емкости и магнитным полем индуктивности, если предварительно зарядить конденсатор. Такой контур называется колебательным. Если в неразветвленной цепи переменного тока, содержащей активное сопротивление, индуктивность и емкость равны реактивные сопротивления, то в цепи наступает резонанс напряжений. Резонанс токов возникает в цепи с параллельным включением катушки индуктивности и конденсатора при равенстве реактивных проводимостей. Коэффициентом мощности называется отношение активной мощности потребителя к полной мощности.

Вопросы для самоконтроля

1. Получение переменного синусоидального тока. Опишите принцип работы генератора переменного тока.
2. Дайте определение периоду и частоте, действующему, амплитудному и мгновенному значению периодически изменяющейся величины, фазе и разности фаз переменного тока.

3. Какие элементы входят в состав цепи переменного тока? Цепь с активным сопротивлением. Цепь с индуктивностью. Цепь с емкостью.

4. Начертите цепь с активным сопротивлением и индуктивностью. Начертите цепь с активным сопротивлением и емкостью. Начертите векторные диаграммы для каждого случая.

5. Приведите пример расчета общего случая неразветвленной цепи переменного тока.

6. Что такое колебательный контур? Что называется резонансом напряжений, где используется, начертите векторную диаграмму.

7. Начертите цепь с двумя параллельно соединенными катушками индуктивности, как рассчитывается, постройте векторную диаграмму.

8. Начертите цепь с параллельным соединением катушки и конденсатора, как рассчитывается, начертите векторную диаграмму.

9. Начертите электрическую цепь с параллельными ветвями. Постройте векторную диаграмму. Что называется резонансом токов? Где используется?

10. Для чего необходим коэффициент мощности. Перечислите способы его улучшения.

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.

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 1.9. необходимо воспользоваться [1] глава 14, [2] глава 15, [5] глава 3.2.

Символический метод, основанный на использовании комплексных чисел, получил большое распространение для расчета сложных цепей переменного тока. Комплексное число \underline{A} состоит из вещественной A' и мнимой A'' частей $\underline{A} = A' + jA''$. Существует три формы записи комплексного числа:

1. Алгебраическая $\underline{A} = A' + jA''$.
2. Тригонометрическая $\underline{A} = |A| \cdot \cos\varphi + j|A| \cdot \sin\varphi$
3. Показательная $\underline{A} = |A| \cdot e^{j\alpha}$ и $\underline{B} = |B| \cdot e^{j\beta}$

Для перевода комплексного числа из одной формы в другую можно использовать логарифмическую линейку или калькулятор. Сложение и вычитание комплексных чисел можно производить только в алгебраической форме, а умножение и деление проще производить в показательной форме.

Вопросы для самоконтроля

1. Запишите токи, напряжения, сопротивления и мощности в комплексной форме.
2. Сформулируйте и запишите законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
3. Приведите пример расчет электрических цепей с последовательно-параллельно соединенными элементами.

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».

Лабораторное занятие

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».

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.10. подробно описаны в учебнике [1] глава 15, [2] глава 20, 21, [4] глава 7.1, 7.2, 7.3.

Трехфазная система электрических цепей представляет собой совокупность трех цепей, в которой действуют три синусоидальные

ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые относительно друг друга по фазе. Трехфазная система электрических цепей, электрически соединенных друг с другом называется трехфазной цепью. Получение симметричной трехфазной системы ЭДС осуществляется в трехфазном генераторе. При соединении обмоток генератора звездой концы трех обмоток соединяются в одну точку, которая называется нулевой или нейтральной. При соединении обмоток генератора треугольником конец первой обмотки X присоединяют к началу второй обмотки B , конец второй обмотки Y присоединяют к началу третьей обмотки C , конец третьей обмотки Z присоединяют к началу первой обмотки A . Ток в нулевом проводе равен нулю при строго симметричной нагрузке. Если нагрузка несимметрична, то неравными будут и токи. Нулевой провод в четырехпроводной цепи предназначен для обеспечения симметрии фазных напряжений при несимметричной нагрузке.

Вопросы для самоконтроля

1. Принцип получения трехфазной симметричной системы ЭДС. Временная и векторная диаграмма.

2. Соединение обмоток трехфазного генератора «звездой». Схема. Векторная диаграмма напряжений. Соединение обмоток трехфазного генератора «треугольником». Схема. Векторная диаграмма напряжений.

3. Соединение приемников энергии «звездой». Роль нейтрального провода при обрыве фазы. Схема. Векторная диаграмма напряжений.

4. Соединение приемников энергии «треугольником». Схема. Векторная диаграмма токов.

5. Чему равна активная, реактивная и полная мощность трехфазной цепи при равномерной и неравномерной нагрузке фаз.

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.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.11. подробно описаны в учебнике [1] глава 16, [2] глава 23, [4] глава 4.1.

Причиной возникновения несинусоидальных токов и напряжений в потребителях являются их нелинейные вольт-амперные характеристики. Несинусоидальные токи и напряжения возникают при включении в электрическую цепь генераторов несинусоидальных колебаний, катушки со стальным сердечником, полупроводниковых приборов и других нелинейных элементов. Несинусоидальные колебания могут быть периодическими и непериодическими. При рассмотрении периодических несинусоидальных колебаний можно воспользоваться теоремой Фурье. Любая периодически изменяющаяся величина может быть представлена в виде суммы постоянной составляющей и ряда синусоидальных составляющих. Синусоидальные составляющие несинусоидальных величин называют гармониками.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите причины возникновения несинусоидальных напряжений и токов. В каких цепях возникают?
2. Начертите виды несинусоидальных кривых.
3. Запишите несинусоидальные токи и напряжения с помощью ряда Фурье.
4. Приведите расчет электрической цепи при несинусоидальном напряжении.

Тема 1.12. Переходные процессы в электрических цепях

Содержание учебного материала

Законы коммутации. Процесс разряда и заряда конденсатора. Короткое замыкание участка с активным сопротивлением и индуктивностью. Подключение цепи с активным сопротивлением и индуктивностью к источнику постоянного напряжения.

Практическое занятие

Расчет переходных процессов в электрических цепях.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 1.12. подробно описаны в учебнике [1] глава 18, [2] глава 25.1, 25.2, 25.3, 25.5, [4] глава 5.1.

Переходный процесс в электрической цепи это электромагнитный процесс, который возникает в электрической цепи при переходе от одного установившегося режима к другому. Установившийся режим это режим, при котором напряжения и токи в течение длительного промежутка времени остаются постоянными. Первый закон коммутации — ток в ветви с индуктивностью в начальный момент времени после коммутации имеет то же значение, какое он имел непосредственно перед коммутацией, а затем с этого значения он начинает плавно изменяться. Второй закон коммутации — напряжение на емкости в начальный момент после коммутации имеет то же значение, какое оно имело непосредственно перед коммутацией, а затем с этого значения оно начинает плавно изменяться. В цепях с индуктивностью или емкостью переходный процесс рассматривается как результат наложения принужденного и свободного процесса. Анализ переходных процессов необходимо производить путем решения дифференциальных уравнений, составленных для исследуемой электрической цепи на основе законов Кирхгофа или метода контурных токов.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте и объясните законы коммутации. Опишите процесс разряда и заряда конденсатора.
2. Объясните режим короткого замыкания на участке цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.
3. Начертите схему подключения цепи с активным сопротивлением и индуктивностью к источнику постоянного напряжения. Объясните ее работу.

Задание для домашней контрольной работы № 2

Задания на контрольную работу № 2 составлены в 50 вариантах. Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам шифра студента таблицы 5.

Таблица 5

Варианты контрольной работы № 2

Две последние цифры шифра		Номер варианта	Номера задач	Две последние цифры шифра		Номер варианта	Номера задач
01	51	1	1,11,21,31,41	26	76	26	6,18,30,32,45
02	52	2	2,12,22,32,42	27	77	27	7,19,21,33,46
03	53	3	3,13,23,33,43	28	78	28	8,20,22,34,47
04	54	4	4,14,24,34,44	29	79	29	9,11,23,35,48
05	55	5	5,15,25,35,45	30	80	30	10,12,24,36,49
06	56	6	6,16,26,36,46	31	81	31	1,14,27,40,49
07	57	7	7,17,27,37,47	32	82	32	2,15,28,31,50
08	58	8	8,18,28,38,48	33	83	33	3,16,29,32,41
09	59	9	9,19,29,39,49	34	84	34	4,17,30,33,42
10	60	10	10,20,30,40,50	35	85	35	5,18,21,34,43
11	61	11	1,12,23,34,46	36	86	36	6,19,22,35,44
12	62	12	2,13,24,35,47	37	87	37	7,20,23,36,45
13	63	13	3,14,25,36,48	38	88	38	8,11,24,37,46
14	64	14	4,15,26,37,49	39	89	39	9,12,25,38,47
15	65	15	5,16,27,38,50	40	90	40	10,13,26,39,48
16	66	16	6,17,28,39,41	41	91	41	1,15,29,33,48
17	67	17	7,18,29,40,42	42	92	42	2,16,30,34,49
18	68	18	8,19,30,31,43	43	93	43	3,17,21,35,50
19	69	19	9,20,21,32,44	44	94	44	4,18,22,36,41
20	70	20	10,11,22,33,45	45	95	45	5,19,23,37,42
21	71	21	1,13,25,37,50	46	96	46	6,20,24,38,43
22	72	22	2,14,26,38,41	47	97	47	7,11,25,39,44
23	73	23	3,15,27,39,42	48	98	48	8,12,26,40,45
24	74	24	4,16,28,40,43	49	99	49	9,13,27,31,46
25	75	25	5,17,29,31,44	50	00	50	10,14,28,32,47

Задачи к контрольной работе № 2

Задача 1

В сеть переменного тока с частотой 50 Гц включена катушка индуктивности с индуктивностью 38,2 мГн. Амперметр, включенный в цепь, показал 3 А, ваттметр показал 144 Вт. Определить активное, индуктивное и полное сопротивление, показания вольтметра, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 2

В сеть переменного тока частотой 50 Гц последовательно включены резистор и конденсатор. Полная мощность цепи $160 \text{ В} \cdot \text{А}$, ток в цепи 4 А, коэффициент мощности 0,8. Определить емкость, емкостное сопротивление конденсатора, активное сопротивление резистора, полное сопротивление цепи, напряжение на зажимах цепи, активную и реактивную мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 3

Электрическая схема, состоящая из последовательного соединения резистора и индуктивности, подключена к синусоидально изменяющемуся напряжению 100 В, частота тока 50 Гц, активная мощность 200 Вт, коэффициент мощности 0,8. Определить силу тока в цепи, реактивную и полную мощности, вычислить полное, индуктивное и активное сопротивление, индуктивность катушки.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 4

В сеть переменного тока частотой 50 Гц последовательно включены резистор и конденсатор с емкостью 106 мкФ, ток в цепи 12 А, напряжение на зажимах цепи 600 В. Определить активное, емкостное и полное сопротивление, активную, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 5

В сеть переменного тока последовательно включен резистор и индуктивность. Включенный в цепь ваттметр показал 200 Вт, амперметр 10 А. Частота тока цепи 50 Гц. Известно значение полной мощности 250 В·А. Определить реактивную мощность цепи, активное, индуктивное и полное сопротивление, индуктивность катушки, напряжение источника, коэффициент мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 6

Цепь переменного тока, состоящая из последовательно включенного резистора и конденсатора, подключена к сети переменного тока с напряжением 1160 В и частотой 50 Гц. Емкость конденсатора равна 6,369 мкФ, ток в цепи 1,657 А, коэффициент мощности 0,85. Определить активное, емкостное и полное сопротивление, активную, реактивную и полную мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 7

По катушке индуктивности, подключенной к источнику переменного тока с частотой 50 Гц, проходит ток 12 А, реактивная мощность, потребляемая цепью равна 1728 вар, коэффициент мощности в цепи 0,6. Определить напряжение источника энергии, активную и полную мощности, активное, индуктивное и полное сопротивление, индуктивность катушки.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 8

Цепь переменного тока состоит из последовательно включенного резистора и конденсатора. В цепи проходит ток 10 А, активная мощность цепи 1,4 кВт, емкость конденсатора равна 176,95 мкФ. Определить напряжение источника энергии, активное, емкостное и полное сопротивление, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 9

Прибор, подключенный к синусоидальному напряжению 90 В с частотой 50 Гц, потребляет полную мощность 540 В·А. Индуктивность прибора равна 28,65 мГн. Определить активное, индуктивное и полное сопротивление, силу тока в цепи, активную и реактивную мощности, коэффициент мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 10

К выводам цепи из последовательно включенных резистора 800 Ом и конденсатора 0,398 мкФ подведено синусоидальное напряжение 120 В и частотой 400 Гц. Определить полное сопротивление цепи, ток в цепи, активную, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности.

Начертить схему цепи с электроизмерительными приборами. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений, выбрав масштаб самостоятельно. Построить в масштабе треугольник сопротивлений. Составить уравнения мгновенных значений тока и напряжений.

Задача 11–20

Выписать из таблицы 6 данные согласно своему варианту. Вычертить схему, определить реактивные сопротивления, силу тока в цепи, активную, реактивную и полную мощность, коэффициент мощности. Записать мгновенное значение напряжения цепи, определить характер цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

Таблица 6

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
схема	А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д
U , В	100	200	150	180	210	120	140	170	130	150
R_1 , Ом	15	4	4	18	3	12	5	4	2	12
R_2 , Ом	20	3	6	10	4	14	8	6	3	14
R_3 , Ом	30	3	10	40	5	15	7	10	5	16
R_4 , Ом	10	6	4	8	7	10	6	4	4	13
L_1 , мГн	31,85	16	9,6	254,77	95,54	159,23	82,8	9,6	12,74	63,69
L_2 , мГн	38	38	15,9	95,54	31,847	222,93	31,85	15,9	15,92	127,38
L_3 , мГн	19,1	19,1	12,7	318,47	19,11	79,6	57,3	12,7	31,85	50,95
C_1 , мкФ	53	796	796	63,69	159,23	159,23	127,4	796	530,78	265,4
C_2 , мкФ	106	531	319	79,62	106,15	53	318,47	319	454,9	187,3
C_3 , мкФ	150	400	531	53,078	212,3	91	159,23	531	159,23	144,76

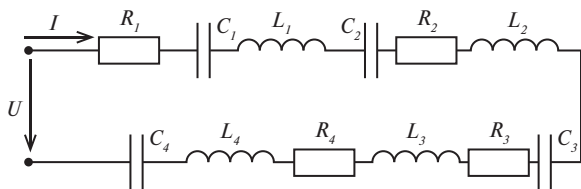


Схема А

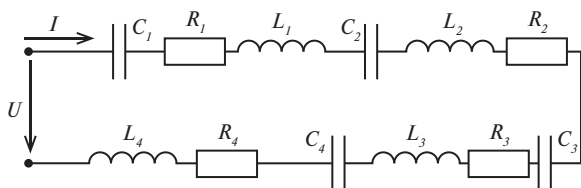


Схема Б

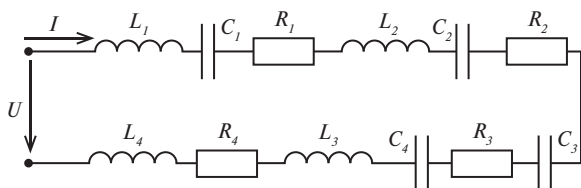


Схема В

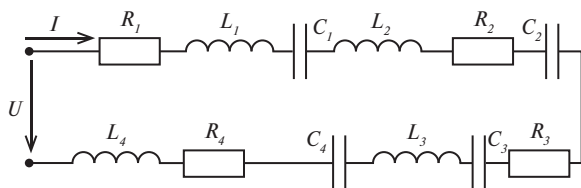


Схема Г

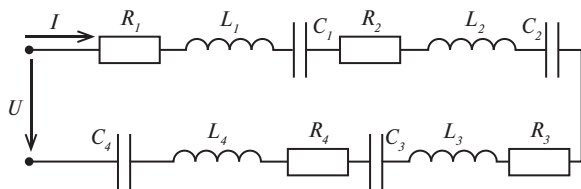


Схема Д

Задача 21–30

Цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей, в которые включены активные, индуктивные и емкостные сопротивления. Напряжение на зажимах цепи известно. Определить токи в ветвях, ток в неразветвленной части цепи, активную, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности. Расчет выполнить методом, указанным в таблице 7.

Начертить схему цепи, данные для своего варианта взять из таблицы 7.

Таблица 7

№ задачи	Исходные данные			Метод расчета
	Напряжение, В	Сопротивления первой ветви	Сопротивления второй ветви	
21	150	$R_1 = 12 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 20 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 6 \text{ Ом}$	$R_2 = 18 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 21 \text{ Ом}$	активных и реактивных составляющих
22	200	$R_1 = 22 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 20 \text{ Ом}$	$R_2 = 9 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 16 \text{ Ом}$	проводимости
23	240	$R_1 = 12 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 6 \text{ Ом}$	$R_2 = 8 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 7 \text{ Ом}$	активных и реактивных составляющих
24	230	$R_1 = 11 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 30 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 10 \text{ Ом}$	$R_2 = 32 \text{ Ом}$	проводимости
25	180	$R_1 = 32 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 20 \text{ Ом}$	$R_2 = 40 \text{ Ом}$ $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$ $X_{C2} = 8 \text{ Ом}$	активных и реактивных составляющих
26	160	$R_1 = 30 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 26 \text{ Ом}$	$R_1 = 32 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 40 \text{ Ом}$	проводимости
27	120	$R_1 = 35 \text{ Ом}$	$R_1 = 36 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 10 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 26 \text{ Ом}$	активных и реактивных составляющих
28	100	$R_1 = 18 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 10 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 36 \text{ Ом}$	$X_{L2} = 30 \text{ Ом}$	проводимости
29	120	$R_1 = 25 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 30 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 6 \text{ Ом}$	$X_{C2} = 36 \text{ Ом}$	активных и реактивных составляющих
30	110	$X_{L1} = 14 \text{ Ом}$	$R_1 = 7 \text{ Ом}$ $X_{L1} = 22 \text{ Ом}$ $X_{C1} = 8 \text{ Ом}$	проводимости

Задача 31

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 36, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 220$ В, $R_1 = 9$ Ом, $C_1 = 400$ мкФ, $R_2 = 10$ Ом, $L_2 = 30$ мГн, $R_3 = 11$ Ом, $C_3 = 300$ мкФ.

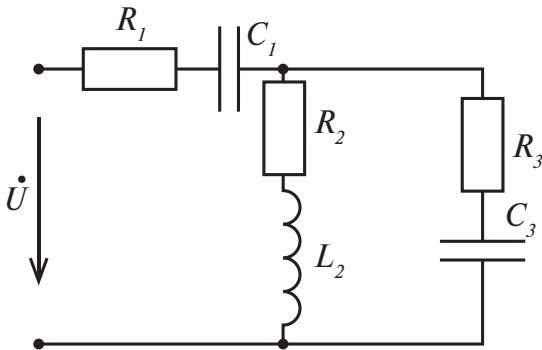


Рис. 36

Задача 32

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 37, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 127$ В, $R_1 = 5$ Ом, $L_1 = 10$ мГн, $R_2 = 6$ Ом, $L_2 = 20$ мГн, $C_2 = 600$ мкФ, $R_3 = 8$ Ом, $L_3 = 40$ мГн, $C_3 = 400$ мкФ.

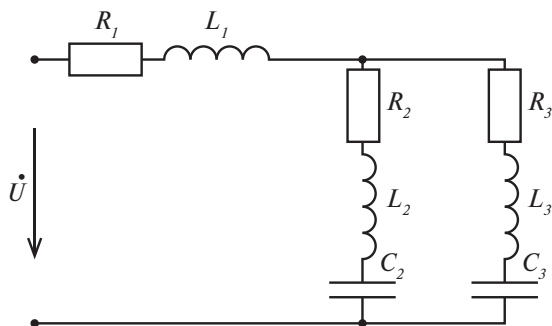


Рис. 37

Задача 33

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 38, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 380$ В, $R_1 = 9$ Ом, $L_1 = 35$ мГн, $R_2 = 12$ Ом, $L_2 = 30$ мГн, $R_3 = 15$ Ом, $C_3 = 300$ мкФ.

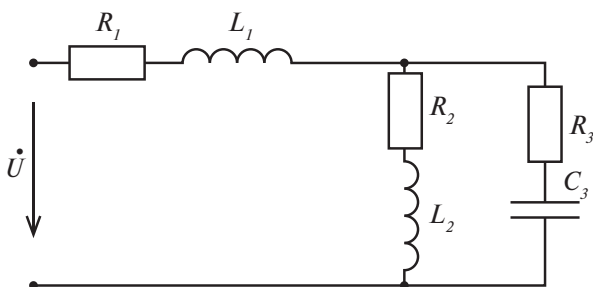


Рис. 38

Задача 34

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 39, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом дейст-

вующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 127 \text{ В}$, $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $L_1 = 10 \text{ мГн}$, $C_1 = 700 \text{ мкФ}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $L_2 = 20 \text{ мГн}$, $C_2 = 600 \text{ мкФ}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$.

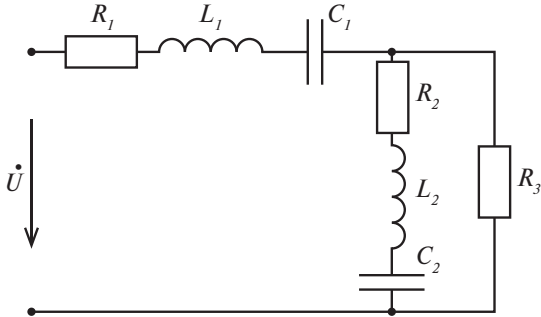


Рис. 39

Задача 35

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 40, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 220 \text{ В}$, $R_1 = 7 \text{ Ом}$, $L_1 = 25 \text{ мГн}$, $R_2 = 9 \text{ Ом}$, $L_2 = 25 \text{ мГн}$, $C_2 = 400 \text{ мкФ}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $C_3 = 400 \text{ мкФ}$.

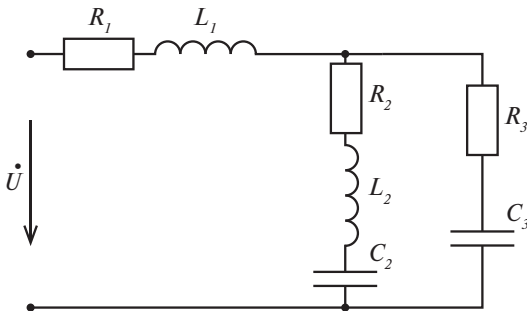


Рис. 40

Задача 36

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 41, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 127$ В, $R_1 = 6$ Ом, $L_1 = 15$ мГн, $C_1 = 900$ мкФ, $R_2 = 7$ Ом, $L_2 = 30$ мГн, $R_3 = 8$ Ом, $C_3 = 500$ мкФ.

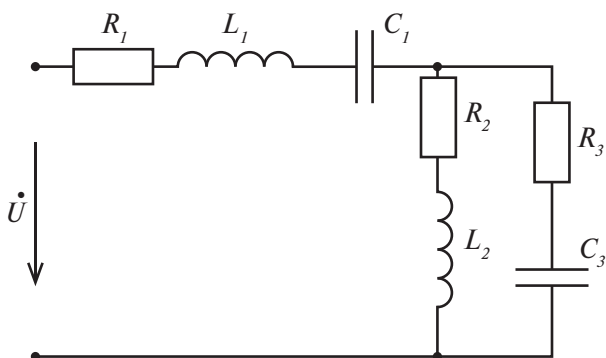


Рис. 41

Задача 37

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 42, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 380$ В, $R_1 = 8$ Ом, $C_1 = 200$ мкФ, $R_2 = 12$ Ом, $L_2 = 40$ мГн, $C_2 = 400$ мкФ, $C_3 = 200$ мкФ.

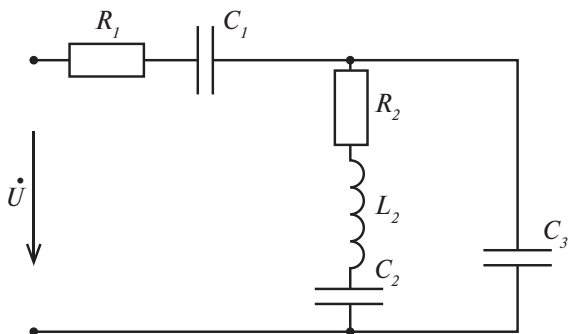


Рис. 42

Задача 38

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 43, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 380$ В, $R_1 = 12$ Ом, $L_1 = 50$ мГн, $C_1 = 300$ мкФ, $R_2 = 14$ Ом, $L_2 = 35$ мГн, $R_3 = 9$ Ом, $C_3 = 180$ мкФ.

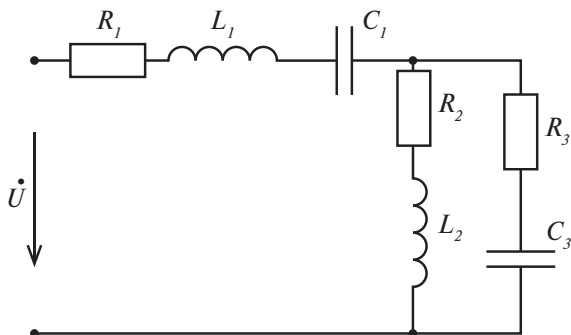


Рис. 43

Задача 39

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 44, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом дейст-

вующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 200 \text{ В}$, $R_1 = 7 \text{ Ом}$, $L_1 = 45 \text{ мГн}$, $R_2 = 11 \text{ Ом}$, $L_2 = 25 \text{ мГн}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $L_3 = 20 \text{ мГн}$, $C_3 = 320 \text{ мкФ}$.

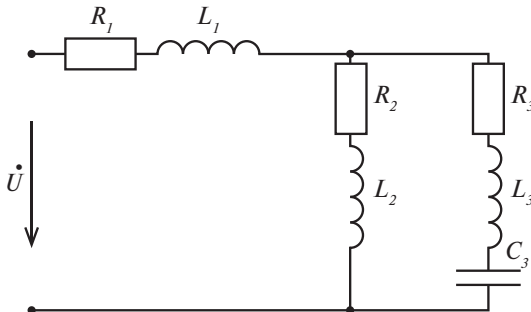


Рис. 44

Задача 40

Цепь переменного тока, изображенная на рисунке 45, подключена к источнику синусоидального напряжения. Частота питающего напряжения равна 50 Гц. Определить комплексным методом действующие значения токов всех ветвей, определить активную, реактивную и полную мощности цепи и мощности на отдельных участках. Составить баланс активных и реактивных мощностей. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Исходные данные: $U = 300 \text{ В}$, $R_1 = 11 \text{ Ом}$, $C_1 = 280 \text{ мкФ}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $L_2 = 20 \text{ мГн}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $L_3 = 40 \text{ мГн}$.

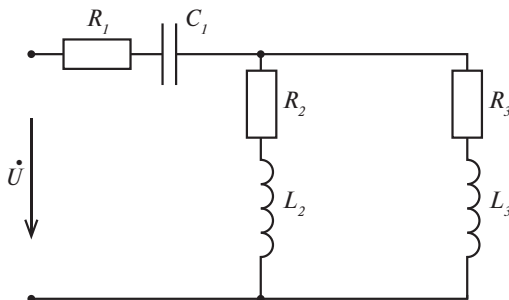


Рис. 45

Задача 41–50

К электрической цепи, состоящей из последовательного соединения резистора, индуктивности и конденсатора, подключен источник несинусоидального напряжения. Электрические данные электрической цепи и формула мгновенного значения напряжения даны в таблице 8. Начертить схему цепи. Определить действующие значения несинусоидального тока и напряжения, активную, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности. Записать уравнение мгновенного значения несинусоидального тока.

Таблица 8

№ задачи	Исходные данные				
	f , Гц	R , Ом	L , мГн	C , мкФ	Уравнение несинусоидального напряжения
41	50	8	57,32	85,38	$u = 80\sin\omega t + 25,4\sin 3\omega t$
42	50	10	127,4	79,67	$u = 100 + 60\sin\omega t + 48\sin 2\omega t$
43	50	20	100	80	$u = 75\sin\omega t + 35\sin 4\omega t$
44	50	18	85	734	$u = 200 + 141\sin\omega t + 60\sin 3\omega t$
45	50	6	9,55	118	$u = 25\sin\omega t + 20\sin 2\omega t$
46	50	13	38	200	$u = 48\sin\omega t + 31\sin 4\omega t$
47	50	45	31,85	26,54	$u = 100 + 80\sin\omega t + 40\sin 4\omega t$
48	50	15	9,55	79,6	$u = 64\sin\omega t + 36\sin 3\omega t$
49	50	18	12,73	132,7	$u = 60 + 44\sin\omega t + 20\sin 2\omega t$
50	50	20	25,47	106,15	$u = 75 + 60\sin\omega t + 31\sin 2\omega t$

Методические указания по выполнению контрольной работы № 2

Задачи 1–10

Для того чтобы приступить к решению задач 1–10 нужно изучить учебник [1], главу 12; учебник [2], главу 4; учебник [5], главу 3.

Цель переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью.

Неразветвленная цепь переменного тока обладает активным сопротивлением и подключена к источнику синусоидального напряжения (рисунок 46).

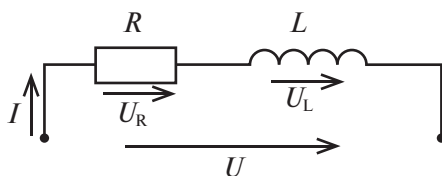


Рис. 46

В соответствии со вторым законом Кирхгофа

$$u = i \cdot R + L \cdot di/dt = u_R + u_L = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

где u_R — активная составляющая напряжения, В

u_L — индуктивная составляющая напряжения, В.

Построим векторную диаграмму. Вектор тока отстает от вектора напряжений на 90° .

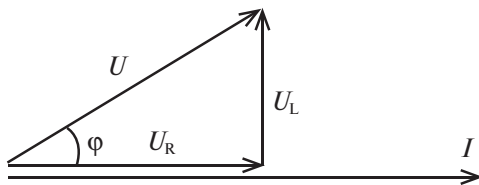


Рис. 47

Из векторной диаграммы с помощью теоремы Пифагора определяем напряжение источника

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

Если разделить все стороны треугольника напряжений на силу тока, то получим треугольник сопротивлений.

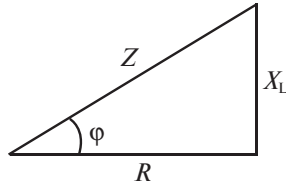


Рис. 48

Из рисунка 48 определим полное сопротивление цепи:

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

где X_L –индуктивное сопротивление, Ом

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Закон Ома для действующих значений тока и напряжений в цепи с последовательным соединением активного сопротивления и индуктивности:

$$I = U / Z$$

Если умножить все стороны треугольника напряжений на силу тока, то получим треугольник мощностей

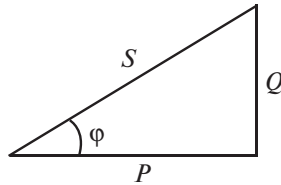


Рис. 49

Активную мощность можно определить по формулам

$$P = U_R \cdot I = I^2 \cdot R = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ Вт}$$

Реактивную мощность можно определить по формулам

$$Q = U_L \cdot I = I^2 \cdot X_L = U \cdot I \cdot \sin\varphi, \text{ вар}$$

Полную мощность можно определить по формулам

$$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ В} \cdot \text{А}$$

Коэффициент мощности цепи можно определить с помощью любого треугольника

$$\cos\varphi = U_R / U = R / Z = P / S$$

Используя треугольники напряжений, сопротивлений и мощности можно определить $\sin\varphi$

$$\sin\varphi = U_L / U = X_L / Z = Q / S$$

Цепь переменного тока с активным сопротивлением и емкостью.

Если в цепи с последовательно соединенным резистором и конденсатором проходит ток (рисунок 50) $i = I_m \sin \omega t$, то напряжение на активном сопротивлении совпадает по фазе с током, а напряжение на конденсаторе отстает от тока на угол 90° .

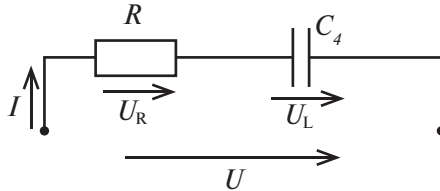


Рис. 50

Напряжение на зажимах цепи

$$u = u_R + u_c = U_m \cdot \sin(\omega t - \varphi),$$

где u_R — активная составляющая напряжения, В,
 u_c — емкостная составляющая напряжения, В.

Построим векторную диаграмму. Вектор тока опережает вектор напряжения на 90° .

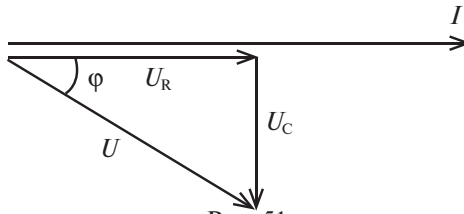


Рис. 51

Из векторной диаграммы с помощью теоремы Пифагора определяем напряжение источника $U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$.

Если разделить все стороны треугольника напряжений на силу тока, то получим треугольник сопротивлений.

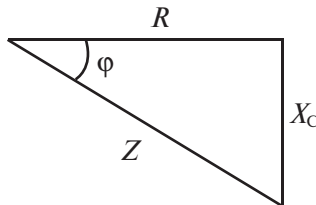


Рис. 52

Из рисунка 52 определим полное сопротивление цепи

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

где X_C — емкостное сопротивление, Ом.

$$X_C = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C).$$

Закон Ома для действующих значений тока и напряжений в цепи с последовательным соединением активного сопротивления и емкости: $I = U / Z$.

Если умножить все стороны треугольника напряжений на силу тока, то получим треугольник мощностей.

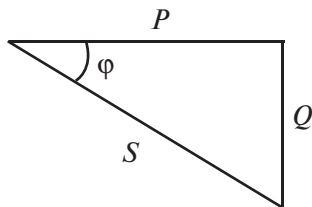


Рис. 53

Активную мощность можно определить по формулам:

$$P = U_R \cdot I = I^2 \cdot R = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ Вт.}$$

Реактивную мощность можно определить по формулам:

$$Q = U_C \cdot I = I^2 \cdot X_C = U \cdot I \cdot \sin\varphi, \text{ вар.}$$

Полную мощность можно определить по формулам:

$$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ В} \cdot \text{А}$$

Коэффициент мощности цепи можно определить с помощью любого треугольника

$$\cos\varphi = U_R / U = R / Z = P / S.$$

Используя треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей можно определить $\sin\varphi$

$$\sin\varphi = U_C / U = X_C / Z = Q / S.$$

Решение задач 1–10 сводится к отысканию формул, соответствующих условиям задач. В каждой задаче дано столько данных, сколько необходимо для их решения.

Задачи 11–20

Для того чтобы приступить к решению задач 11–20 нужно изучить учебник [1], главу 12; учебник [2], главу 4; учебник [5], главу 3.

Полное сопротивление цепи переменного тока состоящей из последовательного соединения нескольких элементов определяется с помощью формулы:

$$Z = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X_L - \Sigma X_C)^2} .$$

Сила тока в цепи определяется с помощью закона Ома $I = U/Z$.

Пример 5

Электрическая цепь переменного тока состоит из последовательного соединения активных и реактивных элементов (рисунок 54). Параметры элементов: $R_1 = 12$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 7$ Ом, $L_1 = 50,95$ мГн, $L_2 = 44,58$ мГн, $L_3 = 31,87$ мГн, $C_1 = 454,69$ мкФ, $C_2 = 353,86$ мкФ. Напряжение источника энергии 140 В при частоте тока 50 Гц. Определить силу тока в цепи, активную, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности, построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

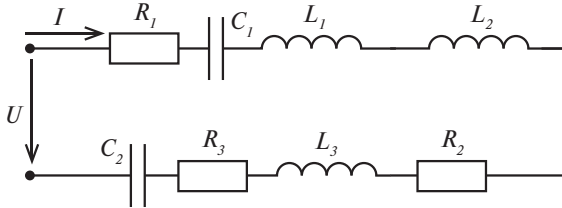


Рис. 54

Решение.

1. Вначале определим сопротивления на каждом участке электрической цепи:

$$X_{L1} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 50,95 \cdot 10^{-3} = 16 \text{ Ом};$$

$$X_{L2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 44,58 \cdot 10^{-3} = 14 \text{ Ом};$$

$$X_{L3} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 31,87 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ Ом};$$

$$X_{C1} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1) = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 454,69 \cdot 10^{-6}) = 7 \text{ Ом};$$

$$X_{C2} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2) = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 353,86 \cdot 10^{-6}) = 9 \text{ Ом};$$

$$\Sigma R = R_1 + R_2 + R_3 = 12 + 8 + 7 = 27 \text{ Ом};$$

$$\Sigma X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} = 16 + 14 + 10 = 40 \text{ Ом};$$

$$\Sigma X_C = X_{C1} + X_{C2} = 7 + 9 = 16 \text{ Ом}.$$

Определим полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X_L - \Sigma X_C)^2} = \sqrt{27^2 + (40 - 16)^2} = 36,12 \text{ Ом.}$$

2. Определим силу тока в цепи:

$$I = U/Z = 140/36,12 = 3,875 \text{ А.}$$

3. Определим активную мощность цепи:

$$P = I^2 \cdot \Sigma R = 3,875^2 \cdot 27 = 405,4 \text{ Вт.}$$

Определим реактивную мощность цепи:

$$Q = I^2 \cdot (\Sigma X_L - \Sigma X_C) = 3,875^2 \cdot (40 - 16) = 360,4 \text{ вар.}$$

Определим полную мощность цепи:

$$S = I^2 \cdot Z = 3,875^2 \cdot 36,12 = 542,4 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

Определим коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = P/S = 405,4/542,4 = 0,747.$$

4. Определим угол сдвига фаз и характер цепи через $\text{tg} \varphi$:

$$\text{tg} \varphi = X/Z = (X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} - X_{C1} - X_{C2}) / (R_1 + R_2 + R_3) = \\ = (16 + 14 + 10 - 7 - 9) / (12 + 8 + 7) = 0,88.$$

таким образом, угол $\varphi = 41,63^\circ$, характер цепи — индуктивный ($+\varphi$).

5. Мгновенное значение напряжения цепи:

$$u = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi);$$

$$U_m = \sqrt{2 \cdot U} = \sqrt{2 \cdot 140} = 198 \text{ В};$$

$$u = 198 \cdot \sin(\omega t + 41,63^\circ).$$

6. Для построения векторной диаграммы необходимо определить напряжение на отдельных участках цепи:

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 3,875 \cdot 12 = 46,5 \text{ В};$$

$$U_{C1} = I \cdot X_{C1} = 3,875 \cdot 7 = 27 \text{ В};$$

$$U_{L1} = I \cdot X_{L1} = 3,875 \cdot 16 = 62 \text{ В};$$

$$U_{L2} = I \cdot X_{L2} = 3,875 \cdot 14 = 54,2 \text{ В};$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 3,875 \cdot 8 = 31 \text{ В};$$

$$U_{L3} = I \cdot X_{L3} = 3,875 \cdot 10 = 38,7 \text{ В};$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 = 3,875 \cdot 7 = 27 \text{ В};$$

$$U_{C2} = I \cdot X_{C2} = 3,875 \cdot 9 = 34,8 \text{ В.}$$

Примем масштаб 1 см = 20 В.

Векторная диаграмма изображена на рисунке 55.

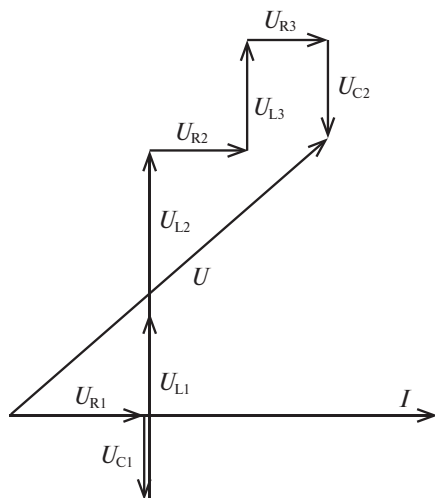


Рис. 55

Вектор тока на векторной диаграмме отложен произвольно, так как ток на всех элементах данной электрической цепи одинаковый. Векторы напряжений отложены в той последовательности, в которой соединены между собой элементы цепи. Каждый последующий вектор отложен от конца предыдущего. Векторы напряжений на активных сопротивлениях U_{R1} , U_{R2} , U_{R3} совпадают по фазе с током, поэтому их откладываем горизонтально. Векторы напряжения на индуктивности U_{L1} , U_{L2} и U_{L3} опережают ток на 90° и направлены вертикально вверх. Векторы напряжений на емкости U_{C1} и U_{C2} отстают по фазе от тока на 90° и направлены вертикально вниз.

Задачи 21–30

Для того чтобы приступить к решению задач 21–30 нужно изучить учебник [1], главу 13; учебник [2], главу 4; учебник [5], главу 3.

Пример 6

Электрическая цепь переменного тока, состоящая из двух параллельных ветвей, подключена к источнику с напряжением 300 В. Первая ветвь состоит и последовательно включенных резистора $R_1 = 30$ Ом и индуктивности $X_{L1} = 25$ Ом, вторая ветвь состоит из последовательно включенных резистора $R_2 = 24$ Ом, индуктивности $X_{L2} = 45$ Ом и емкости $X_{C2} = 12$ Ом.

1. Начертить схему цепи.
2. Определить токи в ветвях и ток в неразветвленной части цепи с помощью метода активных и реактивных составляющих.
3. Определить токи в ветвях и ток в неразветвленной части цепи с помощью метода проводимостей.
4. Определить активную, реактивную и полную мощности цепи, коэффициент мощности.
5. Построить в масштабе векторную диаграмму.

Решение.

1. Начертим схему цепи:

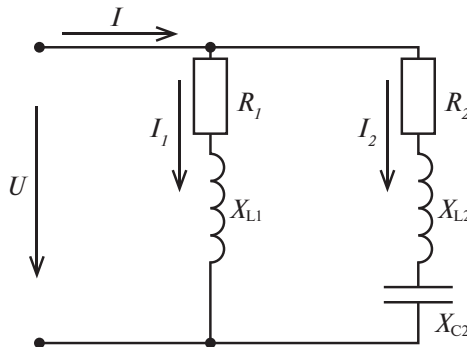


Рис. 56

2. Для расчета разветвленных цепей ток в каждой ветви можно представить в виде двух составляющих:

- активной составляющей I_a
- реактивной составляющей I_p .

Определим полное сопротивление первой ветви:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{30^2 + 25^2} = 39,05 \text{ Ом.}$$

Определим ток первой ветви:

$$I_1 = U/Z_1 = 300/39,05 \text{ А.}$$

Определим $\cos\varphi_1$ первой ветви:

$$\cos\varphi_1 = R_1/Z_1 = 30/39,05 = 0,768.$$

Определим активную составляющую тока первой ветви:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos\varphi = 7,68 \cdot 0,768 = 5,89 \text{ А.}$$

Определим $\sin\varphi_1$ первой ветви:

$$\sin\varphi_1 = X_{L1}/Z_1 = 25/39,05 = 0,64.$$

Определим реактивную составляющую тока первой ветви:

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin\varphi_1 = 7,68 \cdot 0,64 = 4,91 \text{ А.}$$

Определим полное сопротивление второй ветви:

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (X_{L2} - X_{C2})^2} = \sqrt{24^2 + (45 - 12)^2} = 40,8 \text{ Ом.}$$

Определим ток во второй ветви:

$$I_2 = U/Z_2 = 300/40,8 = 7,35 \text{ А.}$$

Определим $\cos\varphi_2$ второй ветви:

$$\cos\varphi_2 = R_2/Z_2 = 24/40,8 = 0,588.$$

Определим активную составляющую тока второй ветви:

$$I_{a2} = I_2 \cdot \cos\varphi_2 = 7,35 \cdot 0,588 = 4,32 \text{ А.}$$

Определим $\sin\varphi_2$ второй ветви:

$$\sin\varphi_2 = (X_{L2} - X_{C2})/Z_2 = (45 - 12)/40,8 = 0,808.$$

Определим реактивную составляющую тока второй ветви:

$$I_{p2} = I_2 \cdot \sin\varphi_2 = 7,35 \cdot 0,808 = 5,94 \text{ А.}$$

Определим ток в неразветвленной части цепи:

$$I = \sqrt{(I_{a1} + I_{a2})^2 + (I_{p1} + I_{p2})^2} = \sqrt{(5,89 + 4,32)^2 + (4,91 + 5,94)^2} = 14,9 \text{ А}$$

3. Метод проводимости.

Определим активную проводимость первой ветви:

$$G_1 = R_1/Z_1^2 = 30/39,05^2 = 0,0197 \text{ См;}$$

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{30^2 + 25^2} = 39,05 \text{ Ом.}$$

Определим реактивную проводимость первой ветви:

$$B_1 = X_{L1}/Z_1^2 = 25/39,05^2 = 0,0164 \text{ См.}$$

Определим полную проводимость первой ветви:

$$Y_1 = \sqrt{G_1^2 + B_1^2} = \sqrt{0,0197^2 + 0,0164^2} = 0,0256 \text{ См}$$

Определим активную проводимость второй ветви:

$$G_2 = R_2/Z_2^2 = 24/40,8^2 = 0,0144 \text{ См, где}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (X_{L2} - X_{C2})^2} = \sqrt{24^2 + (45 - 12)^2} = 40,8 \text{ Ом}$$

Определим реактивную проводимость второй ветви:

$$B_2 = (X_{L2} - X_{C2})/Z_2^2 = (45 - 12)/40,8^2 = 0,0198 \text{ См.}$$

Определим полную проводимость второй ветви:

$$Y_2 = \sqrt{G_2^2 + B_2^2} = \sqrt{0,0144^2 + 0,0198^2} = 0,0245 \text{ См}$$

Определим ток первой ветви:

$$I_1 = U \cdot Y_1 = 300 \cdot 0,0256 = 7,68 \text{ А.}$$

Определим ток второй ветви:

$$I_2 = U \cdot Y_2 = 300 \cdot 0,0245 = 7,35 \text{ А.}$$

Определим полную проводимость всей цепи:

$$Y = \sqrt{(G_1 + C_2)^2 + (B_1 + B_2)^2} = \sqrt{(0,0197 + 0,0144)^2 + (0,0164 + 0,0198)^2} = 0,0497 \text{ См}$$

Определим ток в неразветвленной части цепи:

$$I = U \cdot Y = 300 \cdot 0,0497 = 14,9 \text{ А.}$$

4. Определим активную мощность:

$$\text{— первая ветвь } P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 7,68^2 \cdot 30 = 1769 \text{ Вт;}$$

$$\text{— вторая ветвь } P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = 7,35^2 \cdot 24 = 1296 \text{ Вт;}$$

$$\text{— вся цепь } P = P_1 + P_2 = 1769 + 1296 = 3065 \text{ Вт.}$$

Определим реактивную мощность:

$$\text{— первая ветвь } Q_1 = I_1^2 \cdot X_{L1} = 7,68^2 \cdot 25 = 1474 \text{ вар;}$$

$$\text{— вторая ветвь } Q_2 = I_2^2 \cdot (X_{L2} - X_{C2}) = 7,35^2 \cdot (45 - 12) = 1782 \text{ вар;}$$

$$\text{— вся цепь } Q = Q_1 + Q_2 = 1474 + 1782 = 3256 \text{ вар.}$$

Определим полную мощность:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3065^2 + 3256^2} = 4471 \text{ В} \cdot \text{А;}$$

$$S = U \cdot I = 300 \cdot 14,9 = 4470 \text{ Вт.}$$

Определим коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = P/S = 3065/4470 = 0,685.$$

5. Построим векторную диаграмму (рисунок 57)

Примем масштаб 1 см = 1 А.

В результате имеем:

$$I_{a1} = 5,89 \text{ см}$$

$$I_{p1} = 4,91 \text{ А}$$

$$I_{a2} = 4,32 \text{ см}$$

$$I_{p2} = 5,94 \text{ см}$$

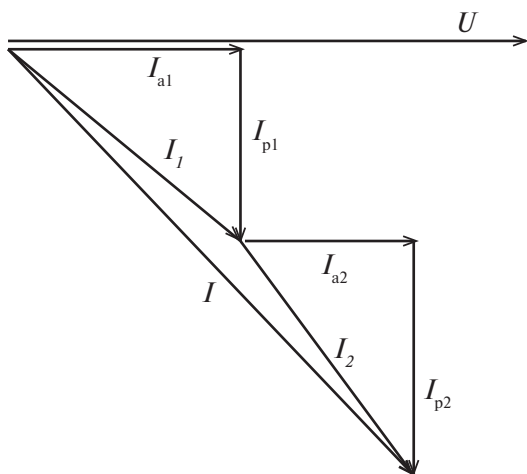


Рис. 57

Задачи 31–40

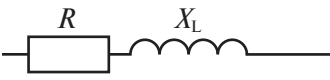

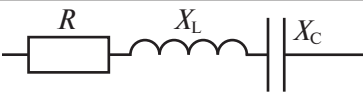
Для того чтобы приступить к решению задач 31–40 нужно изучить учебник [1], главу 14.

При решении схем электрических цепей переменного тока символическим методом геометрические действия над векторами можно заменить алгебраическими действиями над комплексными числами и применить законы линейных цепей.

Выражения для комплексов сопротивлений различных цепей даны в таблице 9

Таблица 9

Схема <i>1</i>	Комплекс сопротивлений <i>2</i>
	$\underline{Z} = R$
	$\underline{Z} = jX_L = X_L e^{j90^\circ}$
	$\underline{Z} = -jX_C = X_L e^{-j90^\circ}$

1	2
	$\underline{Z} = R + jX_L = Ze^{j\varphi}$
	$\underline{Z} = R - jX_C = Ze^{-j\varphi}$
	$\underline{Z} = R + j(X_L - jX_C) = Ze^{+(-)\varphi}$

Пример 7

Электрическая цепь переменного тока, изображенная на рисунке 58, состоит из активных и реактивных элементов $R_1 = 8 \text{ Ом}$, $C_1 = 530,78 \text{ мкФ}$, $R_2 = 9 \text{ Ом}$, $L_2 = 38,216 \text{ мГн}$, $C_3 = 318,47 \text{ мкФ}$. Частота тока равна 50 Гц, напряжение источника энергии 127 В.

Определить:

1. Комплексным методом токи в ветвях
2. Активную, реактивную и полную мощности, составить баланс мощностей.
3. Построить векторную диаграмму цепи.

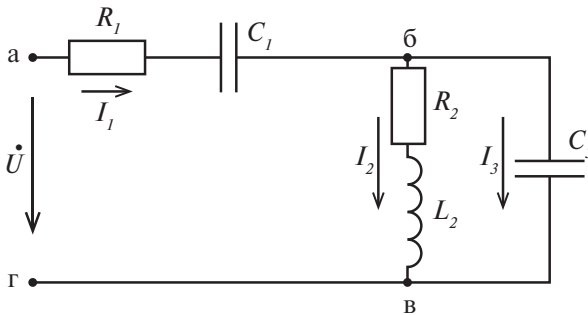


Рис. 58

Решение.

1. Определим реактивные сопротивления:

$$X_{C1} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1) = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 530,78 \cdot 10^{-6}) = 6 \text{ Ом};$$

$$X_{L2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 38,216 \cdot 10^{-3} = 12 \text{ Ом};$$

$$X_{C3} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_3) = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 318,47 \cdot 10^{-6}) = 10 \text{ Ом}.$$

Определим комплексы сопротивлений участков:

$$Z_1 = R_1 - jX_{C1} = 8 - j6 = 10e^{-j36,87^\circ} \text{ Ом};$$

$$Z_2 = R_2 + jX_{L2} = 9 + j12 = 15e^{j53,13^\circ} \text{ Ом};$$

$$Z_3 = -jX_{C3} = -j10 = 10e^{-j90^\circ} \text{ Ом};$$

Определим комплекс сопротивления на участке бв:

$$\underline{Z}_{\text{бв}} = (\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3) / (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3) = (15e^{j53,13^\circ} \cdot 10e^{-j90^\circ}) / (9 + j12 - j10) = 150e^{-j36,87^\circ} /$$

$$/ 9,2e^{j12,53^\circ} = 16,3e^{-j49,4^\circ} = 10,6 - j12,37 \text{ Ом};$$

Полное сопротивление цепи:

$$U_{m1} = 110 \text{ В}, U_1 = U_{m1} / \sqrt{2} = 110 / \sqrt{2} = 77,8 \text{ В};$$

Напряжение в комплексной форме имеет вид:

$$U = Ue^{j\varphi} = 127e^{j\varphi} = 127 \text{ В}.$$

Сила тока в неразветвленной части цепи определяется по закону Ома:

$$\dot{I} = \dot{U} / \underline{Z} = 127e^{j0} / 26,14e^{-j44,64^\circ} = 4,85e^{j44,64^\circ} = 3,45 + j3,41 \text{ А}.$$

Комплексное напряжение на участке аб определяем:

$$\dot{U}_{\text{аб}} = \dot{I} \cdot \underline{Z}_1 = 4,85e^{j44,64^\circ} \cdot 10e^{-j36,87^\circ} = 48,5e^{j7,77^\circ} \text{ В}.$$

Комплексное напряжение на участке бв определяем:

$$\dot{U}_{\text{бв}} = \dot{I} \cdot \underline{Z}_{\text{бв}} = 4,85e^{j44,64^\circ} \cdot 16,3e^{-j49,4^\circ} = 79e^{-j4,76^\circ} \text{ В}.$$

Определим комплексы токов I_2 и I_3 :

$$\dot{I}_2 = \dot{U}_{\text{аб}} / \underline{Z}_2 = 79e^{-j4,76^\circ} / 15e^{j53,13^\circ} = 5,27e^{-j57,89^\circ} = 2,8 - j4,46 \text{ А};$$

$$\dot{I}_3 = \dot{U}_{\text{бв}} / \underline{Z}_3 = 79e^{-j4,76^\circ} / 10e^{-j90^\circ} = 7,9e^{j85,24^\circ} = 0,65 + j7,87 \text{ А}.$$

Проверка:

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

$$3,45 + j3,41 = 2,8 - j4,46 + 0,65 + j7,87$$

$$3,45 + j3,41 = 3,45 + j3,41.$$

Проверка показала, что токи определены правильно.

Из расчета электрической цепи символическим методом следует, что

$$I_1 = 4,85 \text{ А}$$

$$I_2 = 5,27 \text{ А}$$

$$I_3 = 7,9 \text{ А}$$

2. Определим активную, реактивную и полную мощности.

Комплексное выражение мощности, подведенной к цепи:

$$\underline{S} = \dot{U} \cdot \dot{I}_1^* = Se^{j\varphi} = P + jQ,$$

где \dot{I}_1^* – сопряженный комплекс тока I_1 ,

P – активная мощность цепи, Вт,

Q — реактивная мощность цепи, вар,

S — полная мощность цепи, В·А.

$$\underline{S} = 127 \cdot 4,85e^{-j44,64^\circ} = 615,95e^{-j44,64^\circ} = 438,27 - j432,8.$$

Из комплекса полной мощности в показательной и алгебраической форме следует, что

$$S = 615,95 \text{ В·А}; P = 438,27 \text{ Вт}; Q = 432,8 \text{ вар}; \varphi = -44,64^\circ.$$

Характер цепи емкостной, так как угол φ отрицательный.

Определим мощности на отдельных участках:

$$\underline{S}_1 = \dot{U}_{a6} \cdot I_1^* = 48,5e^{j7,77^\circ} \cdot 4,85e^{-j44,64^\circ} = 235,2e^{-j36,87^\circ} = 188,2 - j141,12;$$

$$S_1 = 235,2 \text{ В·А}; P_1 = 188,2 \text{ Вт}; Q_1 = -141,12 \text{ вар}.$$

$$\underline{S}_2 = \dot{U}_{6b} \cdot I_2^* = 79e^{j4,76^\circ} \cdot 5,27e^{j57,89^\circ} = 416,33e^{j53,13^\circ} = 250 + j333;$$

$$S_2 = 416,33 \text{ В·А}; P_2 = 250 \text{ Вт}; Q_2 = 333 \text{ вар}$$

$$\underline{S}_3 = \dot{U}_{6b} \cdot I_3^* = 79e^{j4,76^\circ} \cdot 7,9e^{-j85,24^\circ} = 624,1e^{-j90^\circ} = -j624,1;$$

$$S_3 = 624,1 \text{ В·А}; P_3 = 0; Q_3 = -624,1 \text{ вар}$$

Составим баланс активных и реактивных мощностей:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$438,27 = 188,2 + 250$$

$$438,27 = 438,2.$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$432,8 = -141,12 + 333 - 624,1$$

$$432,8 = -432,2.$$

3. Построим векторную диаграмму.

Примем масштаб:

$$1 \text{ см} = 2 \text{ А}$$

$$1 \text{ см} = 10 \text{ В}$$

На векторной диаграмме векторы токов и напряжений откладываем в масштабе в соответствии с их начальными фазами (рисунок 59).

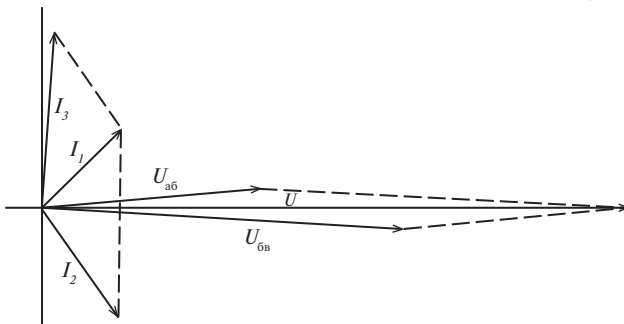


Рис. 59

Задачи 41–50

Для того чтобы приступить к решению задач 41–50 нужно изучить учебник [1], главу 16; учебник [4], главу 4.

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

$$i(\omega t) = I_0 + I_{m1} \sin(\omega t + \psi_{i1}) + I_{m2} \sin(2\omega t + \psi_{i2}) + I_{m3} \sin(3\omega t + \psi_{i3}) + \dots + I_{mn} \sin(n\omega t + \psi_{in}).$$

Пример 8

К электрической цепи, состоящей из последовательного соединения резистора 30 Ом, индуктивности $L = 25,47$ мГн и емкости $C = 53,078$ мкФ (рисунок 60) приложено несинусоидальное напряжение, которое изменяется по закону $u = 180 + 110\sin\omega t + 64\sin 3\omega t$, В. Частота тока равна 50Гц. Определить показания приборов, активную, реактивную и полную мощности. Записать уравнение мгновенного значения для тока.

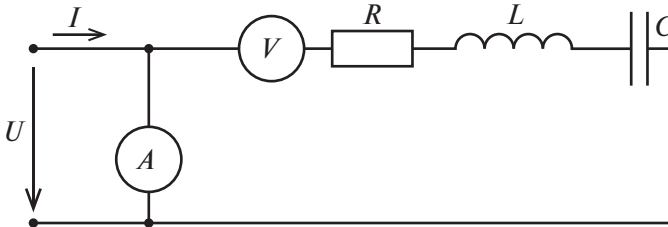


Рис. 60

Решение.

Определим действующие значения напряжений для разных гармоник:

$$U_0 = 180\text{В};$$

$$U_{m1} = 110\text{В}, U_1 = U_{m1} / \sqrt{2} = 110 / \sqrt{2} = 77,8\text{В};$$

$$U_{m3} = 64\text{В}, U_3 = U_{m3} / \sqrt{2} = 64 / \sqrt{2} = 45,3\text{В};$$

Действующее значение несинусоидального напряжения, то есть показание вольтметра определяем:

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_3^2} = \sqrt{180^2 + 77,8^2 + 45,3^2} = 201,2\text{В}.$$

Так как в цепь последовательно включен конденсатор, то сопротивление цепи для постоянной составляющей несинусоидального напряжения будет равным бесконечности, а ток постоянной составляющей равен нулю. Таким образом, $I_0 = 0$.

Определим реактивные и полное сопротивление для первой гармоники:

$$X_{L1} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 8 \text{ Ом};$$

$$X_{C1} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C) = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 53 \cdot 10^{-6}) = 60 \text{ Ом};$$

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + (X_{L1} - X_{C1})^2} = \sqrt{30^2 + (8 - 60)^2} = 60 \text{ Ом}$$

Определим реактивные и полное сопротивление для третьей гармоники:

$$X_{L3} = 3 \cdot X_{L1} = 3 \cdot 8 = 24 \text{ Ом};$$

$$X_{C3} = X_{C1} / 3 = 60 / 3 = 20 \text{ Ом};$$

$$Z_3 = \sqrt{R^2 + (X_{L3} - X_{C3})^2} = \sqrt{30^2 + (24 - 20)^2} = 30,26 \text{ Ом}$$

Определим амплитудные значения токов для первой и третьей гармоники:

$$I_{m1} = U_{m1} / Z_1 = 110 / 60 = 1,83 \text{ А};$$

$$I_{m3} = U_{m3} / Z_3 = 64 / 30,26 = 2,1 \text{ А}.$$

Определим действующие значения токов для первой и третьей гармоники:

$$I_1 = I_{m1} / \sqrt{2} = 1,83 / \sqrt{2} = 1,3 \text{ А};$$

$$I_3 = I_{m3} / \sqrt{2} = 2,1 / \sqrt{2} = 1,48 \text{ А};$$

Действующее значение несинусоидального тока, то есть показания амперметра определяем:

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2} = \sqrt{1,3^2 + 1,48^2} = 1,97 \text{ А};$$

Определим сдвиг фаз для разных гармонических составляющих:

$\varphi_1 = \arctg (X_{L1} - X_{C1}) / R = \arctg (8 - 60) / 30 = -60^\circ$, ток I_1 опережает напряжение U_1 ;

$\varphi_3 = \arctg (X_{L3} - X_{C3}) / R = \arctg (24 - 20) / 30 = -7,6^\circ$, ток I_3 отстает по фазе от напряжения U_3 .

Мгновенное значение несинусоидального тока, протекающего в цепи

$$i(\text{wt}) = I_{m1} \sin(\text{wt} + \psi_{i1}) + I_{m3} \sin(3\text{wt} + \psi_{i3}),$$

где ψ_{i1} , ψ_{i3} — начальные фазы составляющих тока, $\psi_i = \psi_u - \varphi$.

Из условия задачи известно, что начальных фазы всех составляющих напряжения равны нулю:

$$\psi_{i1} = 0 - (-60^\circ) = 60^\circ$$

$$\psi_{i3} = 0 - 7,6^\circ = -7,6^\circ$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ рад/сек.}$$

Таким образом, мгновенное значение несинусоидального тока в цепи равно:

$$i = 1,3 \sin(314t + 60^\circ) + 1,83 \sin(942t - 7,6^\circ).$$

Определим активную мощность при несинусоидальном токе:

$$P = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 + U_3 \cdot I_3 \cdot \cos\varphi_3 = 77,8 \cdot 1,3 \cdot \cos 60^\circ + 45,3 \cdot 1,48 \times \cos(-7,6^\circ) = 116 \text{ Вт.}$$

Определим реактивную мощность при несинусоидальном токе:

$$Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin\varphi_1 + U_3 \cdot I_3 \cdot \sin\varphi_3 = 77,8 \cdot 1,3 \cdot \sin 60^\circ + 45,3 \cdot 1,48 \times \sin(-7,6^\circ) = 78,7 \text{ вар.}$$

Определим полную мощность при несинусоидальном токе:

$$S = U \cdot I = 201,2 \cdot 1,97 = 396,4 \text{ В}\cdot\text{А.}$$

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 занятия

Исследование работы выпрямительного диода. Исследование работы стабилитрона. Исследование работы транзистора. Исследование работы тиристора.

Методические указания по изучению темы

Темы раздела 2.1. подробно описаны в учебнике [5] глава 10.1, 10.2, 10.3, [6] глава 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

Электронно-дырочный переход — это переходный слой между двумя областями полупроводника с различными типами электропроводности. Условное обозначение электронно-дырочного перехода — $p - n$ переход. Электропроводность полупроводников, связанная с нарушением валентных связей, называется собственной проводимостью. Электропроводность полупроводников, обусловленная наличием примесей, называется примесной проводимостью. Равновесное состояние $p - n$ перехода возникает, когда к $p - n$ переходу не приложено внешнее напряжение. Пропускное состояние наблюдается в том случае, когда плюс внешнего источника питания прикладывается к p области, а минус к n области. Запирающее состояние перехода возникает в том случае, когда к p области подключен минус источника питания, а к n области — плюс. Пробоем $p - n$ перехода называется резкое изменение режима работы $p-n$ -перехода, находящегося под большим обратным напряжением. Полупроводниковый выпрямительный диод служит для преобразования переменного тока в постоянный. По конструкции диоды подразделяются на точечные и плоскостные. По назначению диоды подразделяются на выпрямительные, высокочастотные, импульсные, туннельные, светодиоды, варикапы, стабилитроны и другие.

Биполярным транзистором называется полупроводниковый прибор, имеющий два взаимодействующих между собой $p - n$ перехода. Биполярный транзистор имеет три вывода, которые называются — эмиттер, коллектор и база. Принцип действия транзистора основан на управлении токами электродов в зависимости от приложенных к его переходам напряжений. В работе биполярных транзисторов участвуют носители тока двух типов — электроны и дырки. Работа полевых транзисторов основана на использовании зарядоносителей только одного знака и управляется электрическим полем. Полевой транзистор имеет три и более электрода — исток, сток и затвор. Составной транзистор это комбинация из двух отдельных транзисторов.

Тиристоры служат для управления электрическим током. Тиристоры подразделяются на динисторы и тринисторы. Динистор это двухэлектродный прибор с тремя $p - n$ переходами. Тринистор, кроме выводов анода и катода имеет еще и управляющий электрод.

Фоторезистором называется полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого изменяется в широких пределах в зависимости от интенсивности и спектрального состава воздейст-

вующего на него светового потока. Фотодиодом называется двухэлектродный прибор с одним $p - n$ переходом, вольт-амперная характеристика которого зависит от воздействующего на него светового потока. Светодиодом называется полупроводниковый прибор предназначенный для непосредственного преобразования электрической энергии в световую.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется $p - n$ переходом и опишите его свойства? Что называется собственной проводимостью? Что называется примесной проводимостью?

2. Объясните назначение полупроводниковых выпрямительных диодов, лавинных диодов, их устройство и принцип действия.

3. Приведите основные характеристики и параметры приборов, условное графическое обозначение на схеме, маркировка (буквенно-цифровое обозначение), область применения.

4. Начертите схемы включения диодов.

5. Классификация электронных приборов, область применения.

6. Биполярные транзисторы, их устройство и принцип действия, Начертите схемы включения транзисторов с общей базой, с общим эмиттером. Условное графическое обозначение на схеме, маркировка, область применения.

7. Полевые транзисторы, основные характеристики и параметры, условное обозначение на схеме, маркировка, область применения.

8. Устройство и принцип действия тиристоров. Основные параметры и характеристики, условное графическое обозначение на схеме, маркировка, область применения.

9. Перечислите специальные типы полупроводниковых приборов. Какое назначение стабилитронов и туннельных диодов, их устройство и принцип действия. Фоторезисторы, фотодиоды, светодиоды, оптроны, их устройство и принцип действия, область применения.

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. **Трехфазные преобразователи.** Трехпульсовая 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.

Лабораторное занятие

Исследование работы выпрямителя

Практическое занятие

Расчет параметров схемы выпрямления

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 2.2. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 10.12, [6] глава 6.1, 6.3.

Выпрямителем называется устройство, преобразующее переменный ток в постоянный или пульсирующий. Классификация выпрямителей — по количеству фаз, по виду выпрямительных элементов, неуправляемые и управляемые, по способу включения выпрямительных элементов, по виду нагрузки. Однопериодная схема выпрямления с активной нагрузкой состоит из силового трансформатора, диода и нагрузки. Двухполупериодная схема имеет трансформатор и два диода. Двухполупериодная мостовая схема состоит из трансформатора и четырех диода, собранных по схеме моста.

Для выпрямления трехфазного тока применяются мостовые и нулевые схемы. В мостовых схемах диод или группу диодов включают на междуфазное напряжение, а в нулевых схемах на фазное напряжение между фазой и нулем через нагрузку.

Для надежной работы электронной аппаратуры, устройств автоматики и других потребителей выпрямленного тока нужно ликви-

ровать пульсацию выпрямленного напряжения и для этого служат сглаживающие фильтры. Сглаживающие фильтры подразделяются на емкостный фильтр и индуктивный фильтр.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите классификацию, основные элементы и параметры электронных преобразователей. Назначение электронных выпрямителей, структурные схемы.

2. Однофазные преобразователи. Начертите схемы выпрямления электронных выпрямителей однофазного тока: однопериодная, двухполупериодная с нулевой точкой, двухполупериодная мостовая. Какие соотношения между выпрямленными и переменными напряжениями и токами.

3. Классификация регулируемых преобразователей. Начертите схемы и объясните принцип действия тиристорных преобразователей. Назначение, классификация, принцип действия сглаживающих фильтров.

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.

Лабораторное занятие

Исследование работы двухкаскадного усилителя

Практическое занятие

Расчет усилителя низкой частоты на транзисторах

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 2.3. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 10.14, 10.15, 10.16, 10.17, [6] глава 7.1–7.8.

Усилителем называется устройство, которое преобразует электрические колебания небольшой мощности, поступающее на вход, в электрические колебания большой мощности на выходе. Основные характеристики усилителей — коэффициент усиления, диапазон усиливаемых частот, выходная мощность, номинальное входное напряжение, коэффициент полезного действия, динамический диапазон амплитуд и уровень помех. Обратная связь это передача части напряжения или тока с выхода усилителя на его вход. Обратная связь бывает полезной, если она создается искусственно и служит для улучшения качества усилителя. Обратная связь бывает паразитной, если она возникает из-за самопроизвольного влияния выходной цепи на его входные цепи. Генератор, который работает в режиме автоколебаний, называется автогенератором. Автогенераторный режим работы используют в устройствах, используемых в качестве задающих генераторов. В автогенераторах амплитуда колебаний не зависит от начальных условий, а после прекращения внешних воздействий амплитуда колебаний принимает прежнее значение. Функциональная схема автогенератора содержит колебательную систему, источник электрической энергии и элемент обратной связи. Причины нестабильности частоты генератора — вибрация, старение деталей схемы, изменение температуры, нестабильность напряжения источников питания, влияние нагрузки.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите классификацию, характеристики и параметры электронных усилителей.
2. Начертите структурную схему усилителя. Режимы работы усилительных элементов.
3. Перечислите виды обратных связей электронных усилителей, их применение.
4. Опишите принцип действия усилителей постоянного тока. Электронные генераторы. Назначение. Классификация.
5. Укажите назначение автогенератора. Начертите структурную схему.

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.

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 2.4. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 10.20, [6] глава 8.1, 8.2, 8.3.

Интегральная схема это микроэлектронное изделие, которое способно выполнять определенную функцию преобразования и обработки сигнала и которое содержит не менее пяти нераздельно связанных и электрически соединенных элементов и компонентов. Интегральные микросхемы классифицируются на полупроводниковые, совмещенные, гибридные. Уровень интеграции определяется количеством входящих в нее элементов. Аналоговые интегральные микросхемы предназначены для линейного преобразования электрических сигналов, которые изменяются по закону непрерывной функции. Цифровые интегральные микросхемы предназначены для преобразования и обработки сигналов, которые изменяются по закону прерывистой функции. Операционный усилитель это усилитель постоянного тока прямого усиления с большим коэффициентом усиления по напряжению. Дифференциальный усилитель состоит из двух симметричных плеч и генератора тока, подключенного к эмиттерам транзисторов. Операционный усилитель воспринимает только разность входных напряжений. И не чувствителен к любой составляющей входного напряжения, воздействующей одновременно на оба его входа. Основные характеристики микропроцессора это разрядность и быстродействие. Разрядность определяет точность обработки информации, а быстродействие — возможность работы устройства в реальном масштабе времени.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите общие сведения об интегральных микросхемах. Классификация.
2. Перечислите особенности, применение и обозначение аналоговых и цифровых интегральных микросхем.
3. Укажите назначение операционных усилителей. Требования, предъявляемые к операционным усилителям.
4. Опишите общие сведения о микропроцессорах. Назначение. Общая характеристика.
5. Мощность микропроцессора. Внутреннее построение микропроцессора.

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 занятия

Исследование цепей преобразования импульсов.

Исследование работы мультивибратора.

Исследование работы триггера

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 2.5. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 10.24, [6] глава 9.1, 9.2, 9.3, 9.6, 9.8.

Каждый импульс характеризуется амплитудой, длительностью импульса, длительностью фронта и среза. Различают два вида импульсных сигналов — видеоимпульсы и радиоимпульсы. Дифференцирующая цепь должна обеспечивать — укорачивание длительности выходных импульсов по сравнению с входными, выделение коротких импульсов из смеси импульсов различной длительности и получение электрическим путем математической производной какой-либо функции. Генератор пилообразного напряжения это

генератор линейно изменяющегося напряжения или тока, электронное устройство, формирующее периодические колебания напряжения или тока пилообразной формы. Для получения пилообразного напряжения используют процесс заряда или разряда конденсатора в цепи с большой постоянной времени.

Мультивибратор — это генератор, вырабатывающий электрические колебания, по форме близкие к прямоугольным. Мультивибраторы классифицируются на самовозбуждающиеся и ждущие мультивибраторы. В мультивибраторах используется только один вид накопителей энергии.

Триггер — это устройство, которое обладает устойчивыми положениями, переход в которые происходит под действием входных управляющих сигналов. Триггеры могут работать в схемах цифровых счетчиков числа импульсов, в схемах переключения, хранения полученной информации, в схемах датчиков времени.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите назначение, виды и принцип действия импульсных усилителей.
2. Опишите назначение, виды, схемы и принцип действия триггеров.
3. Какие принципы выбора электронных устройств и приборов?

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.

Лабораторное занятие

Исследование логических элементов

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 2.6. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 10.25, 10.26, [6] глава 10.1, 10.2, 10.4.

К основным параметрам логических элементов относятся — коэффициент разветвления по выходу, потребляемая мощность, набор

логических функций, число входов по ИЛИ и по И и динамические параметры. Логические элементы подразделяют на диодно-резисторные, диодно — транзисторные, резисторно — транзисторные, транзисторно — транзисторные и транзисторные. По технологии изготовления логические элементы бывают интегральные и дискретные. Логический элемент может иметь один или несколько входов и один выход.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите назначение и классификацию логических элементов.
2. Укажите назначение логических элементов в дискретном и интегральном исполнении.
3. Опишите принцип действия логических элементов в дискретном и интегральном исполнении.

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.

Лабораторное занятие

Испытание двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 3.1. необходимо воспользоваться учебником [3] глава 24.1, 24.2, 26, [4] глава 11.1, [5] глава 7.1, 7.2, 7.3, 7.7, 7.8.

Генераторы постоянного тока применяются для питания установок электролиза, зарядки аккумулятора. Конструкция машины постоянного тока состоит из статора, магнитных полюсов, подшипников, якоря, коллектора, вентилятора и других элементов. Основной магнитный поток машины создает намагничивающая сила обмотки возбуждения. Реакция якоря — это воздействие магнитного потока обмотки якоря на основной магнитный поток. Для устранения вредного воздействия реакции якоря применяют компенсационную обмотку. Коммутацией называют процесс переключения секции обмотки якоря из одной ветви в другую с помощью коллектора. Время, в течение которого переходит одна секция, называется периодом коммутации. Для улучшения коммутации устанавливают добавочные полюсы. Различают два типа возбуждения — независимое и самовозбуждение (последовательное, параллельное и смешанное).

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните назначение, классификацию, принцип действия электрической машины постоянного тока.
2. Опишите устройство, назначение узлов и деталей электрической машины.
3. Что называется реакцией якоря?
4. Объясните сущность коммутации электрической машины 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.

Лабораторное занятие

Испытание трехфазного асинхронного двигателя

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 3.2. необходимо воспользоваться учебником [3] глава 6.1, 6.2, 10.1, 10.2, 15, [4] глава 13.1, [5] глава 8.1, 8.2, 8.3, 8.8, 8.10, 8.11.

Основные элементы, входящие в состав электрической машины переменного тока это статор и ротор. К статору относятся все неподвижные детали машины (корпус, сердечник, обмотка). Корпус служит для соединения всех частей двигателя в единую конструкцию. Сердечник ротора цилиндрической формы собран из листов электро-технической стали и крепится на валу. Самый простой способ пуска электродвигателя это прямое включение в сеть на полное напряжение простым рубильником или магнитным пускателем. Регулировать частоту вращения можно путем изменения частоты тока в обмотке или изменением числа пар полюсов обмотки статора.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните устройство, назначение узлов асинхронного двигателя.
2. Что называется реакцией якоря?
3. Начертите характеристики асинхронного двигателя.
4. Начертите схему пуска в ход трехфазного асинхронного двигателя.

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.

Лабораторное занятие

Исследование однофазного трансформатора

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 3.3. необходимо воспользоваться учебником [3] глава 1.3, 1.14, [4], глава 10.1, [5] глава 5.1, 5.2, 5.5, 5.6.

Трансформатором называется статическое электромагнитное устройство, служащее для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при одинаковой частоте. Магнитопровод трансформатора состоит из ядра и стержней. На магнитопроводе расположены обмотки. Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. Режимы работы трансформатора — холостой ход, короткое замыкание и рабочий режим. Величина коэффициента полезного действия зависит от его нагрузки.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите назначение, конструкция, принцип действия трансформатора.
2. Начертите схемы и группы соединения обмоток трансформатора.
3. Перечислите и опишите режимы работы трансформатора.

Раздел 4. Электрические измерения

Тема 4.1. Методы измерений

Содержание учебного материала

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

Лабораторное занятие

Проверка технического амперметра и вольтметра

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 4.1. необходимо воспользоваться учебником [4] глава 8.1, [5] глава 6.1, 6.2, 6.3.

Измерением называется процесс сравнения физической величины принятой за единицу такого же рода. Измерительным прибором называется устройство, служащее для осуществления процесса измерения. Электроизмерительные приборы классифицируются по нескольким признакам — по роду тока, по принципу действия, по способу измерения, по роду измеряемой величины, по положению прибора и другие. Погрешности бывают относительная, абсолютная и приведенная.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите классификацию методов измерения. Какие знаете погрешности?
2. Что такое единицы, эталоны, меры электрических величин?

Тема 4.2. Приборы непосредственной оценки

Содержание учебного материала

Аналоговые электроизмерительные приборы. Цифровые электроизмерительные приборы.

Лабораторное занятие

Изучение конструкции и принципа работы электроизмерительных приборов непосредственной оценки

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 4.2. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 6.6, 6.7, 6.8.

По принципу действия аналоговые прибора подразделяются на электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические,

индукционные, ферродинамические, электростатические. Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы основан на взаимодействии постоянного магнита и катушки, по которой протекает ток. Цифровые приборы измеряют, значение непрерывно изменяющейся величины за определенный промежуток времени и представляют полученный результат в цифровой форме. Цифровые электроизмерительные приборы имеют большое быстродействие, высокую точность, широкие пределы измерений.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные правила эксплуатации электрооборудования
2. Опишите устройство аналоговых измерительных приборов.
3. Опишите устройство цифровых измерительных приборов.
4. Перечислите достоинства и недостатки аналоговых измерительных приборов.
5. Перечислите достоинства и недостатки цифровых измерительных приборов.

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 занятия

Измерение сопротивления изоляции электрической цепи мегомметром. Проверка и настройка электрических счетчиков. Измерение активной и реактивной электрической энергии однофазными счетчиками. Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазными счетчиками

Методические указания по изучению темы

Для подробного изучения темы 4.3. необходимо воспользоваться учебником [5] глава 6.5, 6.8.

Электрическое сопротивление можно измерить несколькими способами — используя метод амперметра и вольтметра, с помощью омметра, с помощью измерительных мостов. В цепях постоянного

тока мощность можно измерить с помощью ваттметра. В цепях переменного тока с помощью ваттметра измеряют активную мощность. Шунты применяют для расширения пределов измерения измерительных механизмов по току, при этом большая часть измеряемого тока проходит через шунт, а меньшая — через измерительный механизм. Шунты имеют небольшое сопротивление и применяются, в основном, в цепях постоянного тока с магнитоэлектрическими измерительными механизмами.

Добавочные резисторы являются измерительными преобразователями напряжения в ток, а на значение тока реагируют измерительные механизмы вольтметров. Добавочные резисторы предназначены для расширения пределов измерения по напряжению вольтметров различных систем и других приборов, имеющих параллельные цепи, подключаемые к источнику напряжения.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите способы измерения электрических сопротивлений. Начертите схемы.
2. Как измеряется мощность в цепях переменного и постоянного тока? Начертите схему.
3. Начертите схему измерения электрической энергии.
4. Начертите схему измерения электрических параметров воздушных линий электропередачи.
5. Как можно расширить пределы измерений. Опишите назначение шунтов.

Задание для контрольной работы № 3

Задания на контрольную работу № 3 составлены в 50 вариантах. Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам шифра студента таблицы 10

Таблица 10

Варианты контрольной работы

Две последние цифры шифра		Номер варианта	Номера задач	Две последние цифры шифра		Номер варианта	Номера задач
01	51			26	76		
02	52	2	1,11,21,31,41	27	77	27	6,18,30,32,45
03	53	3	2,12,22,32,42	28	78	28	7,19,21,33,46
04	54	4	3,13,23,33,43	29	79	29	8,20,22,34,47
05	55	5	4,14,24,34,44	30	80	30	9,11,23,35,48
06	56	6	5,15,25,35,45	31	81	31	10,12,24,36,49
07	57	7	6,16,26,36,46	32	82	32	1,14,27,40,49
08	58	8	7,17,27,37,47	33	83	33	2,15,28,31,50
09	59	9	8,18,28,38,48	34	84	34	3,16,29,32,41
10	60	10	9,19,29,39,49	35	85	35	4,17,30,33,42
11	61	11	10,20,30,40,50	36	86	36	5,18,21,34,43
12	62	12	1,12,23,34,46	37	87	37	6,19,22,35,44
13	63	13	2,13,24,35,47	38	88	38	7,20,23,36,45
14	64	14	3,14,25,36,48	39	89	39	8,11,24,37,46
15	65	15	4,15,26,37,49	40	90	40	9,12,25,38,47
16	66	16	5,16,27,38,50	41	91	41	10,13,26,39,48
17	67	17	6,17,28,39,41	42	92	42	1,15,29,33,48
18	68	18	7,18,29,40,42	43	93	43	2,16,30,34,49
19	69	19	8,19,30,31,43	44	94	44	3,17,21,35,50
20	70	20	9,20,21,32,44	45	95	45	4,18,22,36,41
21	71	21	10,11,22,33,45	46	96	46	5,19,23,37,42
22	72	22	1,13,25,37,50	47	97	47	6,20,24,38,43
23	73	23	2,14,26,38,41	48	98	48	7,11,25,39,44
24	74	24	3,15,27,39,42	49	99	49	8,12,26,40,45
25	75	25	4,16,28,40,43	50	00	50	9,13,27,31,46
			5,17,29,31,44				10,14,28,32,47

Задачи к контрольной работе № 3

Задача 1

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 61). Линейное напряжение равно 380В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 12 \text{ Ом}$, $X_{C2} = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 14 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

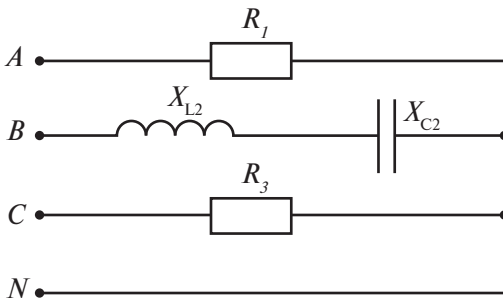


Рис. 61

Задача 2

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 62). Линейное напряжение равно 220В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 9 \text{ Ом}$, $X_{L1} = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $X_{L3} = 4 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

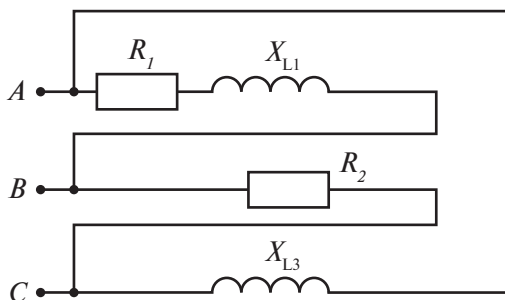


Рис. 62

Задача 3

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 63). Линейное напряжение равно 220В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 11 \text{ Ом}$, $X_{L1} = 12 \text{ Ом}$, $X_{C2} = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 14 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

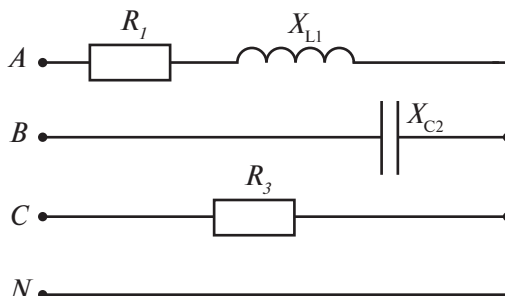


Рис. 63

Задача 4

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 64). Линейное напряжение равно 380В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $X_{C1} = 6 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$, $X_{C3} = 7 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

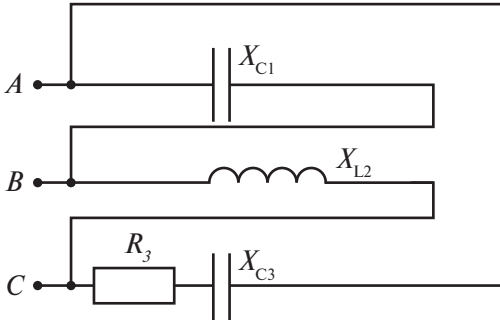


Рис. 64

Задача 5

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 65). Линейное напряжение равно 380В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $X_{C1} = 11 \text{ Ом}$, $R_2 = 9 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 7 \text{ Ом}$, $X_{L3} = 10 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

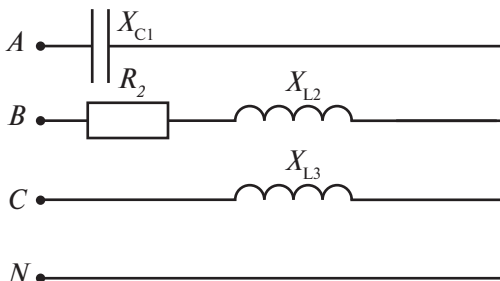


Рис. 65

Задача 6

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 66). Линейное напряжение равно 220В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $X_{L1} = 13 \text{ Ом}$, $R_2 = 15 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 7 \text{ Ом}$, $X_{C3} = 9 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

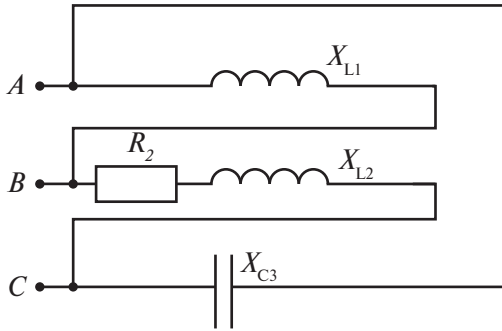


Рис. 66

Задача 7

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 67). Линейное напряжение равно 220В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 9 \text{ Ом}$, $X_{C1} = 7 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 10 \text{ Ом}$, $X_{C3} = 6 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

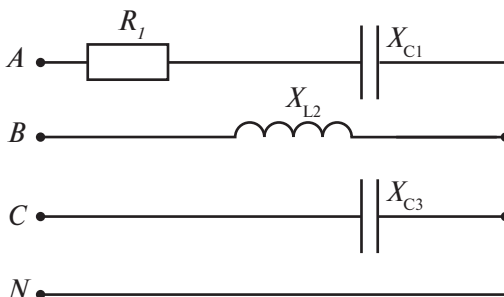


Рис. 67

Задача 8

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 68). Линейное напряжение равно 660В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 25 \text{ Ом}$, $X_{C2} = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$, $X_{L3} = 27 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

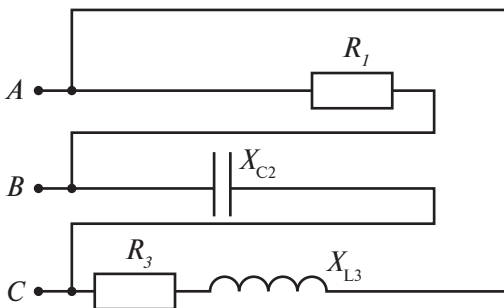


Рис. 68

Задача 9

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 69). Линейное напряжение равно 660В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $X_{L1} = 40 \text{ Ом}$, $R_2 = 50 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$, $X_{L3} = 25 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

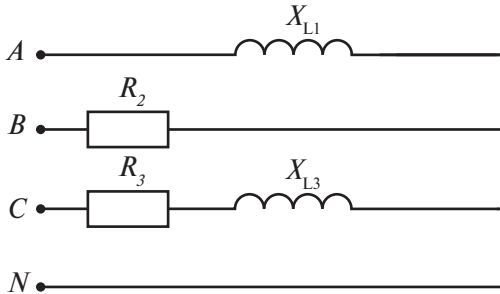


Рис. 69

Задача 10

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 70). Линейное напряжение равно 127В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 15 \text{ Ом}$, $X_{C1} = 7 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 17 \text{ Ом}$. $R_3 = 20 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

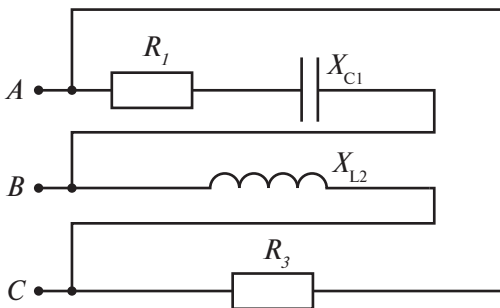


Рис. 70

Задача 11

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальную мощность S_n , коэффициент трансформации K , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2$, коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нр}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н}$, коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке и при фактической нагрузке η_n и η .

Технические данные трансформатора:

номинальное первичное напряжение $U_{1н} = 200$ В;

номинальное вторичное напряжение $U_{2н} = 20$ В;

активная мощность нагрузки $P_2 = 375$ Вт;

реактивная мощность нагрузки $Q_2 = 225$ вар;

мощность потерь в стали $P_{ст} = 2,32$ Вт;

мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн} = 4,8$ Вт;

вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н} = 25$ А.

Задача 12

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальное первичное напряжение $U_{1н}$, реактивную мощность нагрузки Q_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 . Коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нр}$, номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н}$. Вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η .

Технические данные трансформатора:

номинальная мощность $S_n = 1250$ В·А;

номинальное вторичное напряжение $U_{2н} = 100$ В;

коэффициент трансформации $K = 2,5$;

активная мощность нагрузки $P_2 = 700$ Вт;

коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,8$;

коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_n = 0,96$;

мощность потерь в стали $P_{ст} = 9,8$ Вт.

Задача 13

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальную мощность S_n , номинальное первичное напряжение $U_{1н}$, активную мощность нагрузки P_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нр}$, номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке η_n , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η , мощность потерь в стали $P_{ст}$.

Технические данные трансформатора:

номинальное вторичное напряжение $U_{2н} = 220$ В;

коэффициент трансформации $K = 8,18$;

реактивная мощность нагрузки $Q_2 = 240$ вар;

коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,6$;

вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н} = 3,5$;

коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_n = 0,94$;

мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн} = 2,4$ Вт.

Задача 14

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальное первичное напряжение $U_{1н}$, коэффициент трансформации K , реактивная мощность нагрузки Q_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нр}$, вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке η_n , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η .

Технические данные трансформатора:

номинальная мощность $S_n = 500$ В·А;

номинальное вторичное напряжение $U_{2н} = 127$ В;

активная мощность нагрузки $P_2 = 260$ Вт;

коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,87$;

номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н} = 1,32$ А;

мощность потерь в стали $P_{ст} = 18,2$ Вт;

мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн} = 17$ Вт.

Задача 15

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать коэффициент трансформации K , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2$, коэффициент нагрузки трансформатора $K_{\text{нр}}$, номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1\text{н}}$, вторичный ток при номинальной мощности $I_{2\text{н}}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_{\text{н}}$, коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η .

Технические данные трансформатора:

номинальная мощность $S_{\text{н}} = 1500 \text{ В}\cdot\text{А}$;

номинальное первичное напряжение $U_{1\text{н}} = 6000 \text{ В}$;

номинальное вторичное напряжение $U_{2\text{н}} = 120 \text{ В}$;

активная мощность нагрузки $P_2 = 840 \text{ Вт}$;

реактивная мощность нагрузки $Q_2 = 630 \text{ вар}$;

мощность потерь в стали $P_{\text{ст}} = 42,15 \text{ Вт}$;

мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{\text{мн}} = 27,9 \text{ Вт}$.

Задача 16

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальное первичное напряжение $U_{1\text{н}}$, коэффициент трансформации K , реактивную мощность нагрузки Q_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент нагрузки трансформатора $K_{\text{нр}}$, номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1\text{н}}$, вторичный ток при номинальной мощности $I_{2\text{н}}$, ток в обмотке при фактической нагрузке I_2 , коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_{\text{н}}$, мощность потерь в стали $P_{\text{ст}}$.

Технические данные трансформатора:

номинальная мощность $S_{\text{н}} = 3000 \text{ В}\cdot\text{А}$;

номинальное вторичное напряжение $U_{2\text{н}} = 127 \text{ В}$;

активная мощность нагрузки $P_2 = 2100 \text{ Вт}$;

коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1$;

ток в обмотке при фактической нагрузке $I_1 = 9,6 \text{ А}$;

коэффициент полезного действия при фактической нагрузке $\eta = 0,97$;

мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{\text{мн}} = 80 \text{ Вт}$.

Задача 17

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальное первичное напряжение $U_{1н}$, номинальное вторичное напряжение $U_{2н}$, активную мощность нагрузки P_2 , реактивную мощность нагрузки Q_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2$, вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η .

Технические данные трансформатора:
номинальная мощность $S_n = 400 \text{ В}\cdot\text{А}$;
коэффициент трансформации $K = 0,4$;
коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нт} = 0,83$;
номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н} = 2,2 \text{ А}$;
коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_n = 0,92$;
мощность потерь в стали $P_{ст} = 21,2 \text{ Вт}$;
мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн} = 10,4 \text{ Вт}$.

Задача 18

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальную мощность S_n , номинальное вторичное напряжение $U_{2н}$, активную мощность нагрузки P_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н}$, вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке η_n , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η .

Технические данные трансформатора:
номинальное первичное напряжение $U_{1н} = 200 \text{ В}$;
коэффициент трансформации $K = 4,4$;
реактивная мощность нагрузки $Q_2 = 120 \text{ вар}$;
коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,707$;
коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нт} = 0,68$;
мощность потерь в стали $P_{ст} = 14 \text{ Вт}$;
мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн} = 7,3 \text{ Вт}$.

Задача 19

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальную мощность S_n , коэффициент трансформации K , реактивную мощность нагрузки Q_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нр}$, номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке η_n , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η .

Технические данные трансформатора:

номинальное первичное напряжение $U_{1н} = 180$ В;

номинальное вторичное напряжение $U_{2н} = 36$ В;

активная мощность нагрузки $P_2 = 72$ Вт;

коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1$;

вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н} = 2,5$;

мощность потерь в стали $P_{ст} = 4,1$ Вт;

мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн} = 1,69$ Вт.

Задача 20

Имеется однофазный трансформатор. Пользуясь техническими данными, приведенными ниже, рассчитать номинальное первичное напряжение $U_{1н}$, коэффициент трансформации K , реактивную мощность нагрузки Q_2 , полную мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора S_2 , коэффициент нагрузки трансформатора $K_{нр}$, вторичный ток при номинальной мощности $I_{2н}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке I_1 и I_2 , коэффициент полезного действия при фактической нагрузке η , мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке $P_{мн}$.

Технические данные трансформатора:

номинальная мощность $S_n = 600$ В·А;

номинальное вторичное напряжение $U_{2н} = 150$ В;

активная мощность нагрузки $P_2 = 432$ Вт;

коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,8$;

номинальный первичный ток в обмотках трансформатора при номинальной мощности $I_{1н} = 12,5$ Вт;

коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_n = 0,96$;

мощность потерь в стали $P_{ст} = 17$ Вт.

Задача 21

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить напряжение сети, подведенное к двигателю U , сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{я}$, ток в обмотке якоря $I_{я}$, ток в обмотке возбуждения $I_{в}$, потери мощности в двигателе ΔP , коэффициент полезного действия двигателя η , вращающий момент двигателя M , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,2 раза $R_{п}$.

Основные параметры двигателя:

сопротивление в обмотке возбуждения $R_{в} = 200 \text{ Ом}$;

противо-ЭДС в обмотке якоря $E = 396 \text{ В}$;

номинальная частота якоря $n_{н} = 250 \text{ об/мин}$;

номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н} = 50 \text{ А}$;

мощность потребляемая двигателем из сети $P_1 = 20 \text{ кВт}$;

полезная мощность двигателя $P_2 = 18,6 \text{ кВт}$.

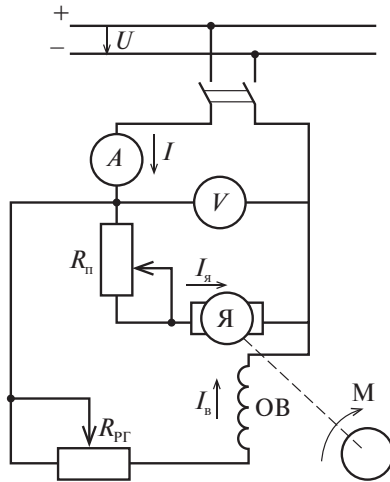


Рис. 71

Задача 22

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить напряжение сети, подведенное к двигателю U , сопротивление в обмотке возбуждения $R_{в}$, противо-ЭДС в обмотке якоря E , номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н}$, мощность потребляемую двигателем из

сети P_1 , полезную мощность двигателя P_2 , коэффициент полезного действия двигателя η , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,3 раза R_{Π} .

Основные параметры двигателя:

сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{\text{я}} = 0,1$ Ом;

номинальная частота якоря $n_{\text{н}} = 500$ об/мин;

ток в обмотке якоря $I_{\text{я}} = 193$ А;

ток в обмотке возбуждения $I_{\text{в}} = 2$ А;

потери мощности в двигателе $\Delta P = 5,1$ кВт;

вращающий момент двигателя $M = 1100$ Н·м.

Задача 23

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить сопротивление в обмотке возбуждения $R_{\text{в}}$, противо-ЭДС в обмотке якоря E , номинальную частоту якоря $n_{\text{н}}$, ток в обмотке якоря $I_{\text{я}}$, номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{\text{н}}$, потери мощности в двигателе ΔP , коэффициент полезного действия двигателя η , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,4 раза R_{Π} .

Основные параметры двигателя:

напряжение сети, подведенное к двигателю $U = 220$ В;

сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{\text{я}} = 0,08$ Ом;

ток в обмотке возбуждения $I_{\text{в}} = 2,73$ А;

мощность, потребляемая двигателем из сети $P_1 = 13,8$ кВт;

полезная мощность двигателя $P_2 = 12$ кВт;

вращающий момент двигателя $M = 600$ Н·м.

Задача 24

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить напряжение сети, подведенное к двигателю U , сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{\text{я}}$, ток в обмотке якоря $I_{\text{я}}$, ток в обмотке возбуждения $I_{\text{в}}$, мощность, потребляемую двигателем из сети P_1 , полезную мощность двигателя P_2 , вращающий момент двигателя M , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,5 раза R_{Π} .

Основные параметры двигателя:

сопротивление в обмотке возбуждения $R_{\text{в}} = 260$ Ом;

противо-ЭДС в обмотке якоря $E = 775,3$ В;

номинальная частота якоря $n_n = 350$ об/мин;
номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_n = 50$ А;
потери мощности в двигателе $\Delta P = 3,12$ кВт;
коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 0,92$.

Задача 25

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить сопротивление в обмотке возбуждения R_b , противо-ЭДС в обмотке якоря E , номинальную частоту якоря n_n , номинальный ток, потребляемый двигателем из сети I_n , мощность, потребляемую двигателем из сети P_1 , потери мощности в двигателе ΔP , коэффициент полезного действия двигателя η , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,1 раза R_n .

Основные параметры двигателя:

напряжение сети, подведенное к двигателю $U = 500$ В;
сопротивление обмотки якоря двигателя $R_a = 0,15$ Ом;
ток в обмотке якоря $I_a = 70$ А;
ток в обмотке возбуждения $I_b = 4$ А;
полезная мощность двигателя $P_2 = 34$ кВт;
вращающий момент двигателя $M = 1000$ Н·м.

Задача 26

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить противо-ЭДС в обмотке якоря E , номинальную частоту якоря n_n , ток в обмотке якоря I_a , ток в обмотке возбуждения I_b , номинальный ток, потребляемый двигателем из сети I_n , полезную мощность двигателя P_2 , коэффициент полезного действия двигателя η , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,3 раза R_n .

Основные параметры двигателя:

напряжение сети, подведенное к двигателю $U = 380$ В;
сопротивление обмотки якоря двигателя $R_a = 0,05$ Ом;
сопротивление в обмотке возбуждения $R_b = 76$ Ом;
мощность, потребляемая двигателем из сети $P_1 = 76$ кВт;
потери мощности в двигателе $\Delta P = 6,8$ кВт;
вращающий момент двигателя $M = 1406$ Н·м.

Задача 27

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянно-го тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{я}$, ток в обмотке якоря $I_{я}$, ток в обмотке возбуждения $I_{в}$, мощность, потребляемую двигателем из сети P_1 , потери мощности в двигателе ΔP , полезную мощность двигателя P_2 , вращающий момент двигателя M , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,5 раза $R_{п}$.

Основные параметры двигателя:

напряжение сети, подведенное к двигателю $U = 220$ В;

сопротивление в обмотке возбуждения $R_{в} = 44$ Ом;

противо-ЭДС в обмотке якоря $E = 210$ В;

номинальная частота якоря $n_{н} = 520$ об/мин;

номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н} = 240$ А;

коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 0,9$.

Задача 28

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить напряжение сети, подведенное к двигателю U , сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{я}$, ток в обмотке якоря $I_{я}$, номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н}$, потери мощности в двигателе ΔP , коэффициент полезного действия двигателя η , вращающий момент двигателя M , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,4 раза $R_{п}$.

Основные параметры двигателя:

сопротивление в обмотке возбуждения $R_{в} = 100$ Ом;

противо-ЭДС в обмотке якоря $E = 194,2$ В;

номинальная частота якоря $n_{н} = 180$ об/мин;

ток в обмотке возбуждения $I_{в} = 2$ А;

мощность, потребляемая двигателем из сети $P_1 = 12$ кВт;

полезная мощность двигателя $P_2 = 10,8$ кВт.

Задача 29

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить противо-ЭДС в обмотке якоря E , номинальную частоту якоря $n_{н}$, ток в обмотке якоря $I_{я}$, ток в обмотке возбуждения $I_{в}$, номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н}$, полезную мощность двигателя P_2 , коэффициент

полезного действия двигателя η , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,1 раза R_{π} .

Основные параметры двигателя:

напряжение сети, подведенное к двигателю $U = 450$ В;
сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{\text{я}} = 0,2$ Ом;
сопротивление в обмотке возбуждения $R_{\text{в}} = 150$ Ом;
мощность, потребляемая двигателем из сети $P_1 = 13,5$ кВт;
потери мощности в двигателе $\Delta P = 2,5$ кВт;
вращающий момент двигателя $M = 420$ Н·м.

Задача 30

Ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока. Начертить схему (рисунок 71). Определить напряжение сети, подведенное к двигателю U , сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{\text{я}}$, сопротивление в обмотке возбуждения $R_{\text{в}}$, ток в обмотке якоря $I_{\text{я}}$, мощность, потребляемая двигателем из сети P_1 , потери мощности в двигателе ΔP , вращающий момент двигателя M , пусковое сопротивление при увеличении пускового тока по сравнению с номинальным в 1,5 раза R_{π} .

Основные параметры двигателя:

противо-ЭДС в обмотке якоря $E = 250$ В;
номинальная частота якоря $n_{\text{н}} = 400$ об/мин;
ток в обмотке возбуждения $I_{\text{в}} = 4$ А;
номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{\text{н}} = 296$ А;
полезная мощность двигателя $P_2 = 70$ кВт;
коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 0,91$.

Задача 31

31.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 250$ Вт при напряжении $U_d = 30$ В нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д231Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5$ А, $U_{\text{обр}} = 300$ В. Составить схему выпрямителя.

31.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 250$ Вт при напряжении $U_d = 100$ В нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д231 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 10$ А, $U_{\text{обр}} = 300$ В. Составить схему выпрямителя.

31.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д231Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5$ А, $U_{\text{обр}} = 300$ В. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 100$ В. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 32

32.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 350$ Вт при напряжении $U_d = 50$ В нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д7Г с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,3$ А, $U_{\text{обр}} = 200$ В. Составить схему выпрямителя.

32.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 50$ Вт при напряжении $U_d = 50$ В нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д224 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Составить схему выпрямителя.

32.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д224 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 100$ В. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 33

33.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 100$ Вт при напряжении $U_d = 50$ В нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д305 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 6$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Составить схему выпрямителя.

33.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 300$ Вт при напряжении $U_d = 100$ В нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д305 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 6$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Составить схему выпрямителя.

33.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д305 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 6$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 80$ В. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 34

34.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 120$ Вт при напряжении $U_d = 40$ В нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д211 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,1$ А, $U_{\text{обр}} = 600$ В. Составить схему выпрямителя.

34.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 140$ Вт при напряжении $U_d = 70$ В нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д214Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 2$ А, $U_{\text{обр}} = 100$ В. Составить схему выпрямителя.

34.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д211 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,1 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 100 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 180 \text{ В}$. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 35

35.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 90 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 30 \text{ В}$ нужно собрать схему однопериодного выпрямителя, используя диод типа Д302 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 1 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 200 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

35.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 150 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 300 \text{ В}$ нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д233 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 500 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

35.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д242А с техническими данными $I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 100 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 300 \text{ В}$. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 36

36.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 310 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 80 \text{ В}$ нужно собрать схему однопериодного выпрямителя, используя диод типа Д214Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 2 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 100 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

36.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 800 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 300 \text{ В}$ нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д302 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 1 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 200 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

36.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д243А с техническими данными $I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 200 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 300 \text{ В}$. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 37

37.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 400 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 100 \text{ В}$ нужно собрать схему однопе-

риодного выпрямителя, используя диод типа Д244Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 2 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 50 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

37.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 500 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 220 \text{ В}$ нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д226 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,3 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 400 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

37.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д215 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 200 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 400 \text{ В}$. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 38

38.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 600 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 80 \text{ В}$ нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д305 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 6 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 50 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

38.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 700 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 500 \text{ В}$ нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д221 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,4 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 400 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

38.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д242 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 100 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 500 \text{ В}$. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 39

39.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 650 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 100 \text{ В}$ нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д302 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 1 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 200 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

39.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 600 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 400 \text{ В}$ нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д226А с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,3 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 300 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

39.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д305 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 6 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 50 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 200 \text{ В}$.

Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 40

40.1. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 250$ Вт при напряжении $U_d = 100$ В нужно собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя диод типа Д242Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 2$ А, $U_{\text{обр}} = 100$ В. Составить схему выпрямителя.

40.2. Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 350$ Вт при напряжении $U_d = 150$ В нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д207 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 0,1$ А, $U_{\text{обр}} = 200$ В. Составить схему выпрямителя.

40.3. Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д244Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 2$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 500$ В. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Задача 41

Что такое диодный тиристор? Начертите структуру, эквивалентную схему и условное графическое обозначение диодного тиристора. Какой вид имеет вольт-амперная характеристика диодного тиристора, поясните форму кривой.

Задача 42

Что такое триодный тиристор? Начертите семейство статических характеристик триодного тиристора. Какие параметры тиристоры знаете? Что такое запираемый тиристор?

Задача 43

Что такое тетродный тиристор? Начертите его структуру и графическое обозначение. Что такое симистор, начертите характеристику его и условное обозначение, приведите его достоинства в сравнении с тиристорами.

Задача 44

Что такое интегральные микросхемы и для чего предназначены? Что такое интегральные схемы малой и большой интеграции. Какие преимущества дает применение интегральных микросхем? Начертите внешний вид интегральной микросхемы.

Задача 45

Какие типы интегральных микросхем встречаются в электронике и что такое полупроводниковые интегральные микросхемы? Объясните процесс фотолитографии.

Задача 46

Как изготавливаются диоды и транзисторы в полупроводниковых интегральных микросхемах и как выполняются резисторы в полупроводниковых интегральных микросхемах? Начертите структуру полупроводникового диода в интегральной микросхеме, структуру транзистора в интегральной схеме, структуру резистора в полупроводниковой интегральной микросхеме.

Задача 47

Объясните процесс выпрямления электрических колебаний, каким образом осуществляется выпрямление? Какие элементы участвуют в процессе выпрямления, что называется выпрямителем? Что называют одноперiodным выпрямителем, начертите схему одноперiodного выпрямителя.

Задача 48

Что называется двухполуперiodным выпрямителем, начертите схему. Что называется выпрямителем на мостовой схеме, начертите схему. Для чего необходимы фильтры, расположенные на выходе выпрямителей?

Задача 49

Что называется усилителем? Приведите классификацию усилителей. Объясните и начертите частотную характеристику усилителя. Объясните и начертите динамическую характеристику усилителя.

Задача 50

Что такое осциллограф и как работает осциллографическая трубка? Начертите схему конструкции осциллографической трубки.

Методические указания по выполнению контрольной работы № 3

Задачи 1–10

Для того чтобы приступить к решению задач 1–10 нужно изучить учебник [1], главу 15; учебник [2], главу 5; учебник [4], главу 8; учебник [5], главу 4.

Трёхфазные системы переменного синусоидального тока являются наиболее распространёнными системами электроснабжения.

При соединении приемника энергии **звездой** с нейтральным проводом к нему подводятся фазные и линейные напряжения.

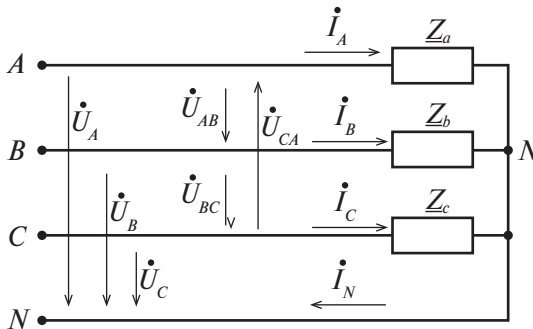


Рис. 72

Фазные напряжения приемников равны соответствующим фазным напряжениям источника и в комплексной форме имеют вид:

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A = U_\Phi e^{j0^\circ}; \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B = U_\Phi e^{-j120^\circ}; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C = U_\Phi e^{+j120^\circ};$$

где U_Φ = действующее значение фазного напряжения источника, определяется:

$$U_\Phi = U_\text{л} / \sqrt{3}$$

Фазные токи в приемнике определяются по закону Ома:

$$I_a = \dot{U}_a / Z_a; \quad I_b = \dot{U}_b / Z_b; \quad I_c = \dot{U}_c / Z_c;$$

где Z_a, Z_b, Z_c — комплексы сопротивлений фаз приемника.

Линейные токи при соединении приемников энергии звездой равны фазным токам:

$$I_A = I_a; \quad I_B = I_b; \quad I_C = I_c.$$

Ток в нейтральном проводе определяется по первому закону Кирхгофа и равен сумме фазных токов:

$$I_N = I_a + I_b + I_c.$$

Комплексы линейных напряжений определяем по комплексам фазных напряжений:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B = U_\pi e^{j30^\circ}; \quad \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C = U_\pi e^{-j90^\circ}; \\ \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_C - \dot{U}_A = U_\pi e^{j150^\circ}. \end{aligned}$$

Пример 9

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 73). Линейное напряжение равно 220В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $X_{C1} = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 7 \text{ Ом}$.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

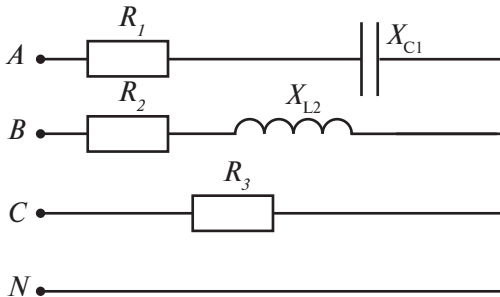


Рис. 73

Решение.

1. Определим напряжение, приложенное к каждой фазе потребителя:

$$U_\phi = U_\pi / \sqrt{3} = 220 / \sqrt{3} = 127 \text{ В}$$

Определим комплексы напряжений в каждой фазе:

$$\dot{U}_A = 127 e^{j0^\circ}; \quad \dot{U}_B = 127 e^{-j120^\circ}; \quad \dot{U}_C = 127 e^{j120^\circ}.$$

Запишем комплексы сопротивлений фаз:

$$\underline{Z}_A = R_1 - jX_{C1} = 3 - j4 = 5 e^{-j53,1^\circ};$$

$$\underline{Z}_B = R_2 + jX_{L2} = 8 + j6 = 10 e^{j36,5^\circ};$$

$$\underline{Z}_C = R_3 = 7 \text{ Ом.}$$

Определим комплексы токов в фазах потребителя:

$$I_A = \dot{U}_A / \underline{Z}_A = 127e^{j0^\circ} / 5e^{-j53,1^\circ} = 25,4e^{j53,1^\circ} = 15,25 + j20,3;$$

$$I_B = \dot{U}_B / \underline{Z}_B = 127e^{-j120^\circ} / 10e^{j36,5^\circ} = 12,7e^{-j156,5^\circ} = -11,65 - j5,06;$$

$$I_C = \dot{U}_C / \underline{Z}_C = 127e^{j120^\circ} / 7 = 18,14e^{j120^\circ} = -9,07 + j15,7.$$

Определим ток в нейтральном проводе:

$$I_N = I_A + I_B + I_C = 15,25 + j20,3 - 11,65 - j5,06 - 9,07 + j15,7 = -5,47 + j30,94 = 31,42e^{j80^\circ}.$$

2. Комплекс полной мощности в фазе A :

$$\underline{S}_A = \dot{U}_A \cdot I_A^* = 127e^{j0^\circ} \cdot 25,4e^{-j53,1^\circ} = 3225,8e^{-j53,1^\circ} = 1936,8 - j2580.$$

Полная мощность фазы A равна: $S_A = 3225,8 \text{ В}\cdot\text{А}$.

Активная мощность фазы A равна: $P_A = 1936,8 \text{ Вт}$.

Реактивная мощность фазы A равна: $Q_A = -2580 \text{ вар}$.

Комплекс полной мощности в фазе B :

$$\underline{S}_B = \dot{U}_B \cdot I_B^* = 127e^{-j120^\circ} \cdot 12,7e^{j156,5^\circ} = 1613e^{j36,5^\circ} = 1296,6 + j959,4.$$

Полная мощность фазы B равна: $S_B = 1613 \text{ В}\cdot\text{А}$.

Активная мощность фазы B равна: $P_B = 1296,6 \text{ Вт}$.

Реактивная мощность фазы B равна: $Q_B = 959,4 \text{ вар}$.

Комплекс полной мощности в фазе C :

$$\underline{S}_C = \dot{U}_C \cdot I_C^* = 127e^{j120^\circ} \cdot 18,14e^{-j120^\circ} = 2303,8e^{j0^\circ} = 2303,8.$$

Полная мощность фазы C равна: $S_C = 2303,8 \text{ В}\cdot\text{А}$.

Активная мощность фазы C равна: $P_C = 2303,8 \text{ Вт}$.

Реактивная мощность фазы C равна: $Q_C = 0$.

Активная мощность трехфазного приемника равна:

$$P = P_A + P_B + P_C = 1936,8 + 1296,6 + 2303,8 = 5537,2 \text{ Вт.}$$

Реактивная мощность трехфазного приемника равна:

$$Q = Q_A + Q_B = -2580 + 959,4 = -1620,6 \text{ вар.}$$

Полная мощность трехфазного приемника равна:

$$S = S_A + S_B + S_C = 3225,8 + 1613 + 2303,8 = 7142,6 \text{ В}\cdot\text{А}.$$

3. Построим векторную диаграмму (рисунок 74):

Примем масштаб:

$$1 \text{ см} = 30 \text{ В}$$

$$1 \text{ см} = 5 \text{ А}.$$

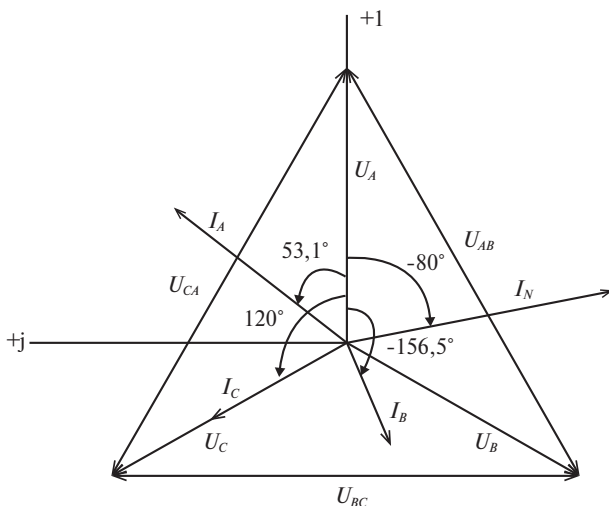


Рис. 74

При соединении приемника энергией **треугольником** (рисунок 75) сопротивление каждой фазы приемника подключено на соответствующее линейное напряжение источника, поэтому эти же напряжения являются и фазными напряжениями приемника:

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}_{AB}; \dot{U}_{bc} = \dot{U}_{BC}; \dot{U}_{ca} = \dot{U}_{CA}.$$

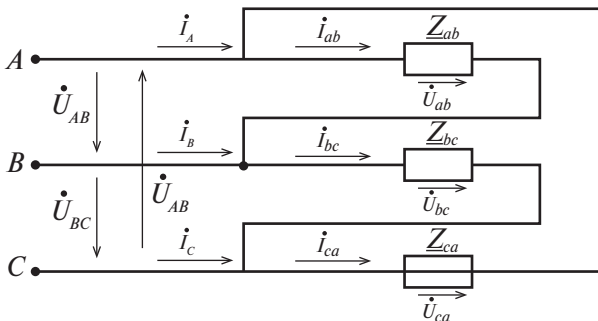


Рис. 75

Токи в фазах приемника определяют по закону Ома:

$$I_{ab} = \dot{U}_{ab} / \underline{Z}_{ab}; I_{bc} = \dot{U}_{bc} / \underline{Z}_{bc}; I_{ca} = \dot{U}_{ca} / \underline{Z}_{ca}.$$

Линейные токи определяем с помощью первого закона Кирхгофа:

$$I_A = I_{ab} - I_{ca}; I_B = I_{bc} - I_{ab}; I_C = I_{ca} - I_{bc}.$$

Активная мощность трехфазного приемника определяется как сумма активных мощностей фаз:

$$P_{\text{пр}} = P_a + P_b + P_c \text{ (при соединении звездой), или}$$

$$P_{\text{пр}} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} \text{ (при соединении треугольником).}$$

Реактивная мощность трехфазного приемника определяется как алгебраическая сумма реактивных мощностей фаз:

$$Q_{\text{пр}} = Q_a + Q_b + Q_c \text{ (при соединении звездой), или}$$

$$Q_{\text{пр}} = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca} \text{ (при соединении треугольником).}$$

Пример 10

К трехфазному источнику подключен несимметричный трехфазный приемник (рисунок 76). Линейное напряжение равно 220В. Сопротивления резисторов и реактивных элементов равны: $X_{L1} = 20$ Ом, $X_{C2} = 18$ Ом, $R_3 = 16$ Ом, $X_{L3} = 12$ Ом.

Определить:

1. Фазные и линейные токи для заданной схемы соединения.
2. Активную, реактивную и полную мощности приемника.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

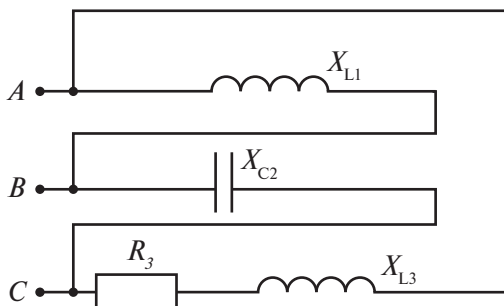


Рис. 76

Решение.

1. Запишем линейные напряжения, приложенные к фазам потребителя в комплексной форме:

$$\dot{U}_{AB} = 220e^{j0^\circ}; \dot{U}_{BC} = 220e^{-j120^\circ}; \dot{U}_{CA} = 220e^{j120^\circ}.$$

Запишем комплексы сопротивлений фаз:

$$\underline{Z}_{AB} = jX_{L1} = j20 = 20e^{j90^\circ};$$

$$\underline{Z}_{BC} = -jX_{C2} = -j18 = 18e^{-j90^\circ};$$

$$\underline{Z}_{CA} = R_3 + jX_{L3} = 16 + j12 = 20e^{j36,8^\circ}.$$

Определим токи в каждой фазе:

$$I_{AB} = \dot{U}_{AB} / \underline{Z}_{AB} = 220e^{j0^\circ} / 20e^{j90^\circ} = 11e^{-j90^\circ} = -j11;$$

$$I_{BC} = \dot{U}_{BC} / Z_{BC} = 220e^{-j120^\circ} / 18e^{j90^\circ} = 12,22e^{-j30^\circ} = 10,58 - j6,11;$$

$$I_{CA} = \dot{U}_{CA} / Z_{CA} = 220e^{j120^\circ} / 20e^{j36,8^\circ} = 11e^{j83,2^\circ} = 1,3 + j10.$$

Действующие значения токов равны:

$$I_{AB} = 11\text{ A}; I_{BC} = 12,22\text{ A}; I_{CA} = 11\text{ A}.$$

Определим линейные токи приемника с помощью первого закона

Кирхгофа:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} = -j11 - 1,3 - j10 = -1,3 - j21 = 21e^{j86,45^\circ};$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} = 10,58 - j6,11 + j11 = 10,58 + j4,89 = 11,65e^{j24,8^\circ};$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} = 1,3 + j10 - 10,58 + j6,11 = -9,28 + j16,11 = 18,6e^{-j60^\circ}.$$

Действующие значения линейных токов равны:

$$I_A = 21\text{ A}; I_B = 11,65\text{ A}; I_C = 18,6\text{ A}.$$

2. Определим мощность каждого из приемников, соединенных треугольником:

$$\underline{S}_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB}^* = 220e^{j0^\circ} \cdot 11e^{j90^\circ} = 2420e^{j90^\circ} = j2420;$$

$$P_{AB} = 0\text{ Вт}; Q_{AB} = 2420\text{ вар}; S_{AB} = 2420\text{ В}\cdot\text{А}.$$

$$\underline{S}_{BC} = \dot{U}_{BC} \cdot I_{BC}^* = 220e^{-j120^\circ} \cdot 12,22e^{j30^\circ} = 2688,4e^{-j90^\circ} = -j2688,4;$$

$$P_{BC} = 0\text{ Вт}; Q_{BC} = -2688,4\text{ вар}; S_{BC} = 2688,4\text{ В}\cdot\text{А}.$$

$$\underline{S}_{CA} = \dot{U}_{CA} \cdot I_{CA}^* = \dot{U}_{CA} = 220e^{j120^\circ} \cdot 11e^{-j83,2^\circ} = 2420e^{j36,8^\circ} = 1937,7 + j1450;$$

$$P_{CA} = 1937,7\text{ Вт}; Q_{CA} = 1450\text{ вар}; S_{CA} = 2420\text{ В}\cdot\text{А}.$$

Определим мощность трехфазной цепи:

$$- \text{активная } P_{np} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 0 + 0 + 1937,7 = 1937,7\text{ Вт};$$

$$- \text{реактивная } Q_{np} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 2420 - 2688,4 + 1450 = 1181,6\text{ вар};$$

$$- \text{полная } S_{np} = \sqrt{P_{np}^2 + Q_{np}^2} = \sqrt{1937,7^2 + 1181,6^2} = 2270\text{ В}\cdot\text{А}.$$

3. Построим векторную диаграмму (рисунок 77):

Примем масштаб:

$$1\text{ см} = 30\text{ В}$$

$$1\text{ см} = 5\text{ А}.$$

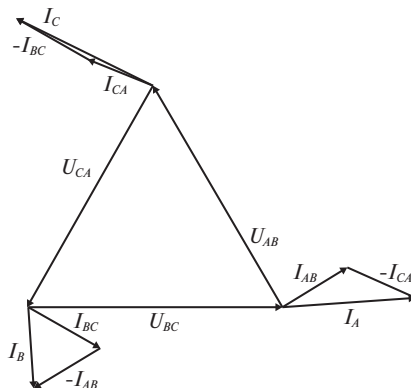


Рис. 77

Задачи 11–20

Для того чтобы приступить к решению задач 11–20 нужно изучить учебник [2], главу 7; учебник [4], главу 10; учебник [5], главу 5.

Расчет задач 11–20 заключается в правильном выборе формул, приведенных ниже, характеризующих однофазный трансформатор:

1. $U_{1н}$ — номинальное первичное напряжение, напряжение которое подводится к первичной обмотке;

2. $U_{2н}$ — номинальное вторичное напряжение, напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостого хода трансформатора при номинальном первичном напряжении;

3. $S_n = U_{2н} \cdot I_{2н}$, номинальная мощность — это полная мощность, на которую рассчитан трансформатор в течение своего срока службы при номинальном напряжении и номинальной температуре;

4. $K = w_1/w_2 = E_1/E_2 = U_{1н}/U_{2н}$, коэффициент трансформации, где w — число витков в первичной и вторичной обмотке, E — действующее значение ЭДС в обмотках трансформатора;

5. $I_{1н} = S_n / (U_{1н} \cdot \eta_n)$, номинальный первичный ток в обмотке трансформатора при номинальной мощности и номинальном напряжении обмотки;

6. $I_{2н} = S_n / U_{2н}$, номинальный вторичный ток в обмотке трансформатора при номинальной мощности и номинальном напряжении обмотки;

7. $K_{нр} = S_2 / S_n$, коэффициент нагрузки трансформатора, где $S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2}$, фактическая полная мощность нагрузки;

8. $I_1 = I_{1н} \cdot K_{нр}$; $I_2 = I_{2н} \cdot K_{нр}$, токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке S_2 ;

9. $\Delta P_n = P_{ст} + P_{мн}$, мощность потерь энергии в трансформаторе при номинальной нагрузке, где $P_{ст}$ — мощность потерь в стали сердечника, $P_{мн}$ — мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке;

10. $\Delta P = P_{ст} + P_m = \Delta P_n = P_{ст} + P_{мн} \cdot K_{нр}^2$, мощность потерь энергии в трансформаторе при фактической нагрузке, где P_m — мощность потерь в обмотках трансформатора при фактической нагрузке;

11. $\cos\varphi_2 = P_2 / S_2$, коэффициент мощности, где P_2 , Q_2 , S_2 — активная, реактивная и полная мощности нагрузки вторичной обмотки трансформатора;

12. $\eta_n = P_{2н} / P_{1н} = P_{2н} / (P_{2н} + \Delta P_n) = S_n \cdot \cos\varphi_2 / (S_n \cdot \cos\varphi_2 + P_{ст} + P_{мн})$, коэффициент полезного действия трансформатора при номинальной нагрузке;

13. $\eta = P_2/P_1 = P_2/(P_2 + \Delta P) = S_n \cdot \cos\varphi_2 \cdot K_{нр} / (S_n \cdot \cos\varphi_2 \cdot K_{нр} + P_{ст} + P_{мн} \cdot K_{нр}^2)$, коэффициент полезного действия трансформатора при фактической нагрузке.

Задачи 21–30

Для того чтобы приступить к решению задач 21–30 нужно изучить учебник [2], главу 9; учебник [4], главу 11; учебник [5], главу 7.

Расчет задач 21–30 заключается в правильном выборе формул, приведенных ниже, характеризующих основные параметры двигателя постоянного тока:

1. U , напряжение сети, подведенное к двигателю;
2. $R_{я}$, сопротивление обмотки двигателя;
3. $R_{в}$, сопротивление обмотки возбуждения;
4. $n_{н}$, номинальная частота обмотки якоря;
5. $I_{я} = (U - E) / R_{я}$, ток в обмотке якоря;
6. $I_{в} = U / R_{в}$, ток в обмотке возбуждения;
7. $I_{н} = I_{я} + I_{в}$, номинальный ток, потребляемый двигателем из сети;
8. $P_1 = U \cdot I_{н}$, мощность потребляемая двигателем из сети;
9. ΔP , потери мощности в двигателе;
10. $P_2 = P_1 - \Delta P$, полезная мощность двигателя;
11. $\eta = P_2 / P_1$, коэффициент полезного действия двигателя;
12. $M = 9,55 \cdot P_2 / n_{н}$, вращающий момент двигателя;
13. $\Delta P_{эл} = I_{я}^2 \cdot R_{я} + I_{в}^2 \cdot R_{в}$, мощность электрических потерь на нагрев обмотки якоря и обмотки возбуждения;
14. $I_{п} = I_{в} + U / (R_{я} + R_{п}) = N \cdot I_{н}$, пусковой ток, увеличенный по сравнению с номинальным в N раз.

Задачи 31–40

Для того чтобы приступить к решению задач 31–40 нужно изучить учебник [4], главу 6; учебник [5], главу 10.

Задачи 31–40 сводятся к расчету выпрямителей переменного тока, собранных полупроводниковыми диодами.

Основными параметрами полупроводниковых диодов являются:

1. $I_{доп}$, допустимый ток, на который рассчитан данный диод;
2. $U_{обр}$, обратное напряжение, которое диод выдерживает без пробоя в непроводящий период.

В каждой задаче дана мощность потребителя P_d , который получает питание от данного выпрямителя и выпрямленное напряжение U_d , при котором работает потребитель постоянного тока.

Ток потребителя определяем

$$I_d = P_d / U_d.$$

Для схемы однопериодного выпрямителя должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} I_{\text{доп}} \geq I_d \\ U_{\text{обр}} \geq U_b \end{cases}$$

где $U_b = \pi \cdot U_d$, напряжение в непроводящий период.

Для схемы двухполупериодного выпрямителя должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} I_{\text{доп}} \geq 0,5 \cdot I_d \\ U_{\text{обр}} \geq U_b \end{cases}$$

где $U_b = \pi \cdot U_d$.

Для схемы трехфазного выпрямителя должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} I_{\text{доп}} \geq I_d / 3 \\ U_{\text{обр}} \geq U_b \end{cases}$$

где $U_b = 2,1 \cdot U_d$.

Пример 11

Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 100$ Вт при напряжении $U_d = 20$ В нужно собрать схему однопериодного выпрямителя, используя диод типа Д244Б с техническими данными $I_{\text{доп}} = 2$ А, $U_{\text{обр}} = 50$ В. Составить схему выпрямителя.

Решение.

Определим ток потребителя:

$$I_d = P_d / U_d = 100 / 20 = 5 \text{ А.}$$

Определим напряжение U_b

$$U_b = \pi \cdot U_d = 3,14 \cdot 20 = 62,8 \text{ В.}$$

Для данной схемы выпрямителя должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} I_{\text{доп}} \geq I_d \\ U_{\text{обр}} \geq U_b \end{cases}$$

В данном случае не соблюдается первое условие, так как $2 \text{ А} < 5 \text{ А}$, поэтому соединяем 3 диода параллельно, тогда

$$\begin{aligned} I_{\text{доп}} &= 3 \cdot 2 = 6 \text{ А,} \\ 6 \text{ А} &> 5 \text{ А.} \end{aligned}$$

Второе условие тоже не соблюдается, так как $50 \text{ В} < 62,8 \text{ В}$, поэтому соединяем 2 диода последовательно,

$$U_{\text{обр}} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ В},$$

$$100 \text{ В} > 62,8 \text{ В}.$$

Схема однопериодного выпрямителя изображена на рисунке 78.

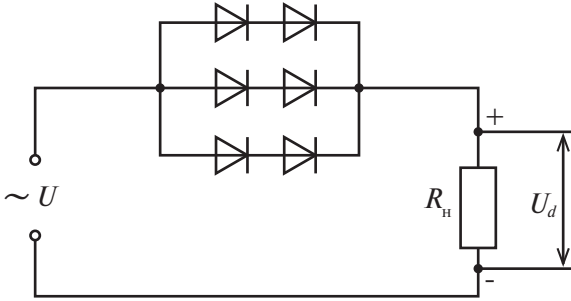


Рис. 78

Пример 12

Для питания постоянным током потребителя с мощностью $P_d = 120 \text{ Вт}$ при напряжении $U_d = 40 \text{ В}$ нужно собрать схему двухполупериодного выпрямителя, используя диод типа Д244 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 5 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 50 \text{ В}$. Составить схему выпрямителя.

Решение.

Определим ток потребителя:

$$I_d = P_d / U_d = 120 / 40 = 3 \text{ А}.$$

Определим напряжение U_b

$$U_b = \pi \cdot U_d = 3,14 \cdot 40 = 125,6 \text{ В}.$$

Для данной схемы выпрямителя должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} I_{\text{доп}} \geq 0,5 \cdot I_d \\ U_{\text{обр}} \geq U_b \end{cases}$$

В данном случае не соблюдается второе условие, так как $50 \text{ В} < 125,6 \text{ В}$, поэтому 3 диода соединяем последовательно

$$U_{\text{обр}} = 3 \cdot 50 = 150 \text{ В},$$

$$150 \text{ В} > 125,6 \text{ В}.$$

Первое условие соблюдается, так как

$$0,5 \cdot I_d = 0,5 \cdot 3 = 1,5 < 5 \text{ А}.$$

Схема двухполупериодного выпрямителя изображена на рисунке 79.

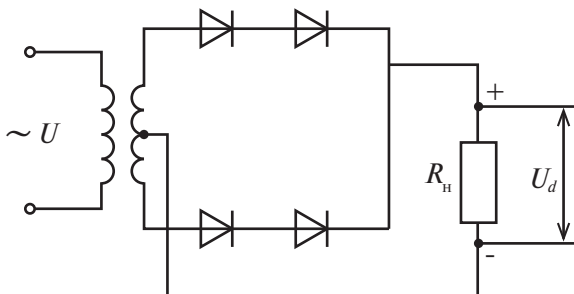


Рис. 79

Пример 13

Для составления схемы трехфазного выпрямителя на трех диодах заданы диоды типа Д231 с техническими данными $I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 300 \text{ В}$. Выпрямитель должен питать потребитель с $U_d = 200 \text{ В}$. Определить допустимую мощность потребителя и составить схему выпрямителя.

Решение.

Определим допустимую мощность потребителя:

$$P_d = 3 \cdot U_d \cdot I_{\text{доп}} = 3 \cdot 200 \cdot 10 = 6000 \text{ Вт.}$$

Для данного выпрямителя $P_d \geq 6000 \text{ Вт}$.

Определим напряжение, действующее на диод в непроводящий период U_b :

$$U_b = 2,1 \cdot U_d = 2,1 \cdot 200 = 420 \text{ В.}$$

Определим ток потребителя:

$$I_d = P_d / U_d = 6000 / 200 = 30 \text{ А.}$$

Составим схему выпрямителя.

Для схемы трехфазного выпрямителя должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} I_{\text{доп}} \geq I_d / 3 \\ U_{\text{обр}} \geq U_b \end{cases}$$

Первое условие выполняется:

$$10 \geq 30 / 3,$$

$$10 = 10 \text{ А.}$$

Второе условие не выполняется, так как

$$300 < 420 \text{ В, то есть } U_{\text{обр}} < U_b.$$

Чтобы выполнялось условие необходимо в каждом плече два диода соединить последовательно:

$$U_{\text{обр}} = 2 \cdot 300 = 600 \text{ В,}$$

$$600 \text{ В} > 420 \text{ В.}$$

Схема трехфазного выпрямителя изображена на рисунке 80.

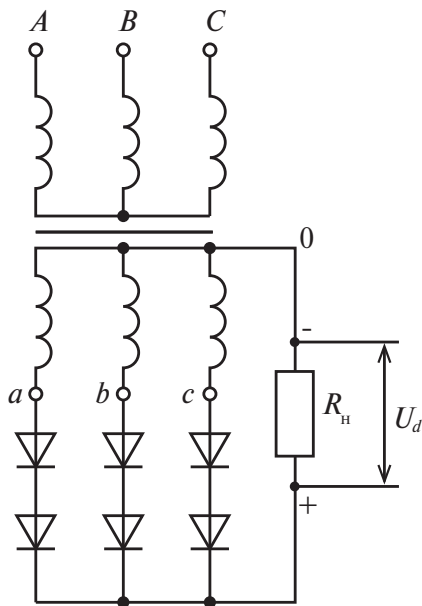


Рис. 80.

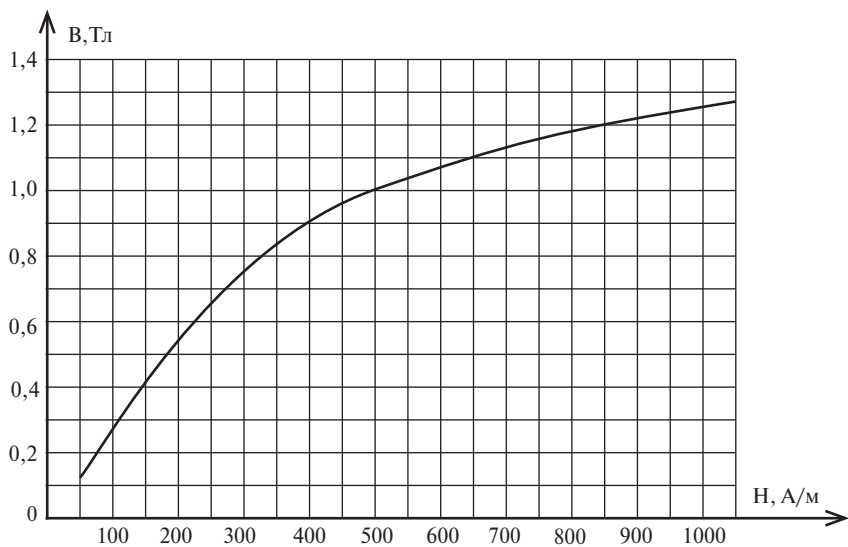
Задачи 41–50

Задачи 41–50 это теоретический ответ. Для ответа по этим задачам изучите учебник [5], главу 10; учебник [6], главу 1–4.

Так как на заочном отделении на дисциплину «Электротехника и электроника» выделяется всего 38 часов на лабораторные занятия и практические занятия, то преподаватель может выбрать на своё усмотрение любые из предложенных лабораторных занятий и практических занятий в соответствии с учебным планом для заочной формы обучения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Кривая намагничивания электротехнической стали



Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники

1. *Частоедов Л. А.* Электротехника. М.: УМК МПС России, 2008.
2. *Евдокимов Ф. Е.* Общая электротехника. М.: Высшая школа, 2004.
3. *Кацман М. М.* Электрические машины. М.: Высшая школа, 2008.
4. *Рекус Г. Г.* Основы электротехники в задачах с решениями. М.: Высшая школа, 2005.
5. *Немцов М. В., Светлакова И. И.* Электротехника. — Ростов н/Д: Феникс, 2009.
6. *Акимова Г. Н.* Электронная техника. М.: Маршрут, 2003.
Электронная версия (CD-ROM). М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2005.
7. *Шишмарев В. Ю., Шанин В. И.* Электрорадиоизмерения. М.: Издательский центр «Академия», 2004.

Дополнительные источники

1. *Бурков А. Т.* Электронная техника и преобразователи. М.: Транспорт, 1999.
2. *Дунаев С. Д.* Электроника, микроэлектроника и автоматика. М.: УМК МПС России, 2003. Электронная версия (CD-ROM). М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2005.
3. *Кацман М. М.* Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводу. М.: Высшая школа, 2000.
4. *Мизерная З. А.* Электронная техника. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2006.
5. *Серебряков А. С.* Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2005.
6. *Серебряков А. С.* Электротехническое материаловедение. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2008.

Учебные иллюстрированные пособия (альбомы)

1. *Акимова Г. Н.* Электронная техника. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2005.
2. *Гуркин А. Н.* Электротехника. М.: УМК МПС России, 2002.
3. *Дайлидко А. А., Дайлидко О. А.* Электрические машины. М.: УМК МПС России, 2002.

Интернет-ресурсы

1. «Электро»-журнал. Форма доступа: www.elektro.elektrozavod.ru

Содержание

Введение	3
Примерный тематический план	5
Примерная программа учебной дисциплины	6
Раздел 1. Электротехника	6
Задание для домашней контрольной работы № 1	14
Задачи к контрольной работе № 1	15
Методические указания по выполнению контрольной работы № 1 .	31
Задание для домашней контрольной работы № 2	53
Задачи к контрольной работе № 2	54
Методические указания по выполнению контрольной работы № 2 .	67
Раздел 2. Электроника	84
Раздел 3. Электрические машины	94
Раздел 4. Электрические измерения	97
Задание для контрольной работы № 3	100
Задачи к контрольной работе № 3	101
Методические указания по выполнению контрольной работы № 3	122
Приложение	134
Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы	135

Ответственная за выпуск *С.А. Овсянникова*
Редактор *О.П. Иванова*
Компьютерная верстка *О.П. Ивановой*

Подписано в печать 17.07.2013
Формат 60×90/16. Печ. л. 8,5
ФГБОУ «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>
