

Государственное профессиональное образовательное учреждение
Тульской области
«Тульской государственный технологический колледж»
ГПОУ ТО «ТГТК»

УТВЕРЖДЕНО

Приказом директор колледжа

_____ З.Г. Клименко

«__» _____ 20__ г.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ
по учебной дисциплине ОП.02. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
основной профессиональной образовательной программы
среднего профессионального образования
– программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих

23.01.07 МАШИНИСТ КРАНА (КРАНОВЩИК)

Базовая подготовка среднего профессионального образования

Комплект контрольно-измерительных материалов разработан на основе рабочей программы дисциплины **ОП.02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА** разработанной в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом (далее-ФГОС) среднего профессионального образования (далее-СПО) представляющий собой совокупность обязательных требований к среднему профессиональному образованию по специальности **23.01.07 МАШИНИСТ КРАНА (КРАНОВЩИК)** входящей в состав укрупненной группы специальностей среднего профессионального образования **23.00.00 ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА**

Организация-разработчик:

Государственное профессиональное образовательное учреждение Тульской области «Тульский государственный технологический колледж» (далее ГПОУ ТО «ТГТК»), г.Тула

Разработчики:

Климов Валерий Николаевич, преподаватель спец. дисциплин ГПОУ ТО «ТГТК».

Рассмотрено на заседании цикловой методической комиссии общепрофессиональных дисциплин и информационных технологий ГПОУ ТО «ТГТК».

Протокол № __ от «__» августа 201_г.

I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Система контроля качества образования студентов специальности **23.01.07 МАШИНИСТ КРАНА (КРАНОВЩИК)** включает описание задач, функций и условий формирования фонда контрольноизмерительных материалов, раскрывает содержание видов и форм контроля, включая традиционные, комплексные и инновационные измерительные материалы.

1.2 Контрольно-измерительные материалы определяет организацию и планирование результатов самостоятельной работы студентов и оценку качества освоения дисциплины.

1.3 Все контрольно-измерительные материалы, а также описание форм и методов, предназначенных для определения качества освоения студентом учебного материала, являются неотъемлемой частью основной профессиональной образовательной программы в целом и УМК дисциплины.

II ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В результате освоения учебной дисциплины ОП.02. Электротехника обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС СПО по специальности **23.01.07 МАШИНИСТ КРАНА (КРАНОВЩИК)** следующими умениями, знаниями, которые формируют профессиональные компетенции, и общими компетенциями:

Умения

- У1 применять основные законы электротехники;
- У2 рассчитывать характеристики электротехнических цепей и устройств;
- У3 применять полученные знания на практике;

Знания

- З1 физическую сущность электрических и магнитных явлений, их взаимосвязь и количественное соотношение;
- З2 основные законы электротехники;
- З3 принцип и устройство электроизмерительных приборов

Общие компетенции

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

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

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)*⁽²⁾

Профессиональные компетенции

ПК 1.1. Управлять автомобилями категории "С".

ПК 1.2. Выполнять работы по транспортировке грузов.

ПК 1.3. Осуществлять техническое обслуживание транспортных средств в пути следования.

ПК 1.4. Устранять мелкие неисправности, возникающие во время эксплуатации транспортных средств.

ПК 2.1. Выполнять техническое обслуживание, определять и устранять неисправности в работе крана.

ПК 2.2. Производить подготовку крана и механизмов к работе.

Формой аттестации по учебной дисциплине является
дифференцированный зачёт (ДЗ).

III РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПРОВЕРКЕ

В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний:

<i>Результаты обучения: умения и знания</i>	<i>Показатели оценки результата</i>	<i>Форма контроля и оценивания</i>
У1 применять основные законы электротехники;	<ul style="list-style-type: none"> • формулирование основных законов электрических и магнитных цепей; • знание основных расчетных формул, законов, правил; • правильность расчета индивидуальных задач по темам дисциплины; • правильность расчета параметров трансформатора, генератора, двигателей. 	<ul style="list-style-type: none"> • устный фронтальный опрос; • выполнение тестовых заданий; • самоконтроль при выполнении заданий для самостоятельной работы; • наблюдение за деятельностью обучающихся на практических и лабораторных занятиях; • решение индивидуальных задач; • проверка домашних заданий; • экзамен.
У2 рассчитывать характеристики электротехнических цепей и устройств;	<ul style="list-style-type: none"> • рассчитывать характеристики электротехнических цепей и устройств; 	<ul style="list-style-type: none"> • наблюдение за деятельностью обучающихся при выполнении практических работ; • выполнение тестовых заданий; • экзамен.
У3 применять полученные знания на практике;	<ul style="list-style-type: none"> • самостоятельная сборка простейших цепей с использованием полупроводниковых приборов в согласно схемам; • демонстрация выполнения законов Ома, Кирхгофа. • демонстрация явлений электромагнитной индукции; 	<ul style="list-style-type: none"> • наблюдение за деятельностью обучающихся при выполнении практических работ; • выполнение тестовых заданий; • экзамен.
З1 физическую сущность электрических и магнитных явлений, их взаимосвязь и количественное соотношение;	<ul style="list-style-type: none"> • формулирование законов электрических цепей постоянного и переменного тока; • формулирование законов магнитных цепей; • знание основ электронной теории строения вещества; • знание классификации и магнитных свойств различных материалов и их при- 	<ul style="list-style-type: none"> • устный, фронтальный и индивидуальный контроль на теоретических занятиях; • наблюдение за деятельностью обучающихся на практических занятиях и в целом по освоению дисциплины; • текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим занятиям; • выполнение тестовых заданий;

	<p>менение;</p> <ul style="list-style-type: none"> • изложение теоретических положений работы электрических и магнитных цепей. 	<ul style="list-style-type: none"> • самоконтроль и самоанализ при выполнении рефератов и сообщений; • составление слайд – презентаций по разделам и темам; • экзамен.
32 основные законы электротехники;	<p>формулирование законов электрических цепей постоянного и переменного тока</p>	<ul style="list-style-type: none"> • устный, фронтальный и индивидуальный контроль на теоретических занятиях; • наблюдение за деятельностью обучающихся на практических занятиях и в целом по освоению дисциплины; • текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим занятиям; • выполнение тестовых заданий; • самоконтроль и самоанализ при выполнении рефератов и сообщений; • составление слайд – презентаций по разделам и темам; • экзамен.
33 принцип и устройство электроизмерительных приборов	<ul style="list-style-type: none"> • изложение свойств и принципа работы диода, транзистора, тиристора; • пояснение работы и особенностей однофазных и трехфазных схем выпрямления; 	<p>устный, фронтальный и индивидуальный контроль на теоретических занятиях;</p> <p>наблюдение за деятельностью обучающихся на практических занятиях, в целом по освоению дисциплины;</p> <p>текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим занятиям;</p> <p>выполнение тестовых заданий;</p> <p>проверка домашних заданий;</p> <p>самоконтроль и самоанализ при выполнении рефератов и сообщений;</p> <p>экзамен.</p>

4 ОЦЕНКА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Формы и методы оценивания

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС СПО по дисциплине ОП.02. Электротехника, направленные на формирование общих и профессиональных компетенций. Для оценки освоения дисциплины разработана система контроля и оценивания в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации студентов ГПОУ ТО ТГТК», «Положением об итоговой аттестации студентов ГПОУ ТО ТГТК», «Положением об оценке знаний и умений студентов ГПОУ ТО ТГТК», «Положением о директорской контрольной работе ГПОУ ТО ТГТК», «Положение о планировании, организации и проведении лабораторных работ в ГПОУ ТО ТГТК», «Положение о планировании, организации и проведении практических работ в ГПОУ ТО ТГТК».

Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по разделам и темам

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые У, З	Форма контроля	Проверяемые У, З	Форма контроля	Проверяемые У, З
1	2	3	4	5	6	7
Тема 1. Основы электростатики.	Практическое занятие №1 Решение индивидуальных задач Решение кроссворда Выполнение технического диктанта Решение кроссворда Выполнение тестового задания Защита рефератов или сообщений Устный опрос	У1 31, 33			ДЗ	

Тема 2. Электрические цепи постоянного тока.	Практическое занятие №2 Практическое занятие №3 Практическое занятие №4 Решение индивидуальных задач Решение задач по образцу Решение кроссворда Выполнение тестового задания Устный опрос	У1, У2, У3 31, 33, 34			ДЗ	
Тема 3. Магнетизм и электромагнетизм	Практическое занятие №5 Практическое занятие №6 Решение кроссворда Устный опрос	У1, У2, У3 31, 33, 34			ДЗ	
Тема 4. Электрические цепи переменного тока	Практическое занятие №7 Практическое занятие №8 Практическое занятие №9 Решение кроссворда Решение индивидуальных задач Решение задач по образцу Выполнение тестового задания Устный опрос	У1, У2, У3 31, 33, 34			ДЗ	
Тема 5. Электроизмерительные приборы и электрические измерения	Практическое занятие №10 Практическое занятие №11 Практическое занятие №12 Решение кроссворда Решение индивидуальных задач Выполнение тестового задания Устный опрос	У1 31, 32, 33			ДЗ	
Тема 6. Электрические машины и аппараты	Практическое занятие №13 Практическое занятие №14 Практическое занятие №15 Решение кроссворда Выполнение тестового задания Устный опрос				ДЗ	
Тема 7. Электробезопасность	Практическое занятие №16 Практическое занятие №17 Выполнение тестового задания Защита рефератов или сообщений Устный опрос				ДЗ	

4.2 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ИХ КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Оценка теоретического курса учебной дисциплины ОП. 02. Электротехника осуществляется с использованием следующих форм и методов контроля:

- текущий контроль – выполнение тестовых заданий; решение задач по образцу; решение индивидуальных задач; решение кроссвордов; выполнение, расчет и защита отчетов по лабораторным и практическим занятиям;
- рубежный контроль – выполнение контрольной работы;
- промежуточный контроль – дифференцированный зачет.

4.2.1 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

Технический диктант

Чтобы выяснить, как студенты усваивают тот или иной материал, им предлагается за определенное время дать ответы в форме «да, нет» на пять вопросов с помощью определенных знаков. Применение такого метода способствует развитию внимания студентов, так как они должны воспринять вопрос преподавателя на слух, кроме того, позволяет строго регламентировать время выполнения работы и вносит некоторое разнообразие в формы *текущей проверки* знаний. Работа проходит в быстром темпе и поэтому такие технические диктанты занимают 5 - 7 минут.

Правильный ответ на 5 вопросов соответствует оценке «отлично», на 4 вопроса – «хорошо», на 3 вопроса – «удовлетворительно».

Согласно рабочей программе технические диктанты проводятся по двум темам: 1.1 Электрическое поле и 2.1 Полупроводниковые приборы (*Приложение А*).

Кроссворд

Кроссворд является одной из форм *текущего контроля*, которая позволяет повысить интерес студентов к дисциплине в процессе обучения.

В каждой теме выделяются ключевые понятия и термины, которые положены в основу кроссворда. Решение кроссворда – занятие увлекательное и полезное, позволяет тренировать память и выполняется на учебном занятии в течение 15-20 минут. Правильно решенный на 100% кроссворд оценивается «отлично», на 90%– «хорошо», на 60-80% – «удовлетворительно», менее 60% - «неудовлетворительно».

Решение кроссворда выполняется обучающимися по темам:

- 1 Основы электростатики;
- 2 Электрические цепи постоянного тока;
- 3 Магнетизм и электромагнетизм;
- 4 Электрические цепи переменного тока;
- 7 Электроизмерительные приборы и электрические измерения;

Типовые кроссворды приведены в *Приложении Б*.

Решение индивидуальных задач

Текущий контроль формирования умения самостоятельного решения индивидуальных задач проводится во время учебных занятий, выполняя самостоятельные работы по теме 1.2 Электрические цепи постоянного тока (*Приложение В*) и расчетные практические задания (*Приложение Г*) по темам:

- 1 Электрическое поле;
- 2 Электрические цепи постоянного тока;
- 3 Магнетизм и электромагнетизм;
- 4 Электрические цепи переменного тока;
- 5 Электроизмерительные приборы и электрические измерения
- 6 Электрические машины и аппараты
- 7 Электробезопасность

Самостоятельные работы представляют собой расчетные или графические задания, объединенные общей тематикой и выдаваемые каждому студенту индивидуально. Выполняются самостоятельные работы на учебном занятии в течение 40 минут. Правильно решенная на 100% работа оценивается «отлично», на 90% – «хорошо», на 60-80% – «удовлетворительно», менее 60% - «неудовлетворительно».

Выполнение реферата, сообщения, презентации

Реферат – письменный доклад по определенной теме, в котором собрана информация из одного или нескольких источников. Рефераты пишутся стандартным языком, с использованием типологизированных речевых оборотов вроде: «важное значение имеет», «уделяется особое внимание», «поднимается вопрос», «делаем следующие выводы», «исследуемая проблема», «освещаемый вопрос» и т.п.

Различают два вида рефератов: *продуктивные* и *репродуктивные*. *Репродуктивный* реферат воспроизводит содержание первичного текста. *Продуктивный* реферат содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника.

Структура реферата и правила его оформления изложены в стандарте предприятия СТП ОмГУПС 1.2-2005.

Доклад, согласно толковому словарю русского языка Д.Н. Ушакова: «...сообщение по заданной теме, с целью внести знания из дополнительной литературы, систематизировать материал, проиллюстрировать примерами, развивать навыки самостоятельной работы с научной литературой, познавательный интерес к научному познанию».

Тема реферата, доклада или сообщения должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме учебного занятия (*Приложение Д*). Материалы при его подготовке, должны соответствовать учебно-методическим требованиям ТИЖТа и быть указаны в докладе. Необходимо соблюдать регламент, оговоренный при получении задания. Иллюстрации должны быть достаточными, но не чрезмерными.

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

Структура выступления

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

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

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

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

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

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

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

Определить каков будет формат презентации: живое выступление (тогда, сколько будет его продолжительность) или электронная рассылка (каков будет контекст презентации).

Отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку представления.

Определить ключевые моменты в содержании текста и выделить их.

Определить виды визуализации (картинки) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой материала.

Подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер).

Проверить визуальное восприятие презентации.

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

Иллюстрация – представление реально существующего зрительного ряда.

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

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

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

Практические советы по подготовке презентации:

готовить отдельно: печатный *текст* + *слайды*;

слайды – визуальная подача информации, которая должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто;

текстовое содержание презентации – устная речь или чтение, которая должна включать аргументы, факты, доказательства и эмоции;

рекомендуемое число слайдов 17-22;

обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего; план сообщения; краткие выводы из всего сказанного; список использованных источников.

Выполнение тестовых заданий

Тестовое задание представляет собой специально подготовленный контрольный набор заданий, позволяющий качественно и количественно оценить знания студентов посредством статистических методов. Основными достоинствами тестового контроля являются: объективность результатов проверки, повышение эффективности проверки знаний за счет увеличения ее частоты и регулярности, возможность проверки знаний с использованием компьютеров.

Текущий контроль в форме выполнения тестовых заданий на учебных занятиях проводится по темам:

1 Электрическое поле;

2 Электрические цепи постоянного тока;

4 Электрические цепи переменного тока;

6 Электрические машины и аппараты;

Тестовое задание состоит из 10 вопросов, входящих в сборник Тестовых заданий. На выполнение тестового задания отводится 10-15 минут. Правильный ответ на 9-10 вопросов оценивается «отлично», на 7-8 вопросов – «хорошо», на 6 вопросов – «удовлетворительно».

Самоконтроль при подготовке к занятиям, ДЗ можно осуществлять по вопросам, входящим в Фонд тестовых заданий (*Приложение Е*).

Решение задач по образцу

Текущий контроль формирования умения самостоятельного решения задач по образцу проводится во время учебных занятий, выполняя расчетные практические задания.

Практическое занятие выполняется по индивидуальному варианту, выданному студенту преподавателем. Номер варианта соответствует номеру по списку в журнале учебной группы. Содержание практического занятия изложено в Методических указаниях для практических занятий (*Приложение Г*). Расчет индивидуальных заданий производится с использованием учебной литературы, конспекта лекций, справочных данных, ГОСТов, методических пособий и т.д.

Время на выполнение практического занятия 90 или 180 минут. Если студент не успел выполнить работу за время учебного занятия, дается не более двух дней для сдачи отчета.

Оценка за выполнение практического занятия выставляется по пятибалльной системе и учитывается при выставлении итоговой оценки за семестр. Правильно рассчитанная и оформленная работа оценивается «отлично», с нарушениями в оформлении – «хорошо», правильно рассчитанная на 70% работа – «удовлетворительно». Если допущены грубые ошибки в оформлении и работа выполнена менее чем на 70% верно, работа возвращается студенту на доработку. Если отчет по практической работе сдан позже указанного срока, то при успешном её выполнении работа оценивается «удовлетворительно».

4.2.3 ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

Формой промежуточной аттестации является дифференцированный зачёт по темам дисциплины, для которого разработаны теоретические вопросы и практические задания.

Условием допуска к зачёту является успешное освоение обучающимся всех элементов программы дисциплины

5 КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

5.1 Задание для аттестуемого

Внимательно прочесть задания экзаменационного билета. На подготовку ответа дается 40 минут. Если для ответа необходимы справочные данные, схемы выпрямителей, рисунки с устройством электроизмерительных приборов, макеты электрических машин, то студент может ими воспользоваться, они предоставляются экзаменатором.

Образец ответа

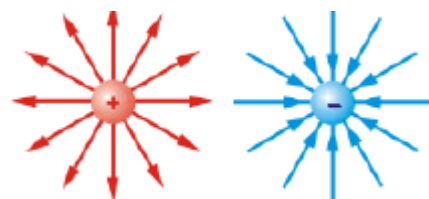
Вопрос 1

Теория, объясняющая электрические свойства тел, наличием в них электронов и их движением, носит название электронной теорией.

Все вещества состоят из молекул, а молекулы из атомов. Атом представляет собой ядро, окруженное оболочкой. Ядро представляет собой монолит, состоящий из протонов и нейтронов.

Оболочка образована из постоянно движущихся с очень большой скоростью мельчайших частиц – электронов. Количество электронов в атомах различных веществ неодинаково. Поскольку электроны вращаются вокруг ядра с большой скоростью, они не могут оторваться от ядра.

Ядро и электроны обладают энергией. Ядро имеет положительную энергию, электроны – отрицательную. Если величина энергии ядра и электронов в атоме одинакова, то такой атом является нейтральным. Но если атом теряет один или несколько электронов, то положительная энергия преобладает и атом превращается в положительный ион. Если атом принимает один или несколько электронов, то превращается в отрицательный ион. Процесс превращения атомов в ионы называется ионизацией.



Если в объёме тела преобладает положительная или отрицательная энергия, то говорят что тело заряжено. Количество электричества, содержащегося в заряженном теле, называется зарядом. Величина заряда обозначается в системе СИ – Q , q , а единица измерения Кл (Кулон).

Вокруг любого неподвижного заряженного тела существует электрическое поле. Увидеть электрическое поле невозможно, а судить о наличие его можно по механическим силам, которые испытывают неподвижные заряженные тела, вносимые в это поле.

На рисунках электрическое поле изображается электрическими силовыми линиями, которые начинаются на положительном заряде и заканчиваются на отрицательном

Поэтому разноименные заряды, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга, притягиваются друг к другу. Одноименные заряды, вследствие встречного направления силовых линий электрического поля, отталкиваются.

Закон Кулона устанавливает зависимость между неподвижными заряженными телами:

Сила взаимодействия двух неподвижных заряженных тел пропорциональна произведению величин зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и зависит от среды

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi \cdot R^2 \cdot \epsilon_a}$$

где Q_1, Q_2 – величины зарядов, Кл;
 R – расстояние между центрами зарядов, м;
 ϵ_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды.

5.2 *Пакет аттестующего*

Условия проведения зачёта

Дифференцированный зачёт является формой **промежуточной аттестации** и проводится в сроки, установленные учебным планом, и определяемые календарным учебным графиком образовательного процесса.

На дифференцированном зачёте студенты должны показать: владение соответствующими электротехническими методами и приемами решения задач; четкое знание основных формул учебных разделов дисциплины; уверенное владение основными умениями и практическими навыками, предусмотренными программой, умение применять их при решении задач, сборке электрических цепей; знание теоретических основ и положений электрических цепей.

Сдача дифференцированного зачёта организуется в форме письменного и выполнения практического задания. Практическим заданием для экзаменуемого является решение типовой задачи, сборка электрической цепи, описание характеристик электроизмерительного прибора. Количество экзаменационных билетов – 30 шт.

При подготовке к ответу на задания экзаменационного билета, аттестуемый может пользоваться справочными данными, схемами выпрямителей, рисунками с устройством электроизмерительных приборов, макетами электрических машин, расположенными на столе преподавателя.

Итогом дифференцированного зачёта является оценка «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно». При неудовлетворительной оценке обучающийся имеет право на пересдачу дифференцированного зачёта в соответствии с локальными актами ГПОУ ТО ТГТК.

Критерии оценки

Оценка	Показатель
«Отлично»	<ul style="list-style-type: none">-правильность и полнота раскрытия теоретических понятий и положений;-техническая грамотность и логическая последовательность ответа;-точность применения научных терминов и обозначений;-правильность выполнения практического задания;-наличие единичных ошибок и недочетов.
«Хорошо»	<ul style="list-style-type: none">-правильность и сжатость теоретических понятий и положений;-техническая грамотность и логическая последовательность ответа;-точность применения научных терминов и обозначений;-наличие единичных ошибок и недочетов в изложении;-правильность выполнения практического задания с незначительными ошибками и неточностями;
«Удовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none">-достаточный объем знаний в рамках дисциплины;-использование установленной терминологии;-изложение ответов на вопросы не совсем самостоятельное, с несущественными ошибками и неточностями;-воспроизведение теоретического материала без обобщений и выводов;-выполнение практического задания с помощью наводящих вопросов и подсказок преподавателя;
«Неудовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none">-фрагментарные невзаимосвязанные знания по дисциплине;-обрывочное изложение с низкой степенью осмысления;-отсутствие ответов на наводящие вопросы преподавателя;-некомпетентность в установленной терминологии и обозначениях;-отсутствие или неправильное выполнение практического задания;-отсутствие ответов или отказ от ответа

Задания для проведения текущего контроля в форме технического диктанта

Технический диктант по теме 1 Электростатика

- 1 Направление электрического поля совпадает с направлением движения электрона
- 2 Электрический потенциал - это энергия электрического поля в одной точке
- 3 Закон кулона справедлив только для неподвижных зарядов
- 4 Любое заряженное тело состоит из нейтральных атомов
- 5 Чем больше расстояние между двумя точками цепи, тем больше напряжение

да нет



Правильный ответ

Технический диктант по теме

2.1 Полупроводниковые приборы

- 1 При включении р-п-перехода на прямое напряжение его сопротивление уменьшается
- 2 Если в четырехвалентный кремний ввести бор, то полученный полупроводник будет с электронной проводимостью
- 3 Отсутствие электрона в ковалентной связи называется дыркой
- 4 Самым опасным пробоем для р-п-перехода является тепловой
- 1 Переход электрона из валентной зоны в зону проводимости называется рекомбинацией

да нет

Правильный ответ



Задания для проведения текущего контроля в форме кроссворда

Кроссворд по теме 1 Электростатика

Задание: в пустые клетки кроссворда вписать слова, первые буквы которых дают слово КОНДЕНСАТОР

К								
О								
Н								
Д								
Е								
Н								
С								
А								
Т								
О								
Р								

- К**–французский физик, установивший закон взаимодействия заряженных тел;
- О**–один из проводников конденсатора;
- Н**–металл, проводник;
- Д**–сдвинутые и одновременно связанные друг с другом частицы атома;
- Е**–способность проводника накапливать заряд;
- Н**–разность потенциалов двух точек цепи;
- С**–твердый диэлектрик;
- А**–элементарная частица;
- Т**–направленное движение заряженных частиц;
- О**–полупроводник, применяется для пайки;
- Р**–процесс, сопровождающийся снижением напряжения на зажимах конденсатора

Образец ответа

К	у	л	о	н				
О	б	к	л	а	д	к	а	
Н	и	к	е	л	ь			
Д	и	п	о	л	ь			
Е	м	к	о	с	т	ь		
Н	а	п	р	я	ж	е	н	и
С	т	е	к	л	о			
А	т	о	м					
Т	о	к						
О	л	о	в	о				
Р	а	з	р	я	д			

Кроссворд по теме 2 Электрические цепи постоянного тока

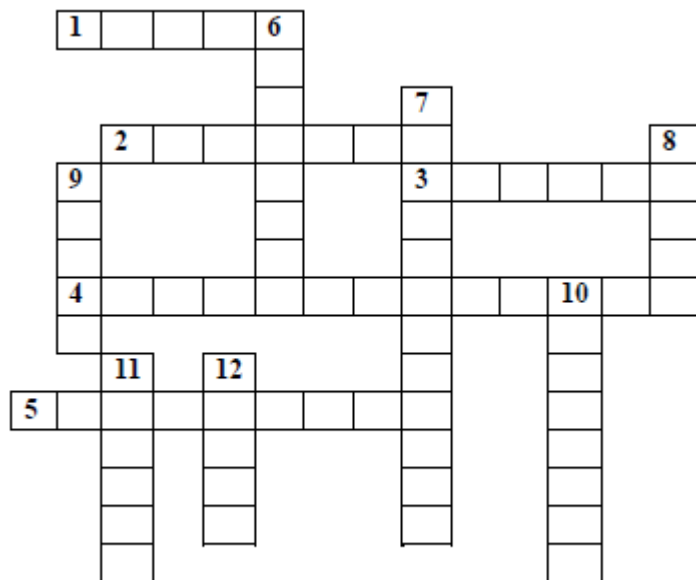
Задание: пустые клетки кроссворда заполнить по вертикали известными аппаратами, приборами, устройствами и т.д., входящими в электрическую цепь.



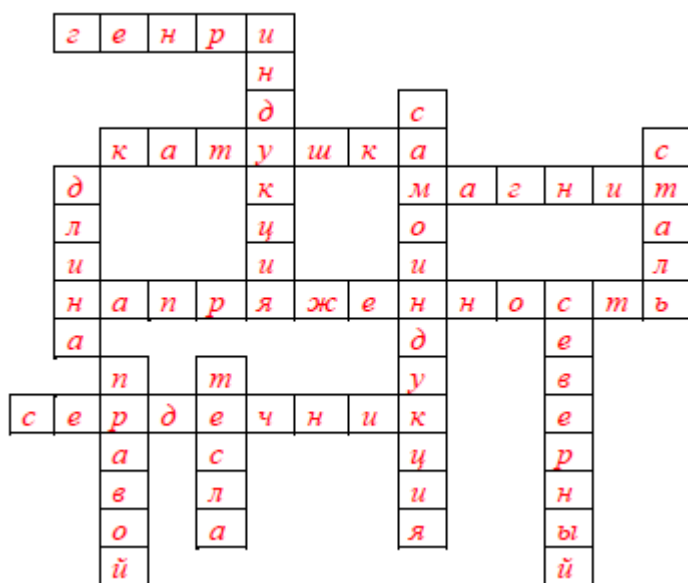
Образец ответа



Кроссворд по теме 3 Магнетизм и электромагнетизм



Образец ответа



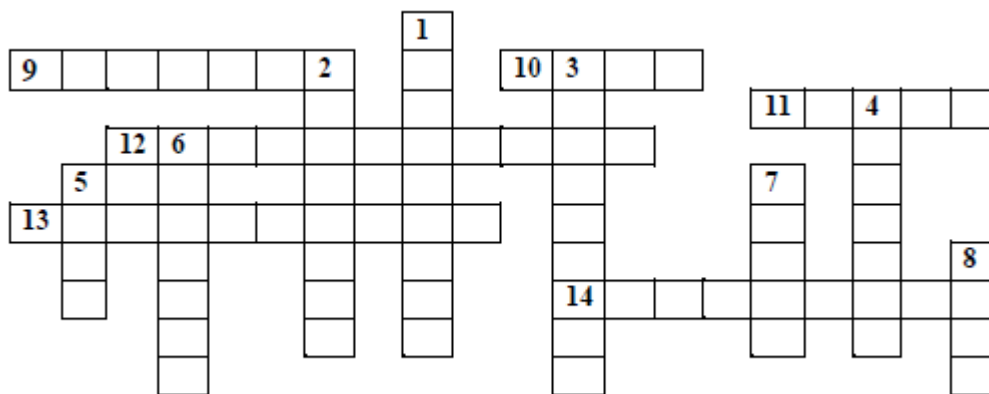
По горизонтали:

1 Единица измерения индуктивности. **2** Устройство, обладающее индуктивностью. **3** Источник постоянного магнитного поля. **4** Силовая характеристика магнитного поля, измеряется в А/м. **5** Устройство для усиления магнитного поля катушки.

По вертикали:

6 Одна из характеристик магнитного поля – магнитная..... **7** Явление возникновения ЭДС в проводнике с током. **8** Ферромагнетик. **9** Параметр, от которого зависит величина электромагнитной силы. **10** Один из полюсов магнита. **11** Для определения направления магнитного поля вокруг катушки с током используют правило.....руки. **12** Единица измерения магнитной индукции

Кроссворд по теме 4 Электрические цепи переменного тока



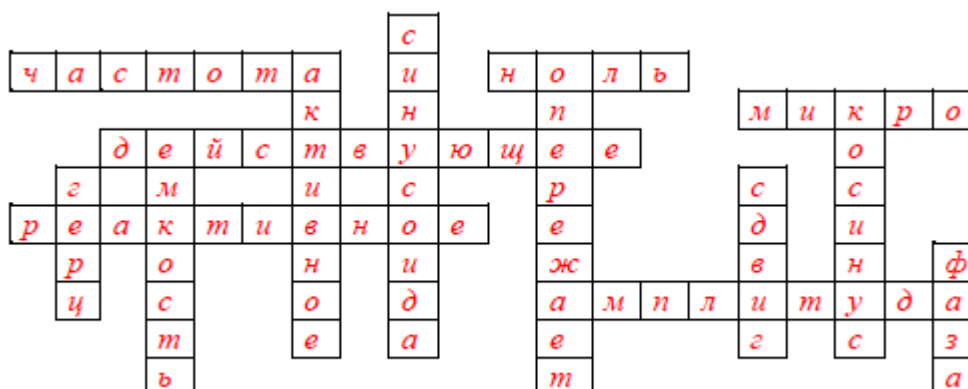
По вертикали:

1 Форма графика переменного тока. **2** Сопротивление, в котором электрическая энергия преобразуется в другой вид. **3** Напряжение на индуктивности ток. **4** Одна из функций угла. **5** Единица измерения частоты. **6** Элемент электрической цепи, на котором ток опережает напряжение на 90°. **7** Буквой ϕ в цепях переменного тока обозначаетсяпо фазе. **8** Угол между током и напряжением в цепи.

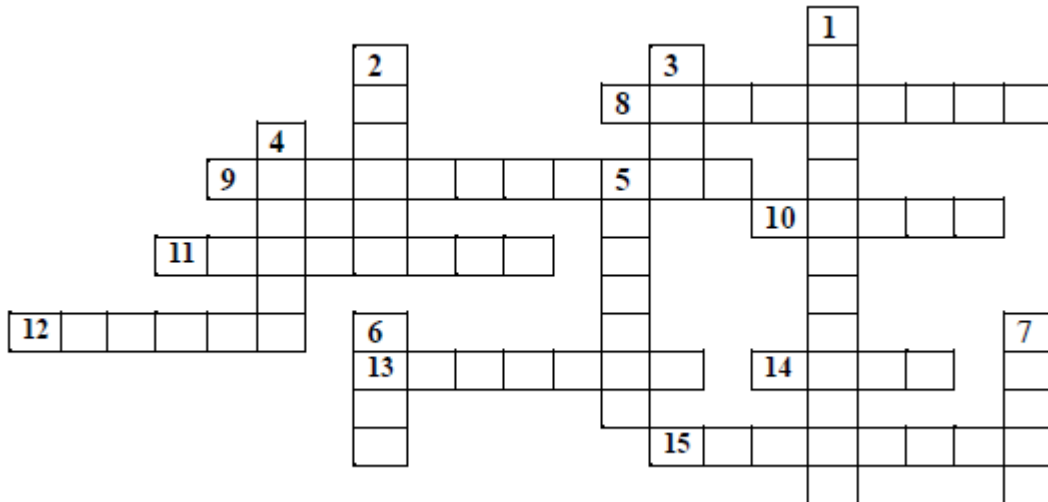
По горизонтали:

9 Количество полных изменений переменной величины за 1 секунду. **10** Величина угла между током и напряжением в цепи с активным сопротивлением. **11** Приставка, используемая в СИ. **12** Значение переменного тока, меньшее максимального в 1,41 раза. **13** Сопротивление, в котором электрическая энергия расходуется на создание собственного электрического поля. **14** Максимальное значение переменной величины.

Образец ответа



Кроссворд по теме 5 Трехфазные цепи



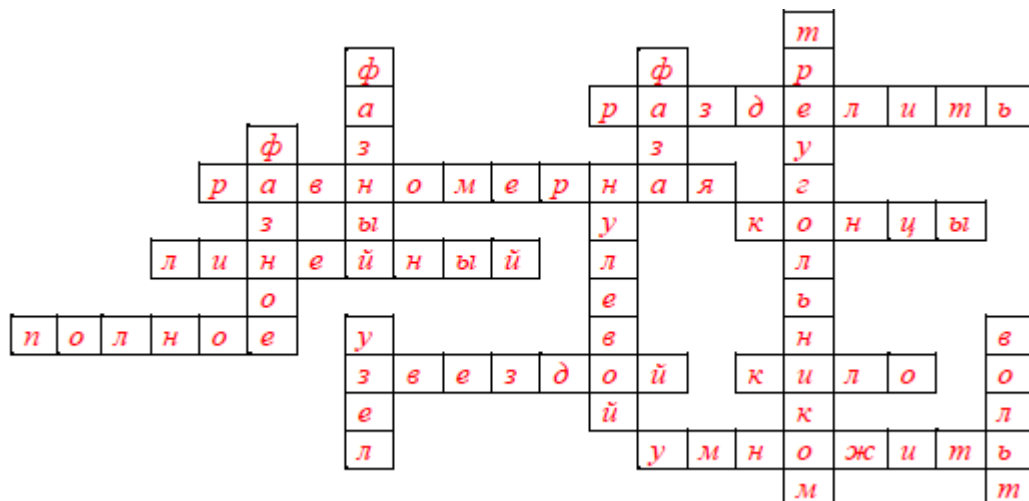
По вертикали:

- 1** Соединение, при котором конец первой фазы соединен с началом второй, конец второй с началом третьей и т.д. **2** Ток, меньше линейного в 1,73 раза. **3** Одна обмотка генератора. **4** Напряжение между линейным проводом и нулевым. **5** Один из проводов трехфазной линии. **6** Точка соединения трех и более проводов. **7** Единица измерения напряжения.

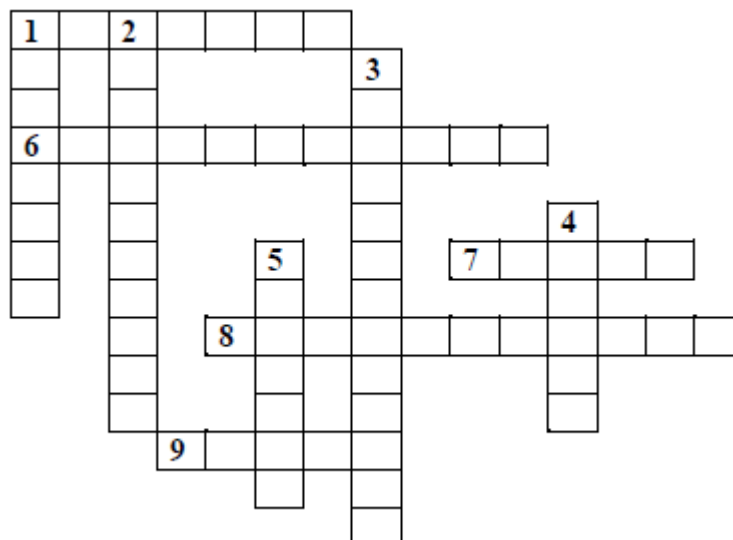
По горизонтали:

- 8** Что необходимо выполнить при соединении звездой с УЛ и числом 1,73 для определения УФ? **9** Нагрузка, при которой величины сопротивлений в фазах одинаковы. **10** Части фаз, которые соединяют для получения нейтральной точки. **11** Один из проводов трехфазной линии. **12** Сопротивление цепи переменного тока. **13** Соединение, которое является преимущественным в трехфазных системах. **14** Приставка, используемая в СИ. **15** Какое действие необходимо выполнить при соединении треугольником с ИФ и числом 1,73 для определения ИЛ?

Образец ответа



Кроссворд по теме 8 Электрические измерения и приборы



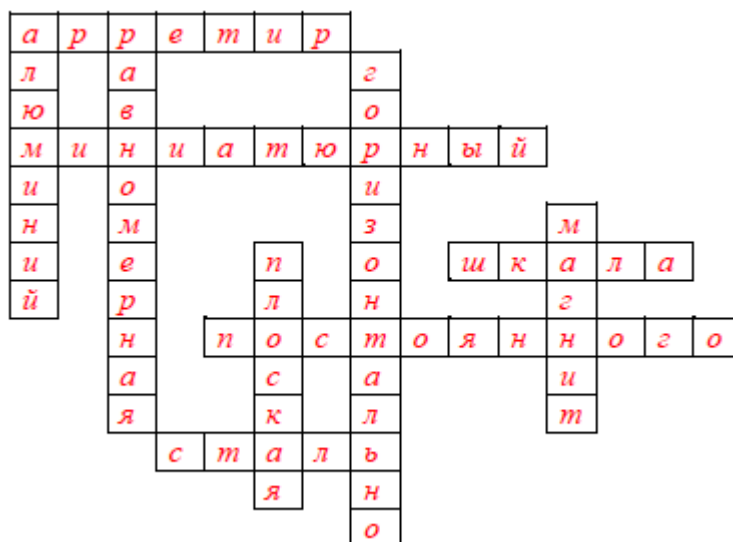
По вертикали:

1 Материал, используемый для изготовления стрелок электроизмерительных приборов. **2** Тип шкалы. **3** Как должен быть расположен прибор при измерении, если на шкале указан знак ? **4** Элемент устройства успокоителя. **5** Тип катушки прибора электромагнитной системы.

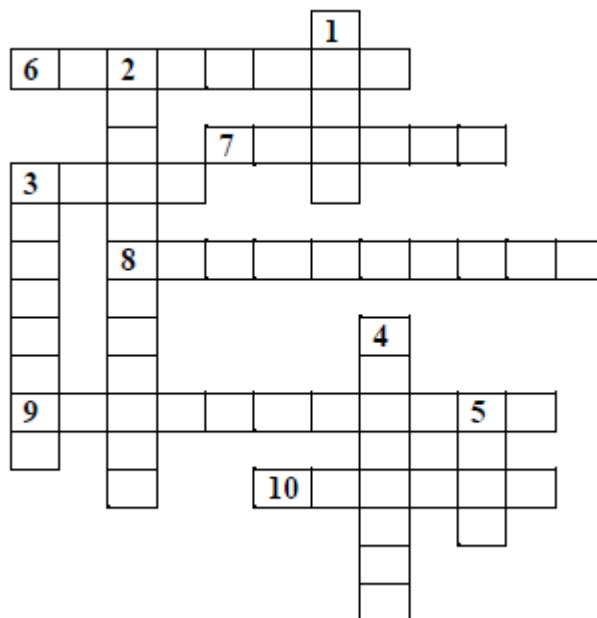
По горизонтали:

1 Устройство для фиксации подвижной части. **6** Размер корпуса электроизмерительного прибора. **7** Поверхность с нанесенными делениями. **8** Приборы магнитоэлектрической системы могут работать только в цепях.....тока. **9** Материал для изготовления осей и полуосей.

Образец ответа



Кроссворд по теме 10 Основы электроники



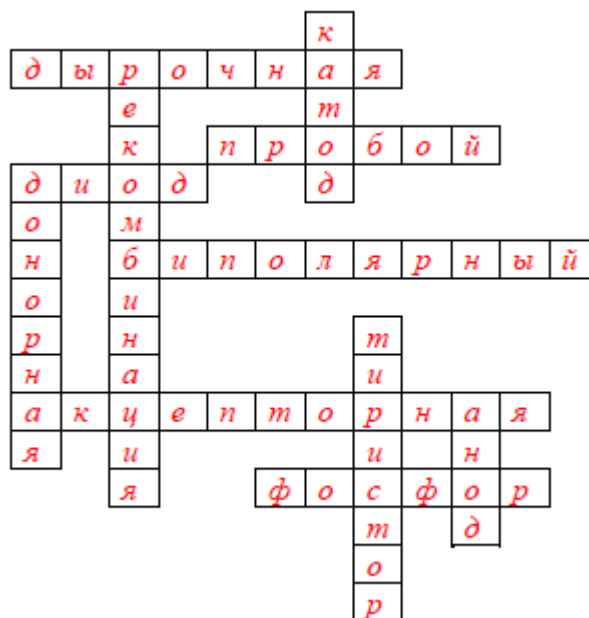
По вертикали:

1 Один из электродов тиристора. **2** Процесс перехода иона к нейтральному состоянию. **3** Общее название примеси для получения полупроводника с электронной проводимостью **4** Полупроводниковый прибор с тремя р-п-переходами. **5** Один из электродов диода.

По горизонтали:

6 Один из видов проводимости. **7** Наступает при резком повышении обратного тока. **8** Тип транзистора. **9** Общее название примеси для получения полупроводника с дырочной проводимостью. **10** Вещество, полупроводник.

Образец ответа

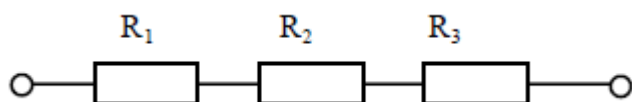


Задания для проведения текущего контроля в форме решения индивидуальных задач

Самостоятельная работа по теме 2 Электрические цепи постоянного тока

Образец задания и решения

В цепи известны напряжения $U_2=30$ В, $U_3=10$ В, $U_1=20$ В и величина сопротивления $R_1=10$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления R_2 , R_3 .



Решение

1 Напряжение на зажимах цепи

$$U_{\text{ОБЩ}} = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 30 + 10 = 60 \text{ Ом}$$

2 Ток цепи

$$I_{\text{ОБЩ}} = I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{20}{10} = 2 \text{ А}$$

3 Величины сопротивлений

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ Ом} \qquad R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{10}{2} = 5 \text{ Ом}$$

Карточки-задания

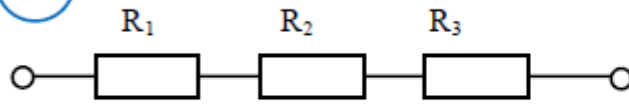
1

В цепи известны напряжения $U_1=30$ В, $U_2=10$ В, $U_3=20$ В и величина сопротивления $R_1=10$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления R_2 , R_3 .

2

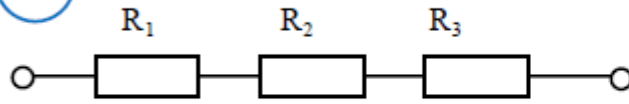
В цепи известны напряжения $U_1=15$ В, $U_2=40$ В, $U_3=25$ В и величина сопротивления $R_1=15$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления R_2 , R_3 .

3



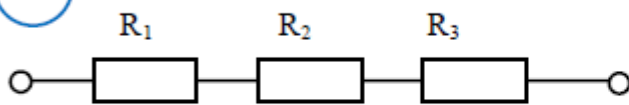
В цепи известны напряжения $U_1=40$ В, $U_2=15$ В, $U_3=35$ В и величина сопротивления $R_3=7$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления R_1, R_2 .

4



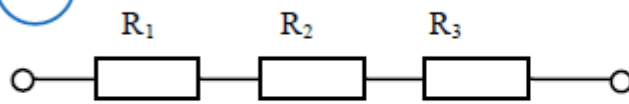
В цепи известны напряжения $U_1=10$ В, $U_2=50$ В, $U_3=60$ В и величина сопротивления $R_2=5$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления R_1, R_3 .

5



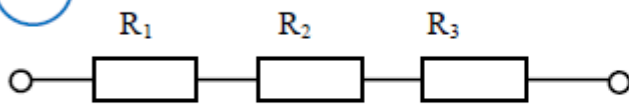
В цепи известны напряжения $U_1=60$ В, $U_2=20$ В, $U_3=70$ В и величина сопротивления $R_2=20$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления R_1, R_3 .

6



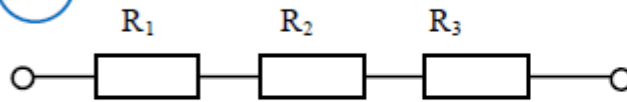
В цепи известны напряжения $U_1=36$ В, $U_3=42$ В, величина сопротивления $R_2=13$ Ом и ток цепи $I=6$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе R_2 , сопротивления R_1, R_3 .

7



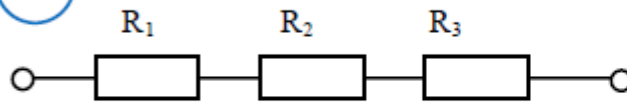
В цепи известны напряжения $U_1=30$ В, $U_2=50$ В, величина сопротивления $R_3=6$ Ом и ток цепи $I=2$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе R_3 , сопротивления R_1, R_2 .

7



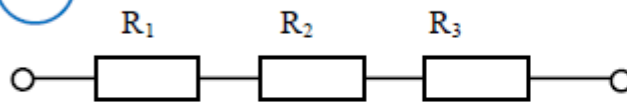
В цепи известны напряжения $U_1=30$ В, $U_2=50$ В, величина сопротивления $R_3=6$ Ом и ток цепи $I=2$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе R_3 , сопротивления R_1 , R_2 .

8



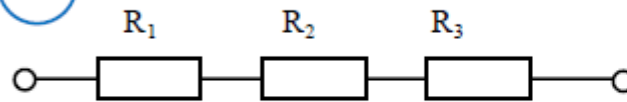
В цепи известны напряжения $U_1=15$ В, $U_2=30$ В, величина сопротивления $R_3=10$ Ом и ток цепи $I=3$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе R_3 , сопротивления R_1 , R_2 .

9



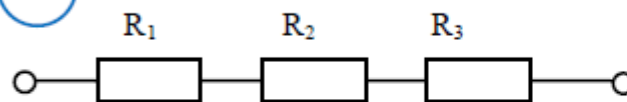
В цепи известно напряжение на зажимах $U=100$ В, величина сопротивлений $R_2=15$ Ом, $R_3=10$ Ом и ток цепи $I=2$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление R_1 .

10



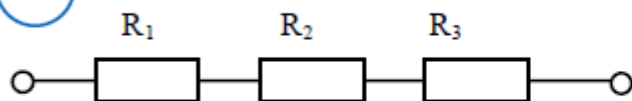
В цепи известно напряжение на зажимах $U=200$ В, величина сопротивлений $R_2=10$ Ом, $R_3=30$ Ом и ток цепи $I=4$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление R_1 .

11



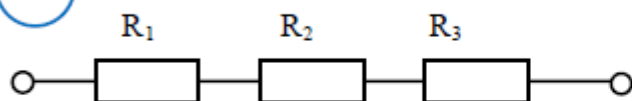
В цепи известно напряжение на зажимах $U=120$ В, величина сопротивлений $R_1=5$ Ом, $R_2=3$ Ом и ток цепи $I=2$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление R_3 .

12



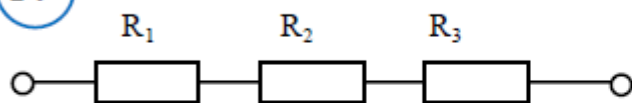
В цепи известно напряжение на зажимах $U=240$ В, величина сопротивлений $R_2=5$ Ом, $R_3=25$ Ом и ток цепи $I=6$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление R_1 .

13



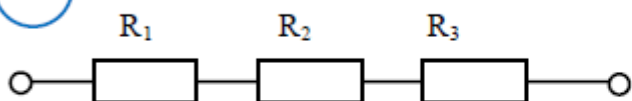
В цепи известно напряжение на зажимах $U=30$ В, величина сопротивлений $R_1=2$ Ом, $R_3=6$ Ом и ток цепи $I=3$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление R_2 .

14



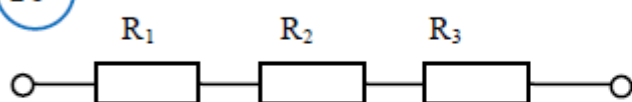
В цепи известны напряжения $U_2=40$ В, $U_3=60$ В, величина сопротивления $R_1=3$ Ом и ток цепи $I=10$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе R_1 , сопротивления R_2 , R_3 .

15



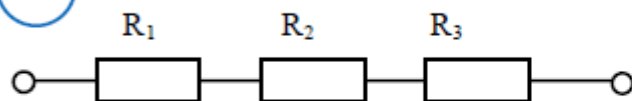
В цепи известны напряжения $U_1=20$ В, $U_2=40$ В, величина сопротивления $R_3=10$ Ом и ток цепи $I=4$ А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе R_3 , сопротивления R_1 , R_2 .

16



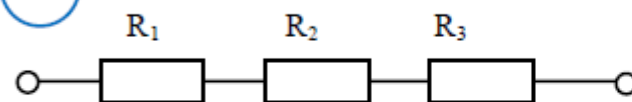
В цепи известно напряжение на зажимах $U=32$ В, напряжение на резисторе $U_3=6$ В, величина сопротивления $R_2=5$ Ом и эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}} = 16$ Ом. Определить ток цепи, сопротивления R_1 , R_3 , напряжения на резисторах R_1 , R_2 .

17



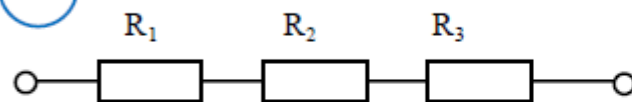
В цепи известно напряжение на зажимах $U=150$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=30$ Ом, сопротивления резисторов $R_1=15$ Ом, $R_2=2$ Ом. Определить величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление R_3 , ток цепи.

18



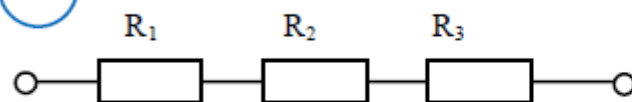
В цепи известно напряжение $U_3=21$ В, ток цепи $I=3$ А, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=120$ Ом, сопротивление резистора $R_1=1$ Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах R_1 , R_2 , сопротивления R_2 , R_3 .

19



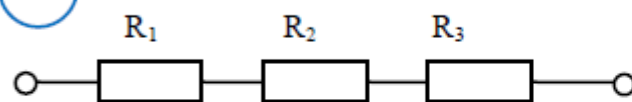
В цепи известно напряжение $U_2=10$ В, ток цепи $I=2$ А, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=16$ Ом, сопротивление резистора $R_1=3$ Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах R_1 , R_3 , сопротивления R_2 , R_3 .

20



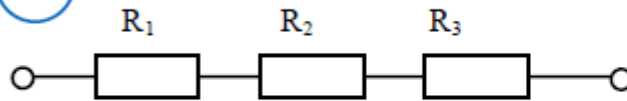
В цепи известно напряжение на зажимах $U=360$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=18$ Ом, сопротивления резисторов $R_1=3$ Ом, $R_3=7$ Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление R_2 , ток цепи.

21



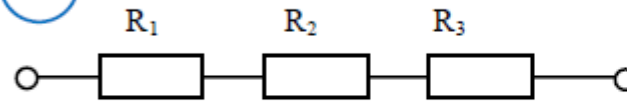
В цепи известно напряжение на зажимах $U=100$ В, на резисторе $U_1=20$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=10$ Ом, сопротивление резистора $R_3=3$ Ом. Определить величину напряжения на резисторах R_2 , R_3 , сопротивления R_1 , R_2 , ток цепи.

22



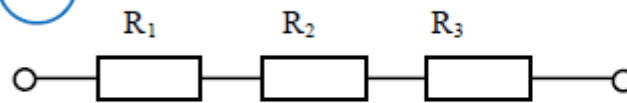
В цепи известно напряжение $U_1=15$ В, ток цепи $I=3$ А, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=25$ Ом, сопротивление резистора $R_2=10$ Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах R_2 , R_3 , сопротивления R_1 , R_3 .

23



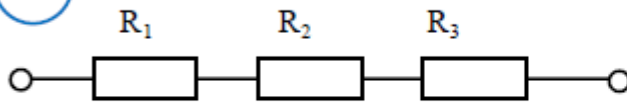
В цепи известно напряжение на зажимах цепи $U=92$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=46$ Ом, сопротивления резисторов $R_2=12$ Ом, $R_3=18$ Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление R_1 , ток цепи.

24



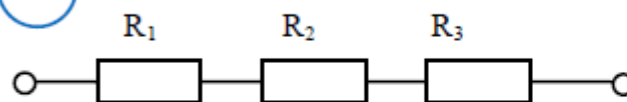
В цепи известны напряжения на зажимах цепи $U=150$ В и $U_2=60$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=15$ Ом, сопротивление резистора $R_1=3$ Ом. Определить величину напряжения на резисторах R_1 , R_3 , сопротивления R_2 , R_3 , ток цепи.

25



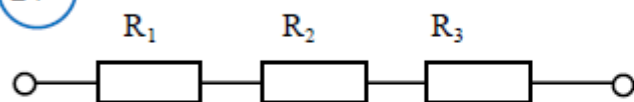
В цепи известно напряжение $U_3=9$ В, ток цепи $I=3$ А, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=300$ Ом, сопротивление резистора $R_2=7$ Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах R_1 , R_2 , сопротивления R_1 , R_3 .

26



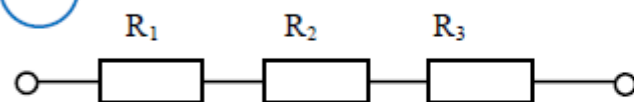
В цепи известно напряжение на зажимах $U=140$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=28$ Ом, сопротивление резисторов $R_1=7$ Ом, $R_3=8$ Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление R_2 , ток цепи.

27



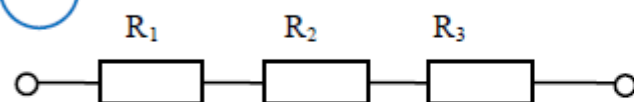
В цепи известно напряжение $U_2=21$ В и на зажимах цепи $U=60$ Ом, ток цепи $I=3$ А, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=120$ Ом, сопротивление резистора $R_1=1$ Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах R_1, R_2 , сопротивления R_2, R_3 .

28



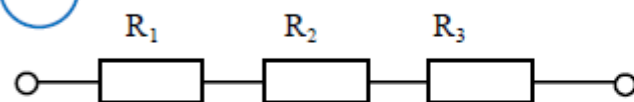
В цепи известно напряжение $U_1=20$ В, ток цепи $I=2$ А, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=16$ Ом, сопротивление резистора $R_3=2$ Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах R_2, R_3 , сопротивления R_1, R_2 .

29



В цепи известно напряжение на зажимах $U=80$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=16$ Ом, сопротивления резисторов $R_1=8$ Ом, $R_2=2$ Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление R_3 , ток цепи.

30



В цепи известны напряжения на зажимах цепи $U=200$ В и $U_1=100$ В, эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}=20$ Ом, сопротивление резистора $R_3=0,5$ Ом. Определить величину напряжения на резисторах R_2, R_3 , сопротивления R_1, R_2 , ток цепи.

Образец задания и решения

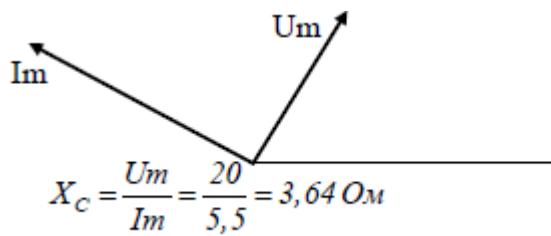
Дано: $i = 5,5 \sin(\omega t + 150^\circ)$ А
 $u = 20 \sin(\omega t + 60^\circ)$ В

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

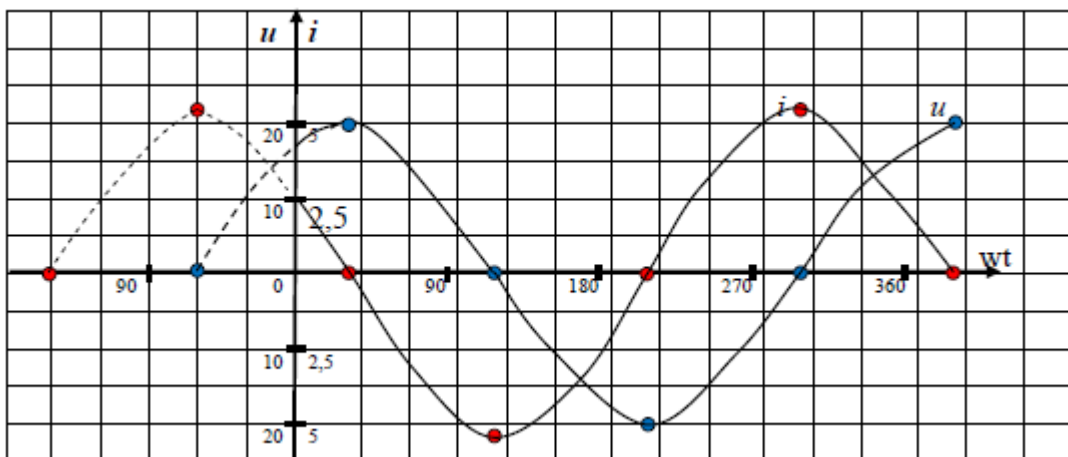
Решение:

Выбираем масштабы $mI = 1$ А/см, $mU = 5$ В/см



Т.к. ток опережает напряжение на 90° , значит, в цепи имеется только емкостное сопротивление

$$Q_C = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{20}{1,41} \cdot \frac{5,5}{1,41} = 55,3 \text{ вар}$$



Карточки-задания

1
 Дано: $i = 11 \sin(\omega t - 90^\circ)$ А
 $u = 38 \sin(\omega t - 180^\circ)$ В

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

2
 Дано: $i = 5 \sin(\omega t + 45^\circ)$ А
 $u = 70 \sin(\omega t + 45^\circ)$ В

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

3

Дано: $i=1 \sin (\omega t+45^{\circ}) A$
 $u=30 \sin (\omega t+135^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

4

Дано: $i=10,3 \sin (\omega t+135^{\circ}) A$
 $u=103 \sin (\omega t+45^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

5

Дано: $i=2,5 \sin (\omega t-60^{\circ}) A$
 $u=77 \sin (\omega t-60^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

6

Дано: $i=16 \sin (\omega t-210^{\circ}) A$
 $u=380 \sin (\omega t-120^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

7

Дано: $i=0,7 \sin (\omega t-120^{\circ}) A$
 $u=127 \sin (\omega t-150^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

8

Дано: $i=11 \sin (\omega t-90^{\circ}) A$
 $u=300 \sin (\omega t-90^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

9

Дано: $i=6 \sin (\omega t+30^{\circ}) A$
 $u=30 \sin (\omega t+120^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

10

Дано: $i=3 \sin (\omega t-30^{\circ}) A$
 $u=55 \sin (\omega t+60^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

11

Дано: $i=20 \sin (\omega t-60^{\circ}) A$
 $u=280 \sin (\omega t-150^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

12

Дано: $i=15 \sin (\omega t+135^{\circ}) A$
 $u=200 \sin (\omega t+135^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

<p style="text-align: center;">13</p> <p>Дано: $i=10 \sin (\omega t-30^{\circ}) A$ $u=150 \sin (\omega t-120^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;">14</p> <p>Дано: $i=15 \sin (\omega t-180^{\circ}) A$ $u=150 \sin (\omega t-90^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;">15</p> <p>Дано: $i=7 \sin (\omega t+90^{\circ}) A$ $u=15 \sin (\omega t+90^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;">16</p> <p>Дано: $i=4,5 \sin (\omega t+45^{\circ}) A$ $u=300 \sin (\omega t-45^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;">17</p> <p>Дано: $i=0,6 \sin (\omega t+120^{\circ}) A$ $u=45 \sin (\omega t+210^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;">18</p> <p>Дано: $i=4 \sin (\omega t+60^{\circ}) A$ $u=54 \sin (\omega t+60^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;">19</p> <p>Дано: $i=7 \sin (\omega t+90^{\circ}) A$ $u=60 \sin (\omega t+180^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;">20</p> <p>Дано: $i=2 \sin (\omega t+120^{\circ}) A$ $u=20 \sin (\omega t+30^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;">21</p> <p>Дано: $i=0,2 \sin (\omega t+180^{\circ}) A$ $u=7 \sin (\omega t+180^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;">22</p> <p>Дано: $i=8 \sin (\omega t-180^{\circ}) A$ $u=80 \sin (\omega t-90^{\circ}) B$</p> <p>Задание: Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>

23

Дано: $i=12 \sin (\omega t+150^{\circ}) A$
 $u=300 \sin (\omega t+60^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

24

Дано: $i=6 \sin (\omega t-60^{\circ}) A$
 $u=240 \sin (\omega t-60^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

25

Дано: $i=4 \sin (\omega t-120^{\circ}) A$
 $u=80 \sin (\omega t-30^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

26

Дано: $i=3,5 \sin (\omega t+90^{\circ}) A$
 $u=160 \sin (\omega t+180^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

27

Дано: $i=20 \sin (\omega t-210^{\circ}) A$
 $u=150 \sin (\omega t-210^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

28

Дано: $i=25 \sin (\omega t-135^{\circ}) A$
 $u=80 \sin (\omega t-45^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

29

Дано: $i=2,5 \sin (\omega t+60^{\circ}) A$
 $u=32 \sin (\omega t-30^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

30

Дано: $i=0,5 \sin (\omega t+30^{\circ}) A$
 $u=45 \sin (\omega t-60^{\circ}) B$

Задание:

Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.

Задания для проведения текущего контроля обучающихся в форме практических занятий

Указания по выполнению практического занятия:

- 1 Повторить теоретический материал по теме занятия.
- 2 Ознакомиться с порядком выполнения работы, расчётными формулами.
- 3 Выполнить расчет индивидуального задания согласно варианту. При необходимости построить графики и диаграммы.
- 4 По полученным результатам сформулировать вывод по работе.
- 5 Оформить отчет о проделанной работе на отдельных листах формата А 4 и сдать преподавателю на проверку.

Практическое занятие №1, 2

ТЕМА: Расчет общей емкости при последовательном, при параллельном соединении конденсаторов. Расчет общей емкости при смешанном соединении конденсаторов.

ЦЕЛИ: Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков расчёта

Протяжённость занятий -2 часа.

1 Расчет общей емкости при последовательном, при параллельном соединении конденсаторов.

ЗАДАЧА 1.1 Два разнополярных заряда в стекле $Q_1=+3,5 \cdot 10^{-9}$ Кл и $Q_2=-3,5 \cdot 10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии $r=18$ см друг от друга. Заряд $Q_3=+2 \cdot 10^{-8}$ Кл расположен на расстоянии $r=24$ см от этих двух зарядов. Определить значение и направление напряженности поля E в точке, находящейся посередине между зарядами Q_1 и Q_2 .

ЗАДАЧА 1.2 К выводам плоского воздушного конденсатора приложено напряжение $U=800$ В. Определить напряженность электрического поля конденсатора при расстоянии между пластинами $d=5$ мм и силу, действующую в этом поле на единичный заряд $Q=1,5 \cdot 10^{-7}$ Кл. Определить емкость конденсатора, если площадь каждой пластины $S=24$ см². Как изменится его емкость, если конденсатор поместить в спирт?

ЗАДАЧА 1.3 Два плоских конденсатора емкостями $C_1=0,5$ мкФ и $C_2=1,5$ мкФ соединены последовательно и подключены к источнику питания. При этом на обкладках конденсаторов появился заряд $Q=4,5 \cdot 10^{-4}$ Кл. Оба конденсатора имеют одинаковые площади пластин и одинаковый диэлектрик. Определить общую (эквивалентную) емкость соединения, подведенное напряжение, падение напряжения на обоих конденсаторах и расстояние между пластинами первого конден-

сатора, если напряженность электрического поля второго конденсатора $E=2000$ В/см. Определить энергию электрического поля эквивалентного конденсатора.

ЗАДАЧА 1.4. (1.5) Определить, какими должны быть полярность и расстояние между двумя зарядами $Q_1=1,6 \cdot 10^{-6}$ Кл и $Q_2 = 8 \cdot 10^{-5}$ Кл, чтобы они отталкивались с силой $F= 3,2$ Н, будучи помещенными в воду, керосин.

ЗАДАЧА 1.5. (1.6) Два заряда $Q_1 = 5 \cdot 10^{-8}$ Кл и $Q_2 = 12 \cdot 10^{-8}$ Кл, находящиеся на расстоянии $r=20$ см друг от друга, разделены диэлектриком, в качестве которого использована парафинированная бумага. Определить силу взаимодействия этих зарядов. Как она изменится, если убрать диэлектрик?

ОТВЕТ:

ЗАДАЧА 1.6 (1/7) Определить силу взаимодействия двух зарядов $Q_1 = 3,5 \cdot 10^{-7}$ Кл и $Q_2 = 6 \cdot 10^{-7}$ Кл, находящихся на расстоянии $r=5$ см друг от друга и помещенных в воду. Как изменится сила взаимодействия, если воду заменить: 1) трансформаторным маслом; 2) спиртом; 3) керосином; 4) парафином?

ЗАДАЧА 1.7 (1.8) Два заряда Q_1 и Q_2 , находящиеся на расстоянии $r= 10$ см в воздухе, взаимодействуют с силой $F= 1,2$ Н. Определить заряд Q_2 , если известно, что $Q_1= 6 \cdot 10^{-7}$ Кл.

ЗАДАЧА 1.8 (1.37) Определить напряженность электрического поля между пластинами плоского конденсатора, находящимися на расстоянии $d= 3$ мм, если напряжение, приложенное к ним, $U=450$ В. Определить емкость этого конденсатора при условии, что заряд на его пластинах $Q = 3 \cdot 10^{-4}$ Кл.

ЗАДАЧА 1.9 (1.38). Определить толщину воздушного слоя конденсатора емкостью $C=0,001$ мкФ и площадь его пластин, если его номинальное напряжение $U_{ном}=2$ кВ должно быть в 2,5 раза меньше напряжения пробоя. Используя при тех же условиях в качестве диэлектрика стекло, определить его толщину и площадь пластин конденсатора.

ЗАДАЧА 1.10 (1.39) Плоский воздушный конденсатор емкостью $C= 1$ мкФ заряжен от источника постоянного тока напряжением 27 В. Определить заряд и напряженность электрического поля заряженного конденсатора при расстоянии между его пластинами $d=1,5$ мм. Определить также энергию электрического поля.

ЗАДАЧА 1.11 (1.40) Емкость конденсатора $C=1,5$ мкФ, заряд на его обкладках $Q=45 \cdot 10^{-5}$ Кл. Определить напряжение на зажимах конденсатора.

ЗАДАЧА 1.12 (1.41) Конденсатор заряжен от источника питания напряжением $U = 100$ В. Энергия электрического поля конденсатора $W=6 \cdot 10^{-3}$ Дж. Определить его емкость.

ЗАДАЧА 1.13 (1.42) К конденсатору емкостью $C=0,25$ мкФ подведено напряжение $U=400$ В. Определить энергию электрического поля конденсатора.

ЗАДАЧА 1.14 (1.43) Энергия W электрического поля конденсатора емкостью $C=0,015$ мкФ составляет $4,7 \cdot 10^{-4}$ Дж. Определить напряжение, приложенное к конденсатору.

ЗАДАЧА 1.15 (1.44) При напряжении $U=800$ В плоский конденсатор приобрел заряд $Q = 20 \cdot 10^{-6}$ Кл. Определить емкость конденсатора и энергию электрического поля.

ЗАДАЧА 1.16 (1.45) Определить электрический заряд плоского конденсатора и напряженность поля, если к конденсатору приложено напряжение $U=360$ В. Емкость конденсатора $C=4 \cdot 10^{-4}$ мкФ, в качестве диэлектрика использован плексиглас, площадь каждой обкладки конденсатора $S=250$ см². Как изменится напряженность поля, если удалить пластину из плексигласа?

ЗАДАЧА 1.17 (1.46) Определить емкость плоского конденсатора, имеющего обкладки площадью $S=240$ см² каждая. Диэлектрик — парафинированная бумага. Расстояние между пластинами $d=5$ мм

2 Расчет общей емкости при смешанном соединении конденсаторов.

ЗАДАЧА 1.18 (1.49) Определить эквивалентную (общую) емкость C двух последовательно включенных конденсаторов $C1 = C2 = 0,7$ мкФ.

ЗАДАЧА 1.19 (1.50) Общая емкость двух последовательно включенных конденсаторов $C=1,2$ мкФ. Емкость одного конденсатора $C1= 3$ мкФ. Определить емкость второго конденсатора.

ЗАДАЧА 1.20 (1.51) Конденсаторы емкостями $C1 = 10$ мкФ и $C2= 15$ мкФ соединены последовательно. Определить их эквивалентную емкость.

ЗАДАЧА 1.21 (1.52) Три конденсатора одинаковой емкости $C1= C2= C3=12$ мкФ соединены последовательно. Определить их эквивалентную емкость.

ЗАДАЧА 1.22 (1.53) Общая емкость трех последовательно соединенных конденсаторов $C=0,08$ мкФ. Определить емкость одного из конденсаторов, если емкости $C1 = 0,2$ мкФ, $C2 = 0,4$ мкФ. Определить их эквивалентную емкость при параллельном соединении конденсаторов.

ЗАДАЧА 1.23 (1.54) Четыре конденсатора емкостями $C1= 0,18$ мкФ, $C2=0,7$ мкФ, $C3=0,12$ мкФ и $C4= 0,5$ мкФ соединены параллельно. Определить их эквивалентную емкость.

ЗАДАЧА 1.24 (1.55) Два керамических конденсатора переменной емкости C_1 и C_2 , изменяющейся соответственно от 10 до 100 пФ и от 75 до 200 пФ, соединены: а) параллельно; б) последовательно. Определить минимальное и максимальное значения эквивалентной емкости каждого соединения.

ЗАДАЧА 1.25 (1.56) Три конденсатора емкостями $C_1=41$ пФ, $C_2=18$ пФ, $C_3=75$ пФ соединены параллельно, и к ним последовательно подключен конденсатор $C_4=15$ пФ. Определить общую емкость цепи и эквивалентную емкость конденсаторов, если конденсатор C_4 подсоединить параллельно.

ЗАДАЧА 1.26 (1.59). На рис. 1.1 представлена схема смешанного соединения конденсаторов. Определить эквивалентную емкость цепи и энергию электрического поля, если $C=12$ мкФ и напряжение на входе $U=50$ В.

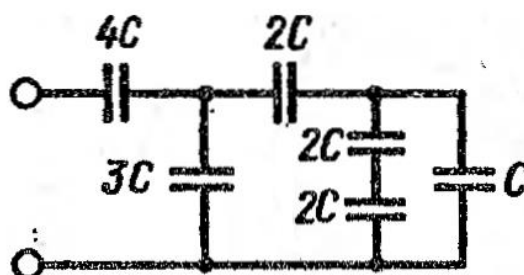


Рис.1.1

Контрольные вопросы

- 1 Поясните устройство и назначение конденсатора.
- 2 Укажите параметры, от которых зависит емкость плоского конденсатора.
- 3 Как изменяется емкость плоского конденсатора при увеличении (уменьшении) расстояния между пластинами?
- 4 Как изменяется емкость плоского конденсатора при увеличении (уменьшении) площади пластин?

Практическое занятие № 3

ТЕМА: Расчёт неразветвлённых электрических цепей

ЦЕЛИ: рассчитать параметры основных режимов работы электрической цепи.

Оборудование: методические указания, учебник [1], микрокалькулятор, линейка.

Время проведения занятия – 2 часов.

ЗАДАЧА 2.1. Для цепи, представленной на рис 2.1, используя данные для сопротивлений R приведённые в таблице 2.1, рассчитать токи и напряжения на всех резистивных элементах и составить баланс мощностей.

По результатам расчета проверить выполнение второго закона Кирхгофа, построить потенциальную диаграмму и письменно ответить на следующие теоретические вопросы:

- 1) сформулировать признак последовательного соединения;
- 2) записать формулировку второго закона Кирхгофа;
- 3) пояснить, в чем заключается баланс мощностей;
- 4) чем определяется угол наклона участка на потенциальной диаграмме;
- 5) дать определение делителя напряжения;
- 6) дать определение эквивалентного сопротивления $R_{\text{э}}$.

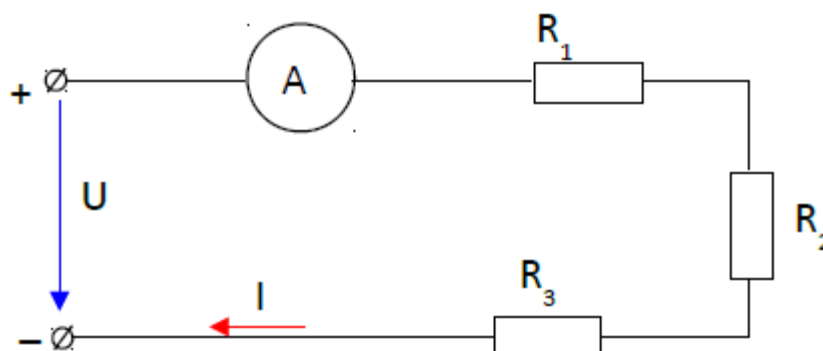


Таблица 2.1

Номер варианта	E, В	Сопротивление (Ом)								
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	12	2,4	-	0,4	0,8	4	6	2,4	1,8	-
2	15	4	4	1	1,8	12	-	2	6	0,6
3	40	3	20	6	8	4	6	12,6	15	5
4	60	80	30	60	40	5	-	15	5	-
5	60	10	30	60	-	16	-	30	5	-
6	50	20	40	40	-	40	-	10	20	20
7	80	40	60	16	-	20	-	24	10	-
8	30	3	7	40	-	5	80	10	-	-
9	20	18,4	-	8	2	5	15	10	5	-
10	10	1,25	0,5	10	10	10	20	30	-	-
11	30	24	-	4	8	40	60	24	18	-
12	50	40	40	10	18	120	-	40	60	6
13	45	8	12	8	-	40	60	24	5	-
14	90	20	80	1	3	20	80	24	40	10
15	50	10	6	20	80	12	-	12	4	-
16	16	8	2	10	-	15	-	4	20	80
17	100	20	80	4	-	20	-	10	5	-
18	100	5	5	30	-	40	60	6	-	-
19	100	24	-	20	80	10	30	20	5	-
20	50	2	10	20	80	60	20	20	-	-

Задача 2.1. Генератор постоянного тока бортовой сети самолета при токе 20 А имеет на зажимах напряжение 200 В, а при токе 60 А – 196 В. Определить внутреннее сопротивление и ЭДС источника электрической энергии. Построить внешнюю характеристику, используя данные табл. 2.1.

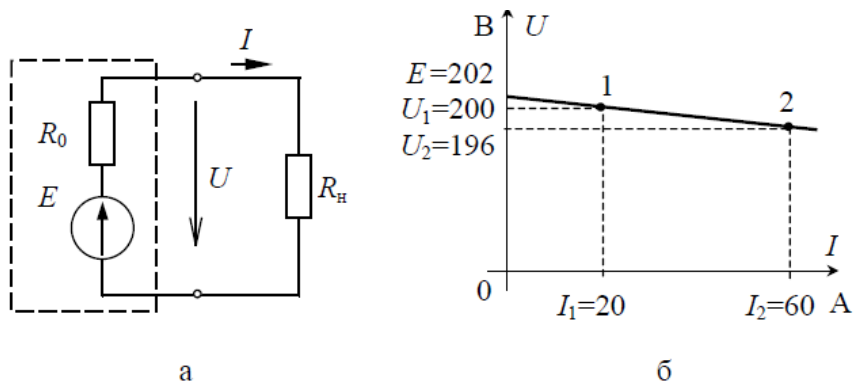


Рис. 2.1

Решить задачу 2.1 самостоятельно, используя данные табл. 2.1. Номер варианта выдается преподавателем.

Таблица 2.1 Варианты заданий к самостоятельной работе

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I_1, A	100	50	70	70	10	60	300	120
U_1, B	25	100	35	35	48	300	22	100
I_2, A	200	150	200	200	30	120	600	240
U_2, B	23	95	30	30	45	280	20	96

Практическое занятие № 4

ТЕМА: Расчёт разветвлённых электрических цепей

ЦЕЛИ: Закрепить материал и приобрести навыки расчёта разветвленной цепи переменного тока.

Оборудование: методические указания, учебник [1], микрокалькулятор, линейка.

Протяжённость занятия – 2 часов.

ЗАДАЧА 3.1 На рис. 3.1 представлена схема электрической - цепи, где $R1 = R2 = 15 \text{ Ом}$, $R3 = R6 = 20 \text{ Ом}$, $R4 = R5 = 17,5 \text{ Ом}$, $R7 = 12 \text{ Ом}$. Определить эквивалентное сопротивление цепи между зажимами AB , CD .

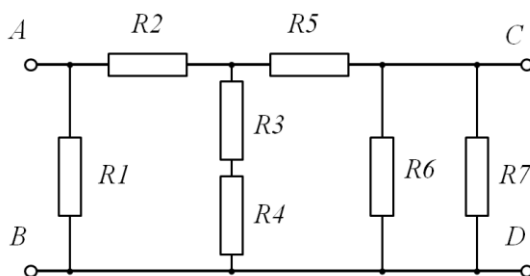


Рис 3.1

ЗАДАЧА 3.2 Определить в общем виде сопротивление электрической цепи, представленной на рис. 3.2. относительно зажимов AB , BC , CD .

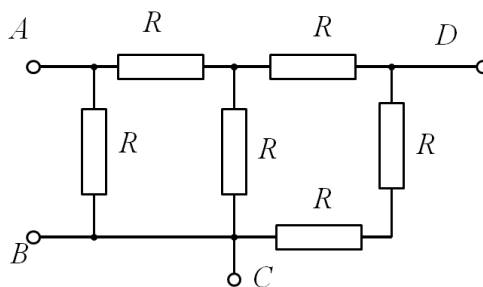


Рис. 3.2

ЗАДАЧА 3.3. В схеме рис. 3.3. значения сопротивлений резисторов одинаковы и равны R . Определить в общем виде значения сопротивлений между зажимами AB , AC , AD , CD , EF .

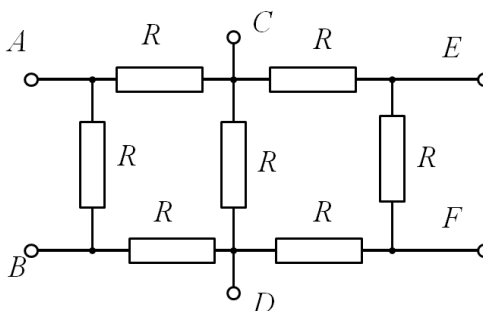


Рис. 3.3

ЗАДАЧА 3.4 ЭДС, приложенная к входу цепи (рис. 3.4), $E=250$ В. Сопротивления резисторов $R1 = R5 = 6,5$ кОм, $R2 = 24$ кОм, $R3 = 2,5$ кОм, $R4 = 1,5$ кОм, $R6 = 8,5$ кОм, $R7 = 2$ кОм. Определить разность потенциалов между точками a и b . Как изменится эта разность, если закоротить сопротивление $R7$?

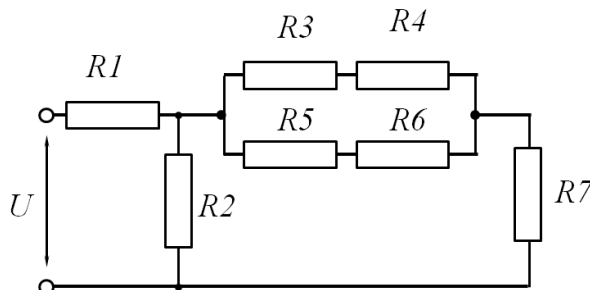


Рис. 3.4

ЗАДАЧА 3.5 Три источника постоянного тока, имеющие ЭДС $E=4,5$ В каждый с внутренним сопротивлением по $r=0,6$ Ом, включены параллельно и нагружены на резистор сопротивлением $R = 2,4$ Ом. Определить ток нагрузки и падение напряжения на зажимах батареи. Определить ток нагрузки и падение напряжения на источнике, если включен только один источник ЭДС.

ЗАДАЧА 3.6 Для электрической цепи, представленной на рис. 3.5, заданы значения параметров цепи в соответствии с табл. 3.1. Для каждого варианта определить параметры, указанные звездочкой, и составить баланс мощностей.

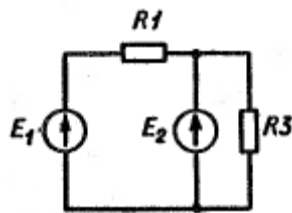


Рис.3.5

Таблица 3.1

Варианты	$E_1, В$	$E_2, В$	$r_1, Ом$	$r_2, Ом$	$R_1, Ом$	$R_3, Ом$	$I_1, А$	$I_2, А$	$I_3, А$	$P_1, Вт$	$P_3, Вт$
1	50	104	*	*	120	250	*	0,8	0,4		
2	12	8	4	0	*	*	0,04	0,12	*		
3	*	300	0	0	*	*	*	2,75	5	101	
4	4,5	*	0,5	0,5	*	1,5	0,2	*	0,8		
5	*	750	0	0	*	*	*	0,01	0,06	12,5	
6	18	10	1,0	*	*	*	2,0	1,0			10,5

ЗАДАНИЕ 3.7 На рис. 3.6 представлена электрическая цепь, где $E_1 = 130 В$, $E_2 = 85 В$ и сопротивления резисторов $R_1 = R_3 = 20 Ом$, $R_2 = 40 Ом$, $r_1 = r_2 = 0$. Определить токи в ветвях и составить баланс мощностей.

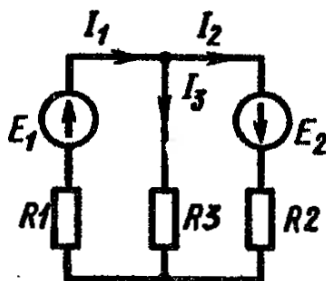


Рис. 3.6

ЗАДАЧА 3.8. Для схемы рис. 3.7 заданы значения сопротивлений $R_1 = 2 кОм$, $R_2 = R_4 = 5 кОм$, $R_3 = 20 кОм$, $R_5 = 4 кОм$. Определить токи в ветвях и составить баланс мощностей, если $E_1 = 300 В$, $E_2 = 500 В$ и $r_1 = r_2 = 0$.

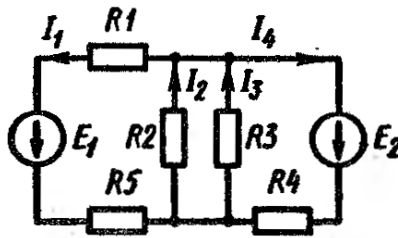


Рис. 3.7

ЗАДАЧА 3.9 В электрической схеме рис. 3.8 определить токи во всех ветвях и составить баланс мощностей, если $E_1 = 10 \text{ В}$, $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $E_2 = 2 \text{ В}$, $E_2 = 3 \text{ Ом}$, $E_3 = 6 \text{ В}$, $r_3 = 1,5 \text{ Ом}$, $R_1 = 5,5 \text{ Ом}$, $R_4 = R_5 = 5 \text{ Ом}$, $R_6 = 4,5 \text{ Ом}$. Указать режимы работы источников.

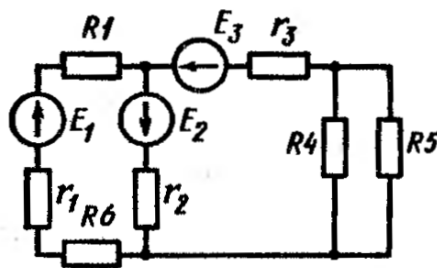


Рис. 3.8

ЗАДАЧА 3.10. Определить токи во всех ветвях сложной электрической цепи (рис. 3.9) при заданных значениях $E_1 = 1,5 \text{ В}$, $r_1 = 0,5 \text{ Ом}$, $E_2 = 4,5 \text{ В}$, $r_2 = 0,4 \text{ Ом}$, $E_3 = 3,5 \text{ В}$, $r_3 = 0,1 \text{ Ом}$, $R_4 = 10 \text{ Ом}$, $R_5 = 15 \text{ Ом}$, $R_6 = 2 \text{ Ом}$. Определить мощность, отдаваемую источниками.

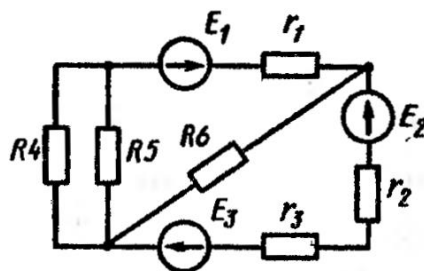


Рис. 3.9

Контрольные вопросы

1. Что такое электрический ток проводимости?
2. Что такое электрическая сила источника тока?
3. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и для полной цепи. Запишите формулу закона Ома.
4. В чём состоит цель расчёта электрических цепей и как она достигается?
5. Что такое ветвь, узел, контур электрической цепи?
6. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа и запишите формулы.

7. В чём состоят основные особенности режимов холостого хода и короткого замыкания?
8. Почему изменяется напряжение на зажимах источника при увеличении нагрузки?
9. Как определяются эквивалентные сопротивления при последовательном соединении нескольких сопротивлений?
10. Как определяются эквивалентные проводимости и сопротивления при параллельном соединении нескольких сопротивлений?
11. Приведите примеры проводниковых материалов?
Назовите методы расчёта сложных цепей, и объясните в чём их особенност

Практическое занятие № 5

ТЕМА: Расчёт цепей методом преобразования схем

ЦЕЛЬ: рассчитать линейные цепи постоянного тока методом двух законов Кирхгофа

Оборудование: методические указания, учебник [1], микрокалькулятор, линейка.

Продолжительность занятия – 2 часа

ЗАДАЧА 4.1. Определить входное сопротивление цепи R_{ab} , используя данные табл. 4.1. . Исходная схема рис. 4.1.

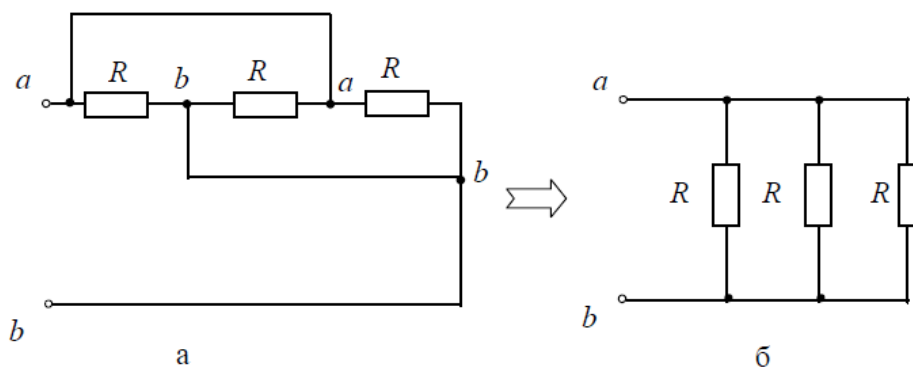


Рис. 4.1

Таблица 4.1

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
R_1 , Ом	10	5	100	20	4	50	15	120
R_2 , Ом	10	5	100	20	4	50	15	120
R_3 , Ом	2	3	30	70	5	40	1	25
R_4 , Ом	6	9	4	40		70	3	30
R_5 , Ом	5	8	80	10	4	20	6	50
R_6 , Ом	1	2	60	30	5	10	4	10
R_7 , Ом	6	9	40	40	6	70	3	30

ЗАДАЧА 4.3. В схеме измерительного моста (рис.4.3) заданы параметры электрической цепи E [В], R_i [Ом] (см. таблицу4.3) . Определить ток I .

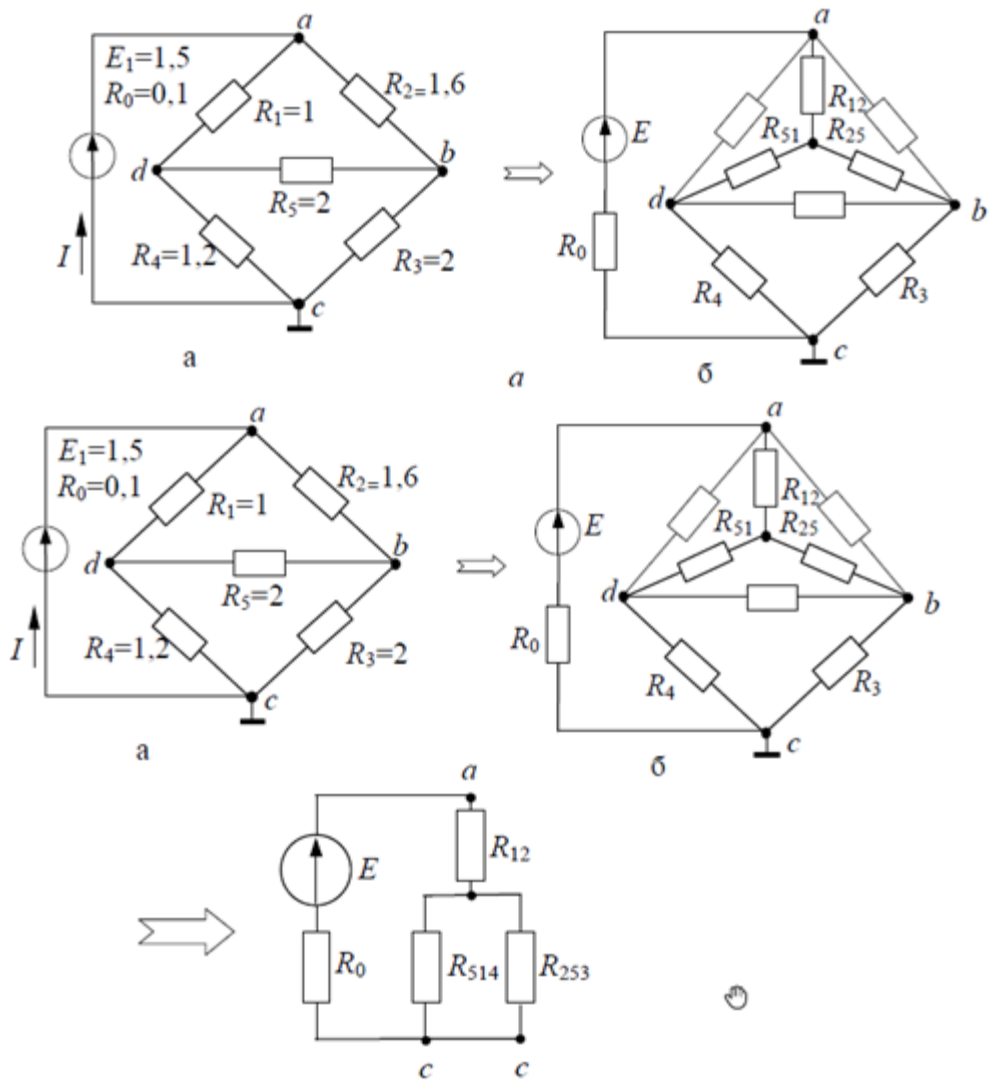


Рис.4.3

Таблица 4.3

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$E, \text{ В}$	10	50	20	100	30	5	80	60
$R_0, \text{ Ом}$	0,1	0,2	0,5	0,2	1	0,1	0,5	0,2
$R_1, \text{ Ом}$	10	30	60	20	15	6	20	90
$R_2, \text{ Ом}$	20	30	60	40	15	6	50	90
$R_3, \text{ Ом}$	10	20	50	30	10	2	20	50
$R_4, \text{ Ом}$	50	40	20	50	20	4	30	30
$R_5, \text{ Ом}$	40	30	60	20	15	6	10	90

ЗАДАЧА 1. Расчитать линейную цепь (рис.4.4) постоянного тока методом двух законов Кирхгофа и предварительным преобразованием треугольника резисторов в эквивалентную звезду.

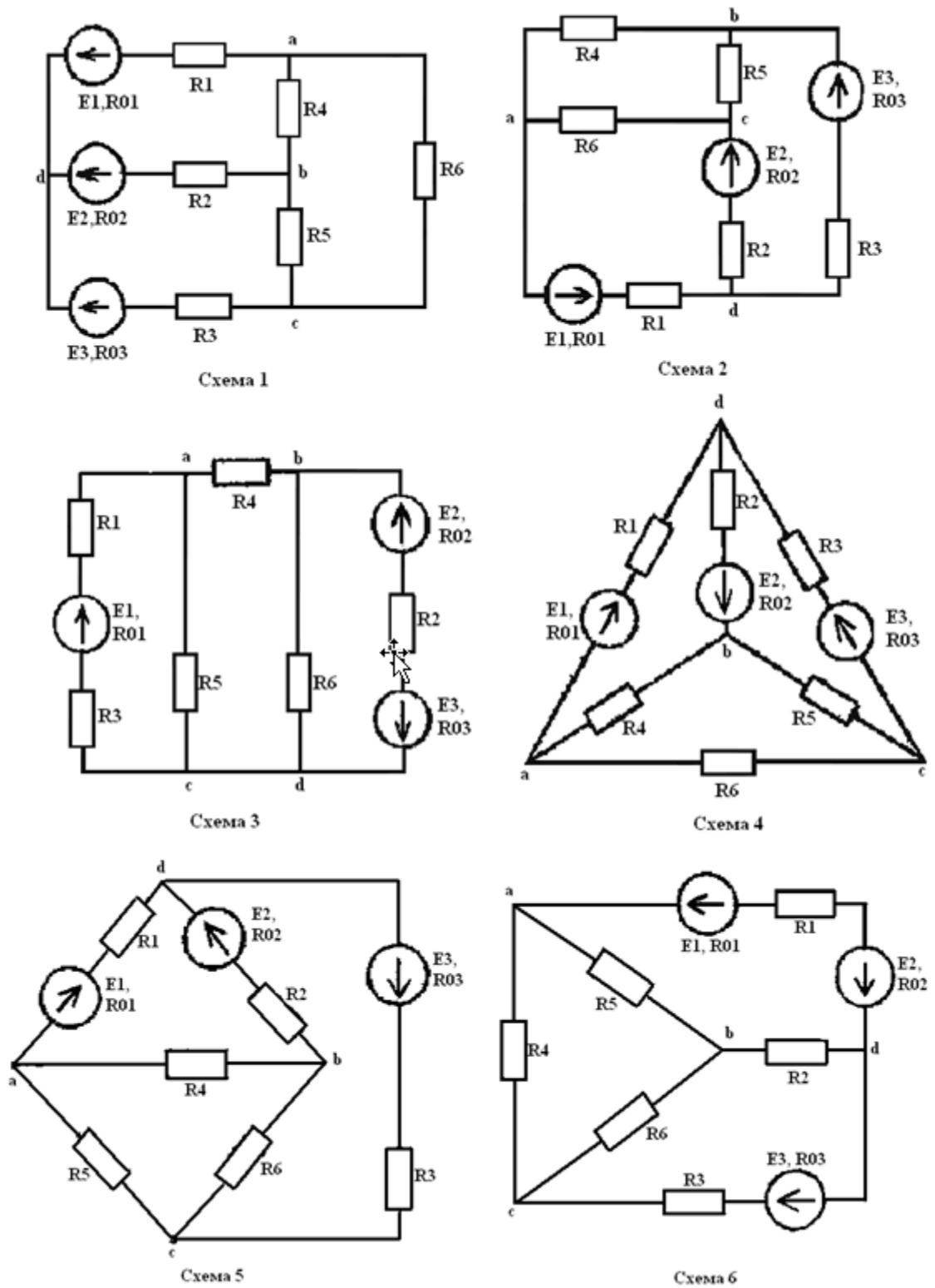


Рис.4.4

Требуется:

1. Преобразовать треугольник резисторов R_4 , R_5 , R_6 в эквивалентную звезду и затем методом двух законов Кирхгофа определить токи в ветвях преобразованной цепи
2. Определить напряжения U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} и токи I_4 , I_5 , I_6 исходной цепи
3. Составить уравнение баланса мощностей для исходной цепи с целью проверки

правильности расчета токов (расхождение баланса мощностей не должно превышать 3 %).

Данные к расчету определяются по таблице 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4.

Номер варианта	Параметры источника ЭДС					
	$E_1, В$	$R_{01}, Ом$	$E_2, В$	$R_{02}, Ом$	$E_3, В$	$R_{03}, Ом$
1	24	1	36	2	48	1
2	48	2	24	1	36	1
3	36	1	48	1	24	2
4	24	1	36	2	48	1
5	48	2	24	1	36	1
6	36	1	48	1	24	2
7	24	1	48	2	36	1
8	48	2	36	1	24	1
9	36	1	24	1	48	2
10	24	1	48	2	36	1
11	48	2	36	2	24	1
12	36	1	24	1	48	1
13	20	1	40	2	30	2
14	50	2	25	1	40	2
15	48	2	38	2	24	1

Таблица 4.5.

Номер варианта	Сопротивления резисторов, Ом					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	9	7	5	2	3	5
2	7	5	8	6	4	2
3	3	4	6	3	9	6
4	5	3	2	10	4	6
5	12	10	8	1	3	2

Практическое занятие №6

ТЕМА: Решение задач на закон электромагнитной индукции

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: рассчитать линейные цепи содержащих элементы сопротивления, емкости и индуктивности.

Протяжённость занятия – 2 часа

ЗАДАЧА 5.1. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,04$ Тл на подвесе помещен проводник длиной $l=70$ см перпендикулярно линиям поля (рис. 5.1). Определить электромагнитную силу при токах $I=0,5; 1,0; 1,5; 2,0$ и $2,5$ А. При каком значении тока произойдет разрыв нити, если сила натяжения для ее разрыва $F_H=0,08$ Н, сила тяжести проводника $P=0,018$ Н? Определить минимальный ток для разрыва нити подвеса.

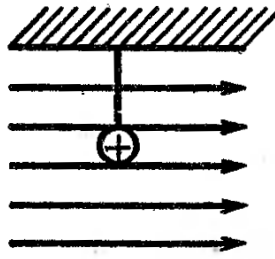


Рис. 5.1

ЗАДАЧА 5.2. Катушка, имеющая $w = 500$ витков, внесена в однородное магнитное поле, индукция которого возросла при этом от 0 до 0,8 Тл за время $t=0,1$ с. К катушке подключен резистор сопротивлением $R=20$ Ом. Определить ток и мощность, выделившуюся в резисторе, если сечение катушки $S=12$ см² и ее сопротивление $R_K=4$, Ом.

ЗАДАЧА 5.4. Через центр кольца с площадью поперечного сечения $S=1$ см², средним диаметром $d=3$ см и числом витков $w=100$ пропущен провод. Определить ЭДС, наведенную в нем, если магнитная проницаемость сердечника $\mu = 3000$, а ток I в обмотке кольца за $t=0,03$ с изменился на 12 А.

ЗАДАЧА 5.5. На стальное кольцо с магнитной проницаемостью $\mu=4000$ равномерно намотаны две обмотки с числом витков $w=800$ и 300. Сечение кольца круглое, площадью $S=0,8$ см², его наружный диаметр $D = 50$ мм. Определить энергию магнитного поля внутри кольца, если токи $I=2$ А и $I=4,5$ А проходят: а) в одном направлении; б) в противоположном.

ЗАДАЧА 5.6. Прямолинейный проводник с активной длиной $l=0,45$ м перемещается в однородном магнитном поле со скоростью $v=36$ м/с под углом 70° к линиям поля. ЭДС, наведенная в нем, $E=14,6$ В. Определить напряженность магнитного поля

ЗАДАЧА 5.7. По кольцевой катушке со стальным сердечником ($\mu=120$) проходит ток $I=4$ А. Определить индуктивность катушки, если она имеет 800 витков, сердечник с прямоугольным сечением со сторонами 2,5 и 1,8 см и напряженность поля на средней магнитной линии $H=12\,800$ А/м.

ЗАДАЧА 5.8. Магнитная индукция в центре цилиндрической катушки со стальным сердечником ($\mu = 500$) $B=1,45$ Тл. Длина катушки $l=180$ мм, площадь поперечного сечения сердечника $S=78,5$ м². Определить ток в катушке, напряженность в центре и ее индуктивность, если катушка имеет 540 витков.

ЗАДАЧА 5.9. Кольцевая катушка со стальным сердечником ($\mu=1000$) имеет индуктивность $L=0,5$ Гн. Энергия, запасенная в магнитном поле катушки, $W=5,6$ Дж. Определить число витков и ток в катушке, если, внешний диаметр тороида $D=40$ мм, сечение круглое диаметром 5 мм. Как изменится энергия, если число витков уменьшить в два раза, а ток увеличить в три раза?

ЗАДАЧА 5.10. Соленоид имеет 250 витков при длине $l=300$ мм и поперечном сечении $S=18$ см². На него надета катушка с десятью витками. Определить ЭДС, наведенную во второй катушке соленоида, если за время $t=0,02$ с ток в первой обмотке изменился на 8 А (по линейному закону).

Практическое занятие №7

ТЕМА: Решение задач по расчёту магнитных цепей

Цель: - сформулировать основные законы для магнитных цепей, повторить определения основных параметров магнитных цепей;

- произвести расчет магнитной цепи, размеры и материалы которой, а также расположение обмоток с токами известны.

Протяжённость занятия – 2 часа

ЗАДАЧА 6.1. В сердечнике, представленном на рис. 6.1, необходимо создать магнитный поток $\Phi = 2,2 \cdot 10^{-4}$ Вб при токе в обмотке $I=1,2$ А. Толщина пакета магнитопровода $b=2$ см. Определить необходимое число витков, если сердечник выполнен из листовой электротехнической стали (рис. 6.2).

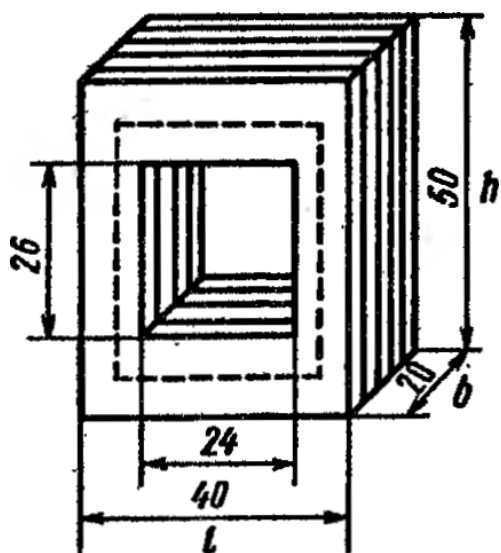


Рис. 6.1

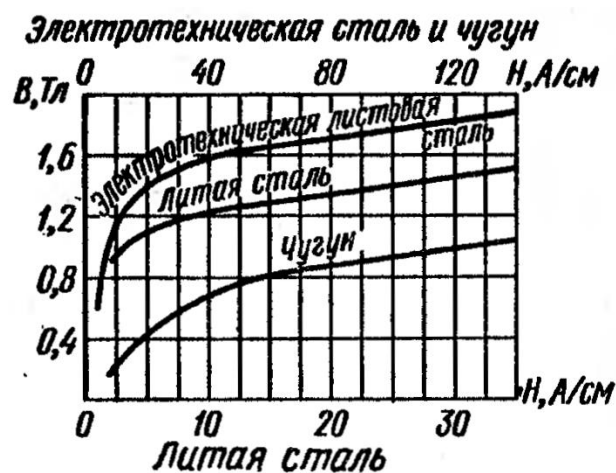


Рис. 6.2

ЗАДАЧА 6.2. На рис. 3.9 представлены геометрические размеры сердечника, имеющего зазоры $\delta=2$ мм каждый. Верхняя часть выполнена из листовой электротехнической стали, нижняя из литой стали (см. рис. 6.3). Определить, какой ток надо пропустить по обмотке с числом витков $\mu=1750$, нанесенной на магнитопровод, для создания магнитного потока $\Phi=2,5 \cdot 10^{-4}$ Вб.

ЗАДАЧА 6.3. На кольцо, выполненное из электротехнической стали с внешним диаметром $D=42$ мм, внутренним $d=30$ мм и толщиной $b=8$ мм (сечение прямоугольное), нанесено равномерно 200 витков. Определить магнитный поток в кольце при токе в обмотке $I=0,5$ А, а также его индуктивность.

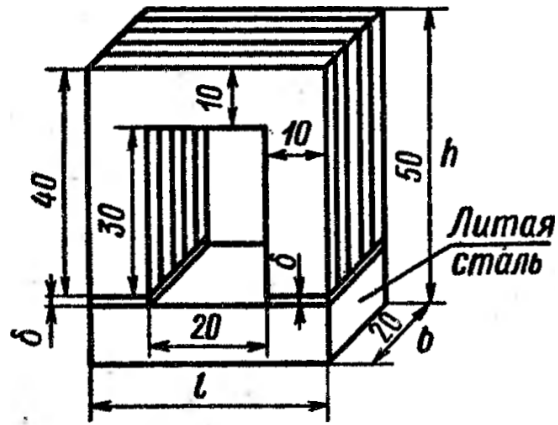


Рис. 6.3

ЗАДАЧА 6.4. Найти магнитные потоки в ветвях: Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 если известно, что: $W_1=400$; $W_2=500$; $W_3=1000$; Сталь: $\mathcal{E}11$; $l=24$ см; $S=8$ см²; $F_1=2000$ А; $F_2=1000$ А; $F_3=0$ А; $\delta_3=1$ мм; $\delta_1=\delta_2=0$ мм; $l_1=1,5l$; $l_2=l$; $l_3=2l$; $S_1=S_3=S$; $S_2=1,5S$.

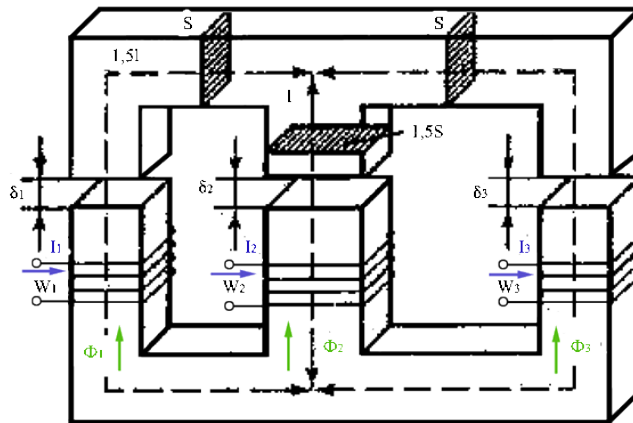


Рис. 6.4

ЗАДАЧА 6.2. Рассчитать разветвленную магнитную цепь (рис. 6.5).

Дано: $I_1 = 12$ А; $I_2 = 5$ А; $w_1 = 330$; $w_2 = 400$; $l_1 = 30$ см; $l_2 = 30$ см; $l_3 = 12$ см; $l_0 = 0,2$ см; $S = 15$ см².

Основная кривая намагничивания $B(H)$ листовой стали магнитопровода приведена в табл. 6.1.

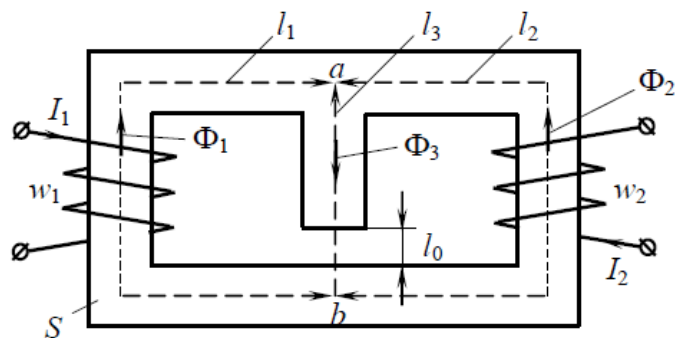


Рис. 6.5

Кривая намагничивания сердечник изготовленного из листовой стали

B , Тл	0	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8
H , А/м	0	150	230	300	500	900	1600	3200	8000	13000

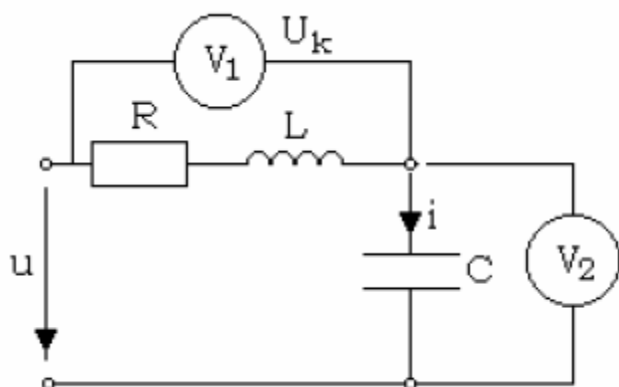
Практическое занятие №8**ТЕМА: Расчёт неразветвлённых цепей переменного тока**

Цель: - сформулировать основные законы для магнитных цепей, повторить определения основных параметров магнитных цепей;

- произвести расчет магнитной цепи, размеры и материалы которой, а также расположение обмоток с токами известны.

Протяжённость занятия – 2 часа

ЗАДАЧА 8.1. В сеть переменного тока напряжением $U = 220$ В и частотой $f = 50$ Гц последовательно включены катушка с активным сопротивлением $R = 20$ Ом и индуктивностью $L = 0,3$ Гн, рис.7.1



Определить:

- полное сопротивление Z и ток I ;
- сдвиг по фазе между напряжением сети и током цепи $\Psi_u - \Psi_i = \Phi$;
- напряжения на катушке и конденсаторе.

ЗАДАЧА 8.2 Для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.5, используя значения R, L, C , приведенные в таблице 8.1, необходимо:

Таблица 8.1

№ вар	E , В	Ψ , град	f , Гц	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	L_1 , мГн	L_2 , мГн	L_3 , мГн	C_1 , мкФ	C_2 , мкФ	C_3 , мкФ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	150	0	50	2	3	4	9,5	-	16,0	637	318	-
2	100	30	50	8	3	4	16,0	9,5	16,0	-	-	318
3	120	60	50	8	3	4	-	16,0	16,0	637	-	-
4	200	90	50	8	3	4	16,0	-	16,0	-	318	-
5	220	120	50	8	-	4	-	47,7	16,0	637	637	318

- 1) записать закон изменения ЭДС $e(t)$ с учётом начальной фазы ψ ;
- 2) рассчитать ток в цепи, падения напряжений на всех элементах;
- 3) составить баланс мощностей, определить активную, реактивную, полную мощности и коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
- 4) построить топографическую диаграмму напряжений

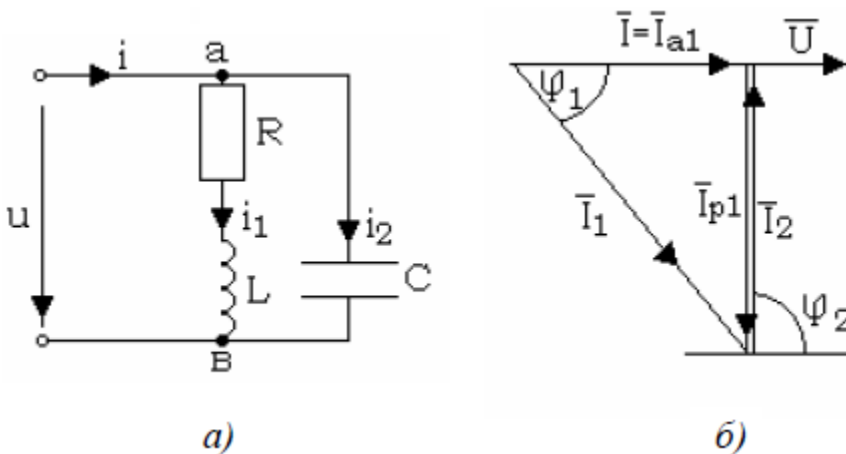
Практическое занятие №9

ТЕМА: Расчёт разветвлённых цепей переменного тока

Цель занятия: Закрепить материал и приобрести навыки расчёта разветвленной цепи переменного тока.

Протяжённость занятия – 2 часа

ЗАДАЧА 9.1. Электроприемник, обладающий активным сопротивлением $R = 4,0$ Ом и индуктивностью $L = 0,10$ Гн, получает питание от сети напряжением $U = 220$ В при частоте $f = 50$ Гц, рис. 8.1, а.



Для повышения коэффициента мощности параллельно с электроприемником включен конденсатор C . Определить емкость и ток конденсатора, чтобы наблюдался резонанс токов. Начертить векторную диаграмму и определить ток в неразветвленной части цепи.

ЗАДАЧА 9.2 В электрической цепи однофазного синусоидального тока, схема и параметры элементов которой заданы для каждого варианта в таблице, определить:

- 1) полное сопротивление электрической цепи и его характер;
- 2) действующие значения токов в ветвях;
- 3) показания вольтметра и ваттметра;
- 4) построить векторную диаграмму токов и диаграмму напряжений для всей цепи.

Дано: $E = 130$ В; $f = 50$ Гц; $R_1 = 9$ Ом; $L_1 = 15,9$ мГн; $C_2 = 318$ мкФ; $L_2 = 9,4$ мГн; $R_3 = 8$ Ом; $C_3 = 500$ мкФ;

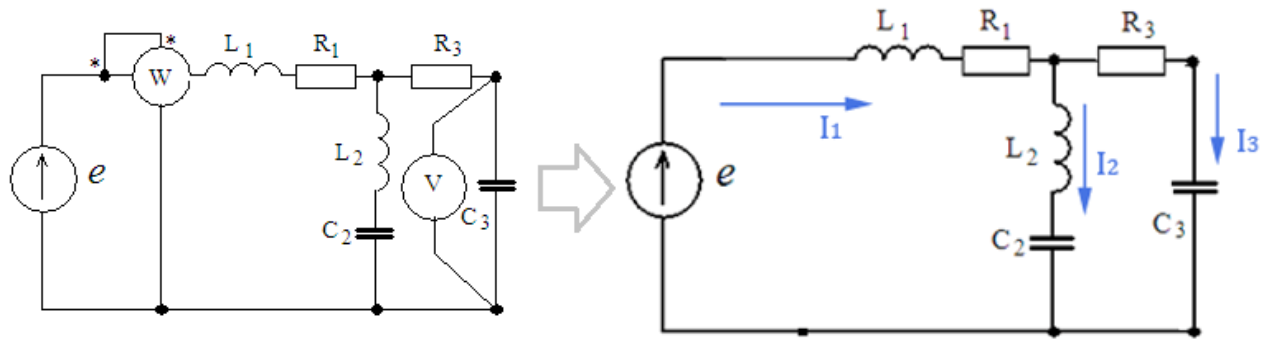


Рис. 8.1

Решения задач символическим (комплексным) методом

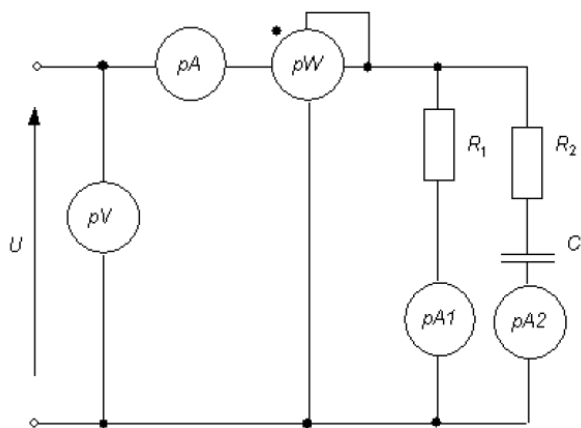


Рис. 8.2

ЗАДАЧА 9.2. В сеть переменного тока (рис.8. 2), действующее значение напряжения $U = 127$ В, включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с сопротивлениями $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $X_C = 4$ Ом.

Определите показания измерительных приборов, полную и реактивную мощности цепи, постройте векторную диаграмму токов и напряжения.

ЗАДАЧА 9.3. Для электрической цепи, схема которой изображена на рис. 8.3 определить токи во всех ветвях цепи.

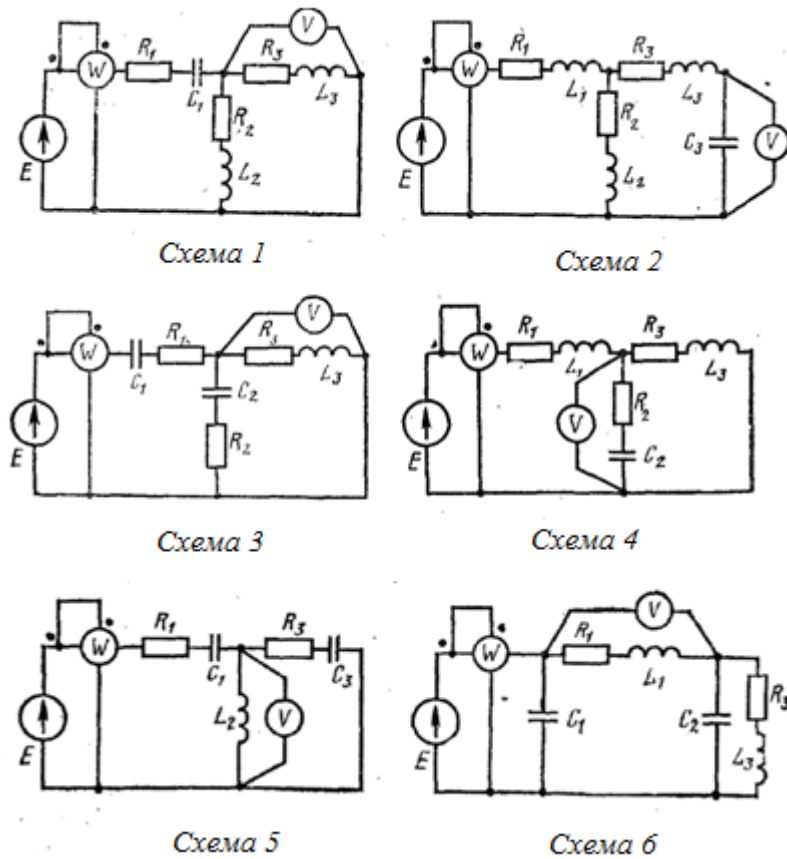


Рис. 9.3

Составить баланс активной и реактивной мощностей. Построить в масштабе на комплексной плоскости векторную диаграмму токов и потенциальную диаграмму напряжений по внешнему контуру. Определить показание вольтметра и активную мощность, измеряемую ваттметром.

Таблица 9.1

Номер		E, В	f, Гц	C1, мкФ	C2, мкФ	C3, мкФ	L1, мГн	L2, мГн	L3, мГн	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом
Варианта	Схемы											
1	1	150	50	637	300	-	-	-	15,9	2	3	4
2	2	100		-	-	100	15,9	9	15,9	8	3	4
3	3	120		637	-	-	-	15,9	15,9	8	3	4
4	4	200		-	300	-	15,9	-	15,9	8	3	4
5	5	220		100	-	100	-	47,7	-	8	-	4

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение переменному синусоидальному току?
2. Если амплитуда тока равна 4 А, чему равно действующее значение тока?
3. Запишите полное сопротивление цепи в комплексных алгебраической и показательной формах.

4. Начертите векторную диаграмму тока катушки, имеющего равные по величине активную и индуктивную составляющие.
5. Начертите векторную диаграмму тока в цепи, имеющего равные по величине активную и емкостную составляющие.
6. Какую функцию в цепи замещения выполняет емкостный элемент, а какую – индуктивный элемент?
7. Начертите векторную диаграмму для последовательно соединенных резисторов, конденсатора и катушки индуктивности.
9. Каков физический и экономический смысл коэффициента мощности?

Практическое занятие №10

ТЕМА: *Расчёт сопротивление провода (в омах), диаметра провода по заданной силе тока, длины провода*

Цель работы Научиться производить расчет сопротивления проводника по его параметрам; производить выбор сечений проводов по току

ЗАДАЧА 10.1. К входным зажимам двухпроводной линии приложено напряжение $U=300$ В. Сопротивление потребителя $R= 50$ Ом, и он находится на расстоянии $l = 280$ м от входных зажимов. Определить потерю напряжения в проводах и мощность нагрузки, если провода выполнены из меди сечением $S=6$ мм².

ЗАДАЧА 10.2. Напряжение на нагрузке, подключенной к двухпроводной линии из алюминиевых проводов, $U=100$ В. Потеря напряжения в линии $\Delta U=27$ В при токе нагрузки $I=10$ А. Определить сечение проводов, если потребитель находится от источника ЭДС на расстоянии $l=770$ м.

ЗАДАЧА 10.3. От источника с ЭДС $E=250$ В и внутренним сопротивлением $r=3,6$ Ом питается нагрузка через двухпроводную линию из медных проводов сечением $S= 10$ мм². Определить сопротивление нагрузки, потребляемую ею мощность, сопротивление проводов и КПД линии, если потребитель удален от источника на $l= 1800$ м и потеря напряжения в линии $\Delta U=30$ В.

ЗАДАЧА 10.10. Определить ток нагрузки и потерю напряжения в линии при отключении и закорачивании нагрузки, находящейся на конце двухпроводной линии из медных проводов сечением $S=12,5$ мм² и длиной $l=320$ м, если на входе линии подключен источник с ЭДС $E= 120$ В и внутренним сопротивлением $r=1,5$ Ом.

ЗАДАЧА 10.11. Для питания потребителя электроэнергии мощностью 20 кВт при напряжении 220 В используется двухжильный медный кабель длиной 100 м, проложенный открыто. Относительная допустимая потеря напряжения $\Delta U\% = 5\%$. Выбрать площадь сечения жилы кабеля.

Контрольные вопросы:

1. Как обозначается и в каких единицах измеряется электрическое сопротивление?
2. От каких величин зависит электрическое сопротивление?
3. По каким параметрам определяют сечение провода на практике,

Практическое занятие № 11

ТЕМА: Измерение электрических величин и параметров

Измерение активного сопротивления комбинированным прибором (тестером).

Измерения производятся следующим образом:

1. Переключатель рода работ устанавливается в режим измерения сопротивления.
2. Переключатель пределов измерения устанавливается на удобный для измерения диапазон.
3. Замыкаются накоротко соединительные провода и стрелка измерительного прибора устанавливается на "0" по шкале 4. Соединительные провода присоединяются к клеммам измеряемого резистора.
5. Производится отсчет значения сопротивления с учетом коэффициента перемножения в зависимости от диапазона измерения (* 1, * 10, * 100 для Ω , * 1, *-10, для $k\Omega$).
6. После окончания измерений переключатель пределов устанавливается в безразличное положение (между 600 В и 1500 мА), переключатель рода работы - в положение " ~ ".
7. Отсоединяются провода от клемм резистора.

Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра. Метод основан на том, что вольтметром измеряется падение напряжения U на концах измеряемого сопротивления R_x и амперметром сила тока I в нем.

Значение R_x определяется по закону Ома для участка цепи. Для измерения сопротивления собирается одна из двух схем (рис. 11.1).

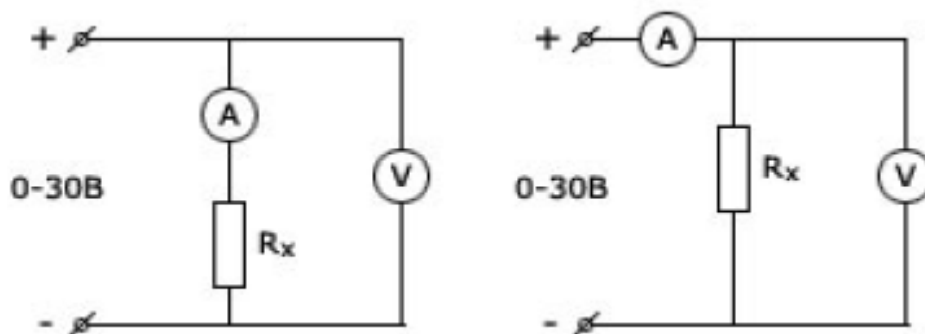


Рис.11.1. Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра

В схемах амперметр А измеряет ток, текущий через исследуемое сопротивление, так что показание амперметра, которое обозначим через I_x , дает ток в измеряемом сопротивлении R_x . Но вольтметр V измеряет падение напряжения на участке цепи куда уходит не только измеряемое сопротивление R_x , но и сопротивление амперметра R_A . Поэтому показание вольтметра U не равно U_x и выражение U/I_x не равно R_x , а суммарному сопротивлению $R_x + R_A$. Значение же R_x равно, очевидно,

$$R_x = \frac{U}{I_x} - R_A$$

$$R_x = \frac{U}{I_x}.$$

только в том случае, когда $R_x \gg R_A$, можно считать, что

В схеме (Б) вольтметр измеряет падение напряжения на концах измеряемого сопротивления R_x , так что $U_x = U$, но амперметр А измеряет не силу тока I_x в измеряемом сопротивлении, а сумму токов $I_x + I_V$, где I_x – сила тока в ветви, содержащей вольтметр. Таким образом, показание амперметра, которое обозначим I_A , равно $I_x + I_V$.

$$I_V = \frac{U}{R_V},$$

Отсюда $I_x = I_A - I_V$. Так как формула:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

Отсюда видно, что R_x только тогда равно частному от деления показаний вольтметра на показания амперметра, когда R_V достаточно велико по сравнению с R_x .

Сопротивление приборов R_V и R_A часто указывается на приборе. Иногда указывается не сопротивление, а максимальное значение тока I_{max} (на вольтметре) при отклонении стрелки на всю шкалу. Зная эти значения $U_{пред}$ и I_{max} можно найти и сопротивления R_A и R_V по формулам:

$$R_A = \frac{U_{пред}}{I_{пред}} ; R_V = \frac{U_{пред}}{I_{max}}$$

здесь $I_{пред}$ и $U_{пред}$ - предельные значения силы тока и напряжения, измеряемые приборами. У многопредельных приборов значения R_A и R_V различны для различных пределов, так как для всех пределов I_{max} и $U_{пред}$ не одинаковы.

Измерение сопротивления цифровым комбинированным прибором (цифровым вольтметром)

Цифровой комбинированный прибор измеряет те же величины, что и описанный выше тестер. Разница заключается только в способе представления результатов измерений. При использовании прибора в качестве омметра, через измеря-

емое сопротивление пропускается калиброванный ток и измеряется падение напряжения на ней. Далее величина падения напряжения соотносится с величиной тока и результат тем или иным способом преобразуется в цифровую форму и индицируется на цифровом индикаторе уже в омах.

Измерения производятся следующим образом:

1. Соединительные провода подключаются в соответствующие гнезда прибора (для измерения сопротивления) и к клеммам измеряемого сопротивления.

2. Переключатель рода работы устанавливается в положение “ X R ”. Переключатель диапазонов - на необходимый предел измерения.

3. Прибор включается в сеть и производится измерение. При работающем приборе соединительные провода переключаются на другое сопротивление и снова измеряется его значение. Если при измерениях начинает мигать индикация или срабатывает другая сигнализация, это значит, что на данном пределе происходит перегрузка прибора. Необходимо переключить на более грубый предел.

4. После измерений род работы прибора необходимо переключить, в положение “ ~ ” и выключить его.

Погрешность измерения вычисляется по формуле, приведенной в инструкции по эксплуатации.

Измерение сопротивления с помощью моста постоянного тока

Классическим методом измерения активного сопротивления является метод моста постоянного тока, простейшая схема которого приведена на рис. 2.2.

Он образован четырьмя последовательно соединенными сопротивлениями ${}_1R$, ${}_2R$, ${}_oR$, ${}_xR$. В одну из диагоналей моста AC включен источник тока E, в другую чувствительный гальванометр G. Ток, протекающий через гальванометр, зависит от соотношения сопротивлений ${}_xR$, ${}_oR$, ${}_1R$, ${}_2R$. Можно подобрать такие сопротивления ${}_oR$, ${}_1R$ и ${}_2R$, что ток через гальванометр будет равен нулю, т. е. мост будет сбалансирован. Если ток, проходящий через гальванометр, равен нулю, то разность потенциалов между точками B и D схемы равна нулю, т.е. потенциалы точек B и D равны.

Обозначим ток в цепи ABC через I_1 , а в цепи ADC - через I_2 . Так как точка A является общей для участков цепи AB и AD, а точка C -общая для участков BC и DC, то

$$U_{AB} = U_{AD} \quad \text{и} \quad U_{BC} = U_{DC}$$

или

$$I_1 R_x = I_2 R_1 \quad \text{и} \quad I_1 R_o = I_2 R_2$$

Если разделить почленно первое уравнение на второе, то

$$\frac{R_x}{R_o} = \frac{R_1}{R_2},$$

отсюда

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_o$$

То есть, величина неизвестного сопротивления R_x определяется сопротивлением R_0 и соотношением плеч моста $\frac{R_1}{R_2}$.

Конструктивно схема моста постоянного тока может быть оформлена в виде самостоятельного прибора (например, мост типа Р4060) или в составе универсального моста (типа Р577). К мосту подключается измеряемое сопротивление и он компенсируется подбором до $R_x = R_0$. Измерения мостом постоянного тока производятся по инструкции к прибору.

Практические задания

Перед началом работы необходимо познакомиться с оборудованием, разобраться с диапазонами измерения приборов, их классами точности, необходимыми формулами для вычисления погрешностей. Изучить инструкции приборов.

Задание 1.

1. Выбрать на стенде два резистора и записать их номера.
2. Измерить сопротивления резисторов с помощью тестера 5-8 раз каждое (см.2.1.).
3. Оценить погрешность измерения сопротивлений.
4. Измерить эти же резисторы методом вольтметра-амперметра по любой из схем рис.2.1 (см. 2.2). Необходимо снять 10-15 точек, меняя выходное напряжение источника питания. Оценить погрешности вычисленных значений сопротивлений резисторов.
5. Сравнить значения сопротивлений, измеренных разными способами и сделать выводы.
6. Соединить измеренные резисторы последовательно и измерить общее сопротивление с помощью комбинированного прибора (см. 2.11).
7. Сделать выводы о выполнении правила вычисления сопротивления последовательного соединения резисторов.

Задание 2.

1. Смотри задание I, пункты 1-5.
2. Соединить измеренные резисторы параллельно и измерить их общее сопротивление комбинированным прибором (см. 2.1).
3. Сделать выводы о выполнении правила вычисления общего сопротивления параллельно включенных резисторов.

Задание 3.

1. Выбрать два резистора на стенде и записать их номера.
2. Измерить сопротивления резисторов с помощью комбинированного прибора (см. 2.1) 5-8 раз, оценить погрешности измерений.
3. Измерить эти же резисторы мостом постоянного тока согласно инструкции также 5-8 раз (см. 2.4) и оценить погрешности измерений.
4. Те же резисторы измерить с помощью цифрового комбинированного прибора (см. 2.3) и оценить систематическую погрешность измерения.
5. Методом вольтметра-амперметра измерить оба сопротивления в 5-8 точках по току и напряжению (меняя выходное напряжение блока питания) (см. 2.2). Оценить погрешности измерения сопротивлений.
6. Сделать выводы.

Задание 4.

1. Выбрать три резистора на стенде и записать их номера.
2. Измерить их сопротивления тестером (см. 2.1) и вычислять систематическую погрешность измерений.
3. Включить эти резисторы последовательно и измерить общее сопротивление с помощью тестера, вычислить систематическую погрешность измерения.
4. Проверить, выполняется ли в пределах погрешности измерения правило последовательного соединения сопротивлений.
5. Соединить эти же резисторы параллельно и измерить общее сопротивление также тестером, вычислить систематическую погрешность измерения.
6. Проверить, выполняется ли в пределах погрешности измерения, правило параллельного соединения сопротивлений.
7. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и определите, что такое сопротивление проводника?
2. Какие методы применяются для измерения сопротивления?
3. В чем состоит принцип моста постоянного тока?
4. Как вычислить погрешность общего сопротивления при последовательном и параллельном соединении проводников?

Практическое занятие №12

ТЕМА: Измерение мегомметром сопротивления изоляции проводов

ЦЕЛЬ: Закрепление теоретический материал и приобрести навыки работы с мегомметром при измерении сопротивления изоляции проводов.

1. Программа работы :
 - 1.1. Освоить методику проверки состояния изоляции электрических машин переменного и постоянного тока.
 - 1.1.1. Провести внешний осмотр электродвигателей и записать их паспортные данные.
 - 1.1.2. Измерить сопротивление изоляции обмоток статора относительно корпуса и относительно друг друга и сравнить с допустимыми значениями. Определить коэффициент абсорбции.
 - 1.1.3. Измерить сопротивление обмоток якоря и обмоток возбуждения относительно корпуса и относительно друг друга и сравнить с допустимыми значениями. Определить коэффициент абсорбции.
 - 1.2. Освоить методику проверки состояния изоляции маслонаполненного силового трансформатора и воздушного трансформатора безопасности.
 - 1.2.1. Провести внешний осмотр маслонаполненного трансформатора и записать их паспортные данные.

1.2.2. Измерить сопротивление изоляции обмоток трансформаторов относительно корпуса и между собой и сравнить с допустимыми значениями. Определить коэффициент абсорбции.

1.3. Оформить отчёт по работе.

2. Содержание и методика выполнения работы.

Надёжность работы электродвигателей и силовых трансформаторов зависит от состояния изоляции. При эксплуатации изоляции периодически проверяется, производится сушка изоляции или ремонт с частичной или полной заменой изоляции. Увлажненность изоляции определяют обычно для решения вопроса о необходимости сушки гигроскопической изоляции электрических машин и трансформаторов.

2.1 Проверка состояния изоляции электрических машин переменного и постоянного тока.

2.1.1 Внешним осмотром, который является одной из эффективных форм профилактики и выявления неисправностей электрической машины, определяется следующее:

а) комплектность машины (наличие всех деталей, паспортного и клеммного щитков и необходимых обозначений на них);

б) целостность деталей и заполнение подшипников смазкой (последние легко вращаются, значит смазка имеется в подшипнике);

в) соединение выводов с клеммной коробкой (нет ли видимых разрывов);

г) наличие болта для заземления корпуса машины.

2.1.2 Сопротивление изоляции измеряется мегаомметром типа М4100/4 (на напряжение 1000 В для машин, имеющих $U_n \leq 1000$ В) или электронным мегаомметром типа 4102/1.

А. Перед началом измерения мегаомметр типа М4100/4 проверяется двумя студентами следующим образом. Один студент замыкает линия (Л) и земля (З) замыкает накоротко. Другой студент вращает ручку мегаомметра. При этом стрелка прибора должна установиться на нулевом делении шкалы, а после удалении закоротки и вращении ручки мегаомметра с частотой 120 об/мин стрелка должна установиться против деления шкалы - бесконечность. Если эти требования не соблюдаются, то мегаомметр неисправен и подлежит ремонту.

Б. Перед началом измерения электронный мегометр типа 4102/1 проверяется следующим образом. Устанавливается переключатель измеряемых напряжений в нужное положение (500, 1000, 2500 В). При разомкнутых зажимах “ r_x ”, нажав кнопку “Изм. I” установить с помощью ручки “Уст. ∞ ” указатель мегометра на отметку шкалы “ ∞ ” (бесконечность). Замкнуть зажимы “ r_x ” и , нажав кнопку “Изм. I”, установить ручкой “Уст. 0” указатель прибора на отметку “0”, а затем нажав обе кнопки “Изм. I” и “Изм. II”, проверить установку выключателя на отметку “0”.

При измерении сопротивления изоляции обмоток асинхронного электродвигателя собирают следующие схемы (рис.12.1);

Подключают объект к зажимам “ r_x ”. Для проведения измерений нажимается кнопка “Изм. I”, подав тем самым на объект высокое напряжение (на время измерения). Результаты измерения сопротивления изоляции, определения коэф-

коэффициента абсорбции занести в таблицу 12.1. Температура обмоток при измерении составляет от 10 до 30 °С.

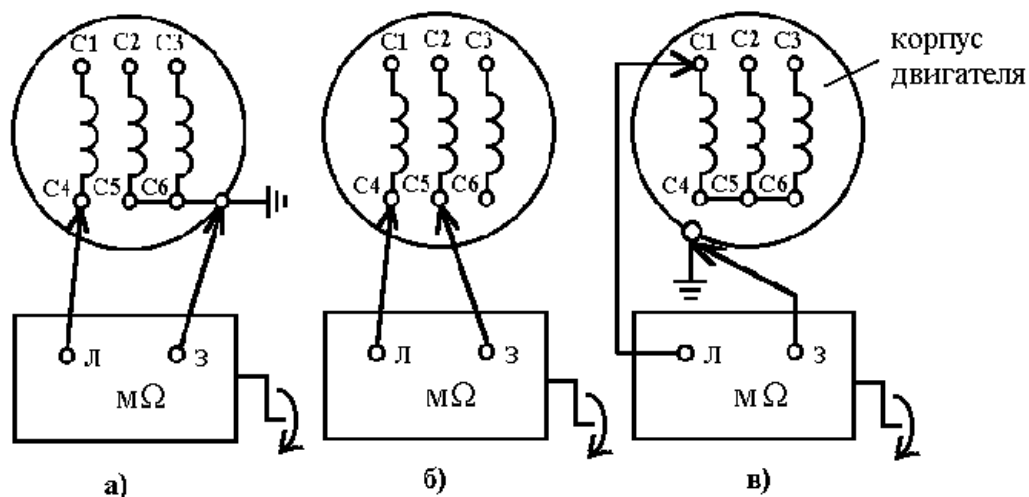


Рис. 12. 1. Схема измерения сопротивления изоляции обмоток асинхронного электродвигателя: а) нулевая точка доступна, изоляция фазы относительно корпуса и двух других заземленных фаз; б) нулевая точка доступна, изоляция между обмотками; в) нулевая точка недоступна, изоляция обмоток в сборе относительно корпуса.

Таблица 12.1

Измеряемая и определяемая величины	При шести выводах обмотки. Между обмоткой и корпусом.								Между обмотками								При 3-х выв. обмотк.	
	C1 - корпус		C2 - корпус		C3 - корпус		Ср. знач.		C1 - C2		C2 - C3		C1 - C3		Ср. знач.		Между обмотк. в сборе и корп.	
	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60
Сопр. изол. МОм																		
Кабс = $\frac{R''60}{R''15}$																		

Сопротивление изоляции статорных обмоток асинхронного электродвигателя должно быть не менее 0.5 МОм [1]. Коэффициент абсорбции сухой изоляции должен быть $K_{абс} \geq 1.3$, для влажной изоляции $K_{абс} \geq 1$ [2].

При измерении сопротивления изоляции обмоток электродвигателя постоянного тока собираются следующие схемы измерения (рис.12.2)

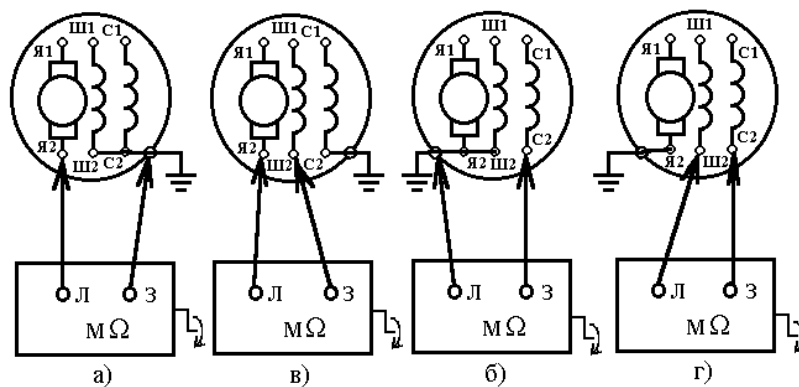


Рис. 12.2. Схема измерения сопротивления изоляции обмоток двигателя постоянного тока: а) между якорной обмоткой и корпусом ; б) между обмотками якорной и шунтовой ; в) между серийной обмоткой и корпусом ; г) между обмотками возбуждения .

Результаты измерения сопротивления изоляции и определения коэффициента абсорбции занести в таблицу 12.2. Температура обмотки при измерении составляет от 10 до 30 °С .

Таблица 2.2.
Сопротивление изоляции обмоток электродвигателя постоянного тока и коэффициент абсорбции .

Определяемая величина	Между обмоткой и корпусом						Между обмотками					
	Я1 - корпус		Ш1 - корпус		С1 - корпус		Я1- Ш1		Я2-Ш2		Ш1-С1	
	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60
Ризол. МОм												
$K_{абс} = \frac{R''60}{R''15}$												

Сопротивление изоляции обмоток электродвигателей постоянного тока должно быть не менее 0.5 МОм [1]. Коэффициент абсорбции сухой изоляции должен быть $K_{абс} \geq 1.3$, для влажной изоляции $K_{абс} = 1$ [2].

2.2 Проверка состояния изоляции силового трансформатора.

2.2.1 Внешним осмотром, который является одной из эффективных форм профилактики и выявления неисправностей силового трансформатора, определяется следующее:

а) комплектность трансформатора (наличие всех деталей, паспортного щитка, целостности изоляции вводов, необходимых обозначений на них);

б) отсутствие течи масла из под уплотнения крышки, фланцев вводов и через стенки бака.

2.2.2. Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора осуществляется мегаомметром типа МС-0.5 или электронным мега-омметром типа 4102/2 на напряжение 2500В. Измерение в 2-х обмоточных трансформаторах производится поочередно для обмоток высокого и низкого напряжения относи-

тельно корпуса, при отсоединенных и заземленных на корпус остальных обмотках, и между обмотками высокого и низкого напряжения.

При измерении собираются следующие схемы: измерения сопротивления изоляции обмоток силового 2-х обмоточного трансформатора:

- а) между первичной обмоткой и корпусом;
- б) между вторичной обмоткой и корпусом;
- в) между первичной и вторичной обмотками .

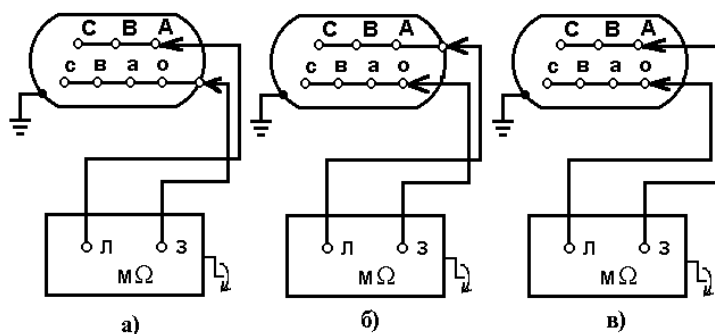


Рис. 12.3. Схема измерения сопротивления изоляции обмоток силового 2-х обмоточного трансформатора.

Результаты измерений сопротивления изоляции и определения коэффициента абсорбции при температуре изоляции 10-30 °С заносят в таблицу 12.3.

Таблица 12.3.

Сопротивление изоляции обмоток трансформатора и коэффициент абсорбции.

Измеряемая и определяемая величина	Между обмоткой и корпусом				Между обмотками	
	ВН-корпус		НН-корпус		ВН-НН	
	R''15	R''60	R''15	R''60	R''15	R''60
R изоляции, МОм						
Коэффициент абсорбции $K_{abc} = \frac{R''60}{R''15}$						

Сопротивление изоляции силового трансформатора не нормируется, но по инструкции СН 171-61 [3] сопротивление изоляции перед вводом в эксплуатацию для трансформатора с рабочим напряжением до 35 кВ должно быть не ниже :

- при 10 °С - 450 МОм
- 20 °С - 300 МОм
- 30 °С - 200 МОм
- 40 °С - 130 МОм
- 50 °С - 90 МОм

По этой же инструкции величина сопротивления изоляции перед включением трансформатора в эксплуатацию не должна быть ниже 70% значения, измеренного на заводе или во время предыдущих испытаний при одинаковой температуре. Коэффициент абсорбции также не нормируется. Обычно при температуре 10 ... 30 °С для не увлажненных трансформаторов с U до 35 кВ $K_{абс} \geq 1.3$, а с $U \geq 110$ кВ $1,5 \leq K_{абс} < 20 /4/$.

Для трансформаторов с увлажненной изоляцией коэффициент абсорбции $K_{абс}=1$.

3.Содержание отчёта.

Отчёт должен содержать цель работы, программу работы, таблицу исследований и их анализ, схему измерения увлажнения изоляции, общее заключение о состоянии изоляции двигателей и трансформаторов.

4.Контрольные вопросы.

1. Почему нельзя эксплуатировать электрооборудование с увлажнённой изоляцией? Раскрыть физическую сущность явлений, происходящих в изоляции под воздействием электрического поля.

2. Нарисовать схему замещения (упрощенную) неоднородной изоляции и пояснить входящие в неё элементы.

3. Как определяется коэффициент абсорбции? Раскрыть физическую сущность определения увлажнения изоляции по коэффициенту абсорбции.

4. Раскрыть физическую сущность определения увлажнения изоляции по методу «ёмкость-частота».

5. Раскрыть физическую сущность определения увлажнения изоляции по методу «ёмкость-время».

6. Нарисовать схемы подключения двигателей и трансформаторов для определения увлажнения их изоляции.

Практическое занятие №13

ТЕМА: *Расширение пределов измерения приборов.*

Цель занятия: Закрепить теоретический материал и приобрести навыки расширения пределов измерения приборов непосредственной оценки.

Протяжённость занятия – 2 часа

ЗАДАЧА 13.1 Милливольтметр на номинальное напряжение 100 мВ имеет сопротивление 5 Ом. Каково должно быть сопротивление шунта к этому прибору, чтобы его можно было применять в качестве амперметра для измерения токов до 50 А?

ЗАДАЧА 13.2. Определить сопротивление добавочного резистора, который нужно включить последовательно с милливольтметром (см. задачу 1.39), чтобы им можно было измерить напряжение 150 В.

ЗАДАЧА 13.3. Рассчитать значения сопротивлений шунтирующих резисторов R_1 , R_2 и R_3 многопредельного шунта для расширения пределов измерения магнитоэлектрического микроамперметра (см. схему на рис. 13.1) с током полного отклонения I_A и внутренним сопротивлением R_A .

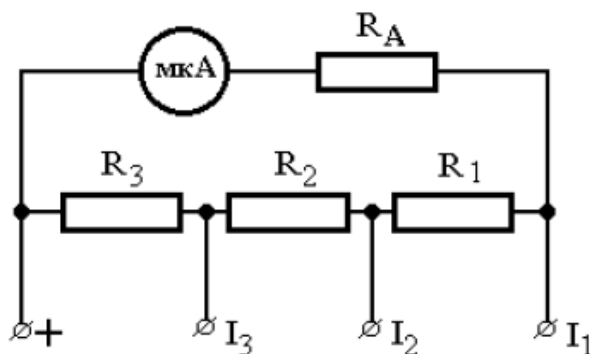


Рис. 13.1. Схема многопредельного амперметра

Новые пределы измерения токов: I_1 , I_2 и I_3 ($I_1 < I_2 < I_3$).

Исходные данные для расчёта приведены в табл. 13.1.

Сопротивление R_A принять равным 200_N Ом.

Определите цену деления C и чувствительность S прибора на каждом пределе измерения.

Таблица 13.1 Исходные данные для расчёта

Параметр	Номер варианта			
	1–5	6–10	11–15	16–20
I_A , мкА	1	10	25	50
I_1 , мкА	10	50	100	200
I_2 , мА	1	5	10	20
I_3 , А	0,5	1	2,5	5
Число делений шкалы	10	50	100	200

Ответы для 20 вариантов задачи приведены в табл. 13.2 и 13.3.

Таблица 13.2

N	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , мОм	N	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , мОм
1	22	0,22	0,4	6	297	2,99	15,0
2	44	0,44	0,9	7	347	3,48	17,5
3	66	0,67	1,3	8	396	3,98	20,0
4	88	0,89	1,8	9	446	4,48	22,5
5	110	1,11	2,2	10	495	4,98	25,0

Таблица 13.3

N	S ₁ , дел/мкА	S ₂ , дел/мА	S ₃ , дел/А	C ₁ , мкА/дел	C ₂ , мА/дел	C ₃ , А/дел
1–5	1	10	20	1	0,1	0,05
6–10	1	10	50	1	0,1	0,02

ЗАДАЧА 13.2. Определить сопротивления шунтирующего и добавочного резисторов, которые необходимо подключить к магнитоэлектрическому миллиамперметру с током полного отклонения I_0 , внутренним сопротивлением R_0 и числом делений шкалы α , чтобы измерять ток I и напряжение U .

Вычислите постоянные амперметра и вольтметра, а также их чувствительности. Данные для расчётов сведены в табл. 13.4.

Таблица 13.4

N	I ₀ , мА	R ₀ , кОм	I, А	U, В	α , дел
1	50	3	2	600	200
2		2,8	2	600	200
3		2,6	1	400	100
4		2,4	1	400	100
5		2,2	0,5	200	50
6	100	2,1	5	500	50
7		2,0	4	500	50
8		1,9	2	400	100
9		1,8	2	400	100
10		1,7	1	400	100

Ответы даны в табл. 1.5.

N	$R_{ш}$, Ом	$R_{д}$, кОм	C_A , А/дел	C_B , В/дел	S_A , дел/А	S_B , дел/В
1	76,9	9,0	0,01	3	100	1/3
2	71,8	9,2	0,01	3	100	1/3
3	137	5,4	0,01	4	100	0,25
4	126	5,6	0,01	4	100	0,25
5	244	1,8	0,01	4	100	0,25
6	42,9	2,9	0,10	10	10	0,10
7	51,3	3,0	0,08	10	12,5	0,10
8	100	2,1	0,02	4	50	0,25
9	94,7	2,2	0,02	4	50	0,25
10	189	2,3	0,01	4	100	0,25

ЗАДАЧА 13.3 Определите значения сопротивлений добавочных резисторов R_1, \dots, R_4 в цепи многопредельного магнитоэлектрического вольтметра (см. рис. 13.2), который предназначен для измерения напряжения в четырех диапазонах с верхними пределами $U_1=30$ В, $U_2=50$ В, $U_3=100$ В и $U_4=200$ В, если ток полного отклонения рамки измерительного механизма вольтметра равен $(10+N)$ мА., а сопротивление рамки $(400+10N)$ Ом. Чему равна мощность P_i , потребляемая вольтметром на указанных пределах?

Ответы приведены в табл. 13.6 и 13.7, где принято обозначение: U_B – падение напряжения на рамке вольтметра.

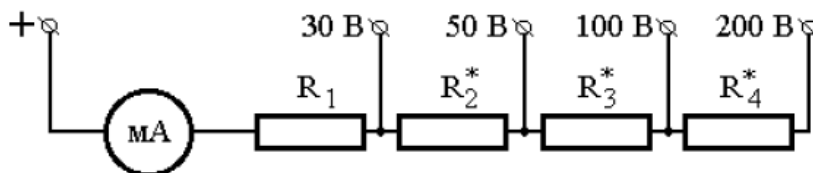


Рис. 13.2. Схема многопредельного вольтметра

N	U _B , В	R ₁	R ₂ = R ₁ + R ₂ *	R ₃ = R ₂ + R ₃ *	R ₄ = R ₃ + R ₄ *
		Ом			
1	2	3	4	5	6
1	4,51	2317	4135	8681	17772
2	5,04	2080	3747	7913	16247
3	5,59	1878	3416	7262	14955
4	6,16	1703	3131	6703	13846
5	6,75	1550	2883	6217	12883
6	7,36	1415	2665	5790	12040
7	7,99	1295	2471	5412	11295
8	8,64	1187	2298	5076	10631
9	9,31	1089	2142	4773	10036
10	10,00	1000	2000	4500	9500

Таблица 13.7

N	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	N	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	Вт					Вт			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.33	0.55	1.10	2.20	7	0.51	0.85	1.70	3.40
2	0.36	0.60	1.20	2.40	8	0.54	0.90	1.80	3.60
3	0.39	0.65	1.30	2.60	9	0.57	0.95	1.90	3.80
4	0.42	0.70	1.40	2.80	10	0.60	1.00	2.00	4.00
5	0.45	0.75	1.50	3.00					
6	0.48	0.80	1.60	3.20					

Практическое занятие № 14

ТЕМА: Упрощенный расчет маломощных трансформаторов

ЦЕЛИ: Ознакомить с методикой упрощенного расчёта маломощных трансформаторов и приобрести навыки в их расчёте

Протяженность занятия – 2 часа

Дано: Простейший трансформатор состоит из стального сердечника (магнитопровода) и двух расположенных на нем обмоток (рисунок 14.1 а).

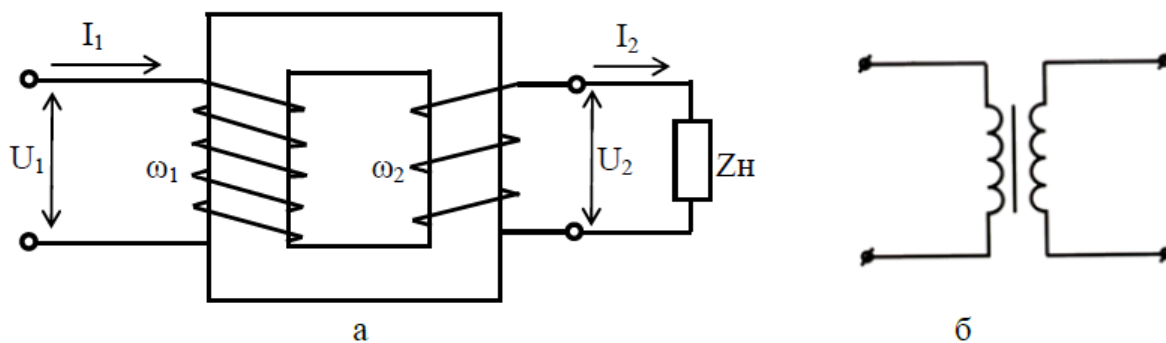


Рис. 14.1 – Принципиальная схема включения однофазного трансформатора с потребителем а), изображение трансформатора на схеме б)

Выполнить расчет неизвестных параметров, отмеченных в таблице 14.1 прочерками.

Таблица 14.1 – Исходные данные для расчета

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_H	-	1270	-	500	1500	4000	400	-	-	600
S_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U_{1H}	100	-	-	-	5800	-	-	300	180	100
U_{2H}	10	100	220	127	120	127	-	-	36	10
K	-	2,5	8,18	-	-	-	0,4	4,4	-	-
K_{HT}	-	-	-	-	-	-	0,83	0,68	-	-
$Q_2, \text{вар}$	225	-	250	-	590	-	-	120	-	-
$\cos \varphi_2$	-	0,8	0,6	0,87	-	1	-	0,73	1	0,93
I_{1H}	-	-	-	1,7	-	-	2,6	-	-	12,5
I_{2H}	25	-	3,5	-	-	-	-	-	3,5	-
I_1	-	-	-	-	-	9,6	-	-	-	-
I_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
η_H	-	0,95	0,94	-	-	-	0,92	-	-	0,96
η	-	-	-	-	-	0,97	-	-	-	-
P_2	375	700	-	260	850	2100	-	-	72	432
P_{CT}	2,32	9,8	-	18,2	42,15	-	21,2	14	4,1	11
P_{MH}	4,8	-	2,4	17	27,9	50	10,4	7,3	1,69	-

Контрольные вопросы

- 1 Объясните принцип работы однофазного трансформатора
- 2 Почему трансформатор работает только на переменном токе?
- 3 Как практически определить коэффициент трансформации?

Практическое занятие №15

ТЕМА: Выбор сечения провода (кабеля) по условиям нагрева.

ЦЕЛЬ: рассчитать сечение проводов по допустимой потере напряжения и проверить эти провода по нагреву.

Протяженность занятия - 2 часа

ЗАДАЧА 15.1. Для питания потребителя электроэнергии мощностью 20 кВт при напряжении 220 В используется двухжильный медный кабель длиной 100 м, проложенный открыто. Относительная допустимая потеря напряжения $\Delta U\% = 5\%$. Выбрать площадь сечения жилы кабеля.

Проверка сечение на нагрев:

по условиям нагрева рабочий ток потребителя $I_p = P/U = 91$ А должен быть меньше или равен длительно допустимому току ($I_p \leq I_{доп}$). По таблице длительно допустимых токовых нагрузок на кабели с медными жилами, проложенные открыто, допустимый ток равен 150 А ($91 \text{ А} \ll 150 \text{ А}$), значит, площадь сечения $S = 35 \text{ мм}^2$ удовлетворяет условию нагрева.

ЗАДАЧА 15.2 Линия постоянного тока выполнена медными изолированными проводами, проложенными в трубах. Рабочий ток линии $I_p = 85$ А. Напряжение источника $U = 230$ В. Длина линии $l = 50$ м. Допустимая потеря напряжения $\Delta U\% = 5\%$. Выбрать площадь сечения проводов по нагреву.

ЗАДАЧА 15.3 Рассчитать диаметр и длину нихромовой проволоки для нагревательного элемента электрической плитки мощностью 600 Вт. Удельное сопротивление нихрома в нагретом состоянии $\rho = 1,3 \text{ мкОм м}$, допускаемая плотность тока 8 А/мм^2 . Напряжение сети 220 В.

Порядок выполнения расчета

1 Выписать исходные данные согласно варианту (таблица 15.1) и вычертить схему цепи (рисунок 15.1). Для расчетов принять материал проводов *медь* (для вариантов 1-15), *алюминий* (для вариантов 16-30).

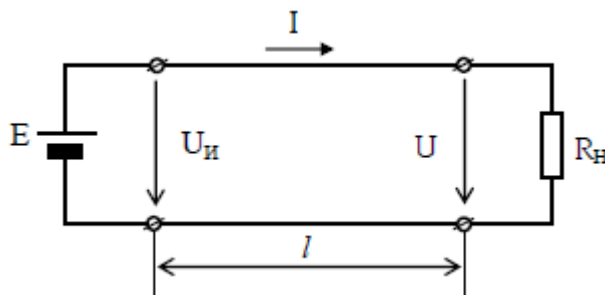


Рисунок 15.1 – Схема двухпроводной линии

Таблица 15.1 – Исходные данные для расчета

Вариант	$P, \text{кВт}$	$l, \text{м}$	$e, \%$	$U, \text{В}$	Вариант	$P, \text{кВт}$	$l, \text{м}$	$e, \%$	$U, \text{В}$
1	2,1	800	2	380	6	2,3	700	2,5	220
2	2,2	900	2,5		7	2,4	700	2	
3	3,5	1000	5		8	2,6	700	3	
4	2,5	700	2,5		9	2,5	800	2,5	
5	3	1300	4		10	3	800	4	

Рассчитать параметры цепи при подключении её к источнику с напряжением U . Ток в линии, питающей потребитель

$$I = \frac{P}{U}, \text{ А}$$

Сечение проводов, которое обеспечит потерю напряжения в заданных пределах

$$S = \frac{\rho \cdot 200 \cdot P \cdot \ell}{e \cdot U^2}, \text{ мм}^2$$

где ρ - удельное сопротивление при $t=20^\circ \text{C}$, принять $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ - для меди; $\rho = 0,0271 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ - для алюминия.

Выбрать по таблице стандартных сечений (таблица 15.2) ближайшее большее.

Таблица 15.2 – Параметры проводов в резиновой изоляции

Сечение провода, мм^2	Допустимая нагрузка для проводов, проложенных открыто, А	
	Медные	Алюминиевые
1	17	-
1,5	23	-
2,5	27	24
4	30	32
6	41	-
10	80	60
16	100	75
25	140	105
35	170	130
50	215	165
70	270	210
95	330	255
120	385	295

Сравнить рассчитанное значение тока с допустимым значением для выбранного сечения. Если рассчитанное значение меньше допустимого, то перегрева провода не произойдет.

Сопротивление двухпроводной линии электропередачи выбранного сечения

$$R_{\text{Л}} = \frac{\rho \cdot 2 \cdot \ell}{S}, \text{ Ом}$$

Фактическое падение напряжения в линии $\Delta U = I \cdot R_{\text{Л}}, \text{ В}$

Допустимое снижение напряжения

$$e = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%$$

Рассчитанное значение снижения напряжения сравнить с заданным допустимым. Потери мощности в линии электропередачи

$$\Delta P = I_2 R_{\text{л}}, \text{ Вт}$$

Мощность источника электрической энергии, которая обеспечит работу приемников

$$P_{\text{И}} = I \cdot U_{\text{И}}, \text{ Вт}$$

где $U_{\text{И}}$ - напряжение в начале линии, т.е. на зажимах источника,

$$U_{\text{И}} = U + \Delta U, \text{ В}$$

3 Сделать заключение о пригодности выбранного провода в соответствии с заданной потерей напряжения и проверкой этого провода по нагреву.

Содержание отчета

1 Тема и цель занятия.

2 Исходные данные для расчета.

3 Схема электрической цепи.

4 Расчет параметров цепи с проверками по нагреву и допустимой потере напряжения.

5 Вывод по результатам расчета.

Контрольные вопросы

1 Поясните чем опасен нагрев провода выше установленной нормы.

2 Поясните процедуру проверки провода по нагреву.

Практическое занятие №18

ТЕМА: Измерение сопротивления.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ. Ознакомление с некоторыми методами измерения активного сопротивления и приборами, служащими для этой цели; приобретение практических навыков измерения сопротивлений; проверка правил последовательного и параллельного соединения сопротивлений.

Оборудование: регулируемый блок питания с выходным напряжением 0 – 30 В; вольтметр; амперметр (миллиамперметр); комбинированный прибор (тестер); цифровой комбинированный прибор; мост постоянного тока; стенд с измеряемыми резисторами.

Необходимое оборудование выбирается в соответствии с выполняемым заданием.

Тематика рефератов, сообщений по дисциплине

Тема учебной дисциплины	Тема реферата, сообщения
1	2
1 Электрическое поле	Электронная теория строения вещества; Классификация электротехнических материалов и их использование в устройствах железнодорожного транспорта
2 Электрические цепи постоянного тока	Электрический ток; Сопротивление и проводимость; Элементы электрических цепей; Использование резисторов и реостатов в электрических цепях; Работа и мощность постоянного тока; Тепловое действие тока, его практическое применение; Защита проводов от перегрузки
3 Магнетизм и электромагнетизм	Вихревые токи, их опасность, практическое применение; Явление самоиндукции; Явление взаимной индукции
4. Электрические цепи переменного тока	
.5 Трехфазные цепи	Получение трехфазной системы ЭДС. Синхронный генератор; Соединение обмоток генератора «звездой»; Соединение обмоток генератора «треугольником»; Соединение потребителей «звездой»; Соединение потребителей «треугольником»; Роль нулевого провода
6. Электрические машины и аппараты	Устройство однофазного трансформатора; Типы трансформаторов Устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором; Методы регулирования частоты вращения трехфазного двигателя Устройство электрических машин постоянного тока; Генераторы постоянного тока; Двигатели постоянного тока; Основные характеристики машин постоянного тока
7. Электрические измерения и	Общие детали электроизмерительных прибо-

приборы.	ров; Погрешности измерений и приборов; Приборы магнитоэлектрической системы; Приборы электромагнитной системы; Приборы электродинамической системы; Приборы ферродинамической системы
8. Передача и распределение электрической энергии	
9. Основы электроники	Классификация полупроводниковых диодов и их применение; Технология изготовления и конструкция диодов; Классификация тиристоров и их применение; Классификация транзисторов и их применение; Схемы включения транзисторов; Ключевой режим работы транзистора Структура выпрямителя. Однофазный однополупериодный выпрямитель; Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой; Однофазный мостовой выпрямитель Активные и пассивные элементы микросхем: диоды, транзисторы, резисторы, конденсаторы; Классификация и назначение интегральных микросхем; Аналоговые и цифровые микросхемы

Раздел 1 Электротехника

Тема 1 Электростатика

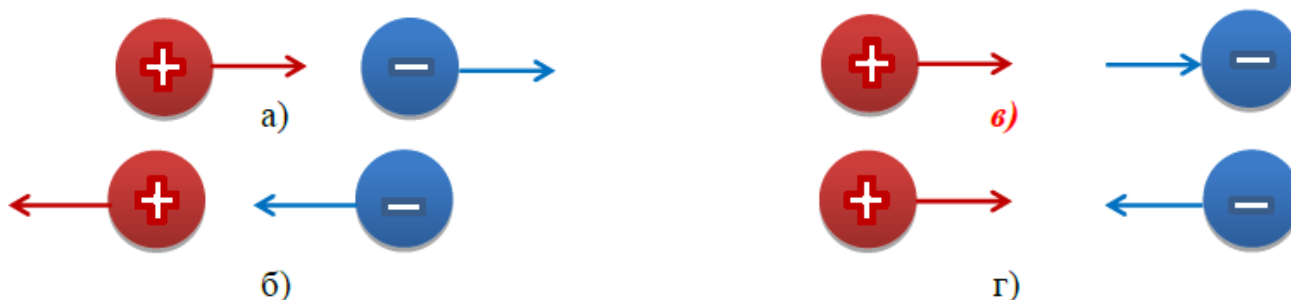
1 Единица измерения потенциала

- а) А б) Ом в) Вт г) **В**

2 Разность потенциалов двух точек электрической цепи

- а) энергия в) заряд
б) **напряжение** г) напряженность

3 Указать правильное направление силовых линий электрического поля



4 Указать материал, который не является проводником

- а) бронза в) трансформаторная сталь
б) константан г) **дистиллированная вода**

5 Формула закона Кулона

а) $P=U \cdot I$ б) $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$ в) $I = \frac{E}{R+r_0}$ г) $R = \frac{U}{I}$

6 К диэлектрикам относится материал...

- а) алюминий в) **керамика**
б) вольфрам г) германий

7 Соединить линией величину и единицу измерения

- а) В → д) заряд
б) Кл → е) потенциал
в) В/м → ж) напряжение
г) Ф → з) напряженность

8 Силовой характеристикой электрического поля является....

- а) потенциал в) заряд
б) напряжение г) **напряженность**

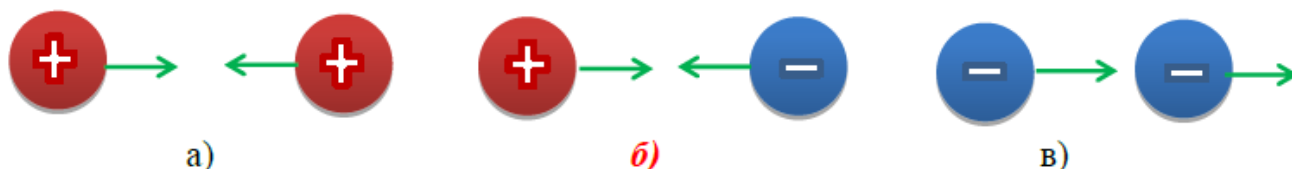
9 Прибор для измерения напряжения

- а) амперметр в) **вольтметр**
б) ваттметр г) потенциометр

10 Электропроводность материалов обусловлена.....

- а) **наличием свободных электронов** в) плотностью веществ
б) валентностью г) магнитными свойствами материалов

11 Указать правильное направление сил взаимодействия зарядов



12 Перевести 50 мВ в вольты

- а) 50 000 В б) 0,5 В в) 500 В г) **0,05 В**

13 Процесс образования ионов называется.....

- а) **ионизацией** в) поляризацией
б) электризацией г) диссоциацией

14 Прибор для измерения напряжения включается в цепь.....

- а) произвольно в) последовательно
б) **параллельно**

15 Сила взаимодействия заряженных тел определяется законом

- а) Ампера в) **Кулона**
б) Ленца г) Ньютона

16 Как изменится емкость конденсатора при увеличении напряжения на его зажимах?

- А) не изменится б) увеличится в) **уменьшится**

17 Условное обозначение конденсатора на схеме



18 Единица измерения емкости

- а) Кулон б) **Фарад** в) Джоуль г) Вольт

19 Последовательное соединение конденсаторов используют для.....

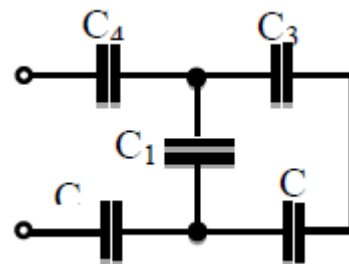
- а) увеличения емкости батареи в) получения одинакового напряжения на конденсаторах
б) **снижения емкости батареи** г) увеличения заряда батареи

20 Устройство из двух и более проводников, разделенных слоем диэлектрика, называется...

- а) поляризатором
- б) катушкой
- в) **конденсатором**
- г) изолятором

21 Указать способ соединения конденсаторов C_2 и C_3

- а) **последовательно**
- б) параллельно
- в) не соединены
- г) не хватает данных



22 Чтобы увеличить емкость батареи конденсаторов их необходимо соединить....

- а) последовательно
- б) **параллельно**
- в) произвольно
- г) смешанно

23 Указать материал, который не используется в качестве диэлектрика в конденсаторе

- а) слюда
- б) воздух
- в) керамика
- г) **асбест**

24 Определить эквивалентную емкость батареи из трех параллельно соединенных конденсаторов, если $C_1=C_2=C_3=15$ мкФ.

- а) **45 мкФ**
- б) 5 мкФ
- в) 3375 мкФ
- г) 3 мкФ

25 Емкость плоского конденсатора не зависит от...

- а) площади пластин
- б) **массы пластин**
- в) толщины диэлектрика
- г) материала диэлектрика

26 Электрической емкостью называют

- а) способность создавать напряжение на проводнике
- б) геометрические размеры электрического устройства
- в) величину заряда между двумя проводниками
- г) **способность проводника накапливать заряд**

Тема 2 Электрические цепи постоянного тока

27 Как изменится сопротивление провода с увеличением длины в два раза?

- а) не изменится
- б) **увеличится в 2 раза**
- в) уменьшится в 2 раза
- г) увеличится в 4 раза

28 Полупроводниковые материалы имеют удельное сопротивление...

- а) меньше, чем проводники
- б) **больше, чем проводники**
- в) меньше, чем медь
- г) больше, чем диэлектрики

29 Формула закона Ома для участка цепи имеет вид...

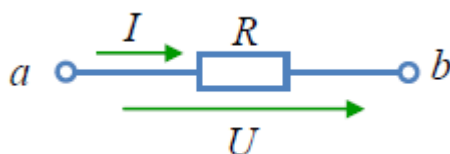
а) $I = \frac{E}{R}$ в) $U = I \cdot R$

б) $I = \frac{U}{R}$ г) $I = \frac{U \pm E}{R}$

30 Единицей измерения силы тока в электрической цепи является...

- а) ватт в) вольт
б) **ампер** г) ом

31 Если приложенное напряжение $U=60$ В, а сила тока в цепи составляет 4 А, то сопротивление на данном участке имеет величину...



- а) **15 Ом** б) 64 Ом в) 56 Ом г) 0,5 Ом

32 Определить проводимость если сопротивление равно 0,5 Ом

- а) 0,5 См в) 20 См
б) 4 См г) **2 См**

33 Режим работы электрической цепи, в котором измеряется ЭДС источника, называется....

- а) рабочим режимом в) **холостым ходом**
б) коротким замыканием г) номинальным режимом

34 За положительное направление тока в цепи принято направление.....

- а) **от плюса источника к минусу** в) от минуса источника к плюсу
б) движения электронов г) от начала провода к концу

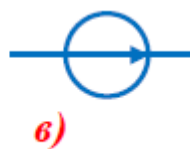
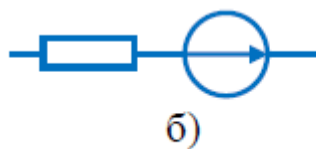
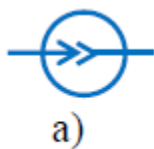
35 При измерении сопротивления цепи стрелка омметра показала ноль. Что произошло с цепью?

- а) произошел обрыв провода в) неисправен омметр
б) **в цепи короткое замыкание** г) плохой контакт

36 Какое устройство используют для изменения величины тока в цепи?

- а) гальванометр в) амперметр
б) **реостат** г) вольтметр

37 Указать, какая из приведенных схем относится к источнику ЭДС...



38 Величина тока смертельная для человека

- а) 5 мА в) 0,5 мА
 б) 1 мА г) **0,1 А**

39 Перевести 250 миллиампер в амперы

- а) **0,25 А** в) 250 000 А
 б) 2,5 А г) 2500 А

40 Направленное движение заряженных частиц называют....

- а) электрическим зарядом в) электродвижущей силой
 б) **электрическим током** г) магнитодвижущей силой

41 Почему коэффициент полезного действия всегда меньше 100 %?

- а) всегда имеются потери тока
 б) мешают возникающие электромагнитные волны
 в) **всегда имеются потери энергии**
 г) мешают электрические поля

42 Указать формулу, по которой нельзя определить величину мощности

- а) $P = \frac{W}{t}$ в) **$P = I \cdot R$**
 б) $P = I^2 \cdot R$ г) $P = U \cdot I$

43 Равенство между мощностью источника и потребителя с учетом потерь называется...

- а) коэффициентом полезного действия в) потерей мощности
 б) **балансом мощностей** г) балансом потерь

44 Соединить линией величину и единицу измерения

- | | | |
|----------|---|--------------------------|
| а) В | ← | д) ток |
| б) кВт·ч | ← | е) напряжение |
| в) Вт | ← | ж) мощность |
| г) А | ← | з) электрическая энергия |

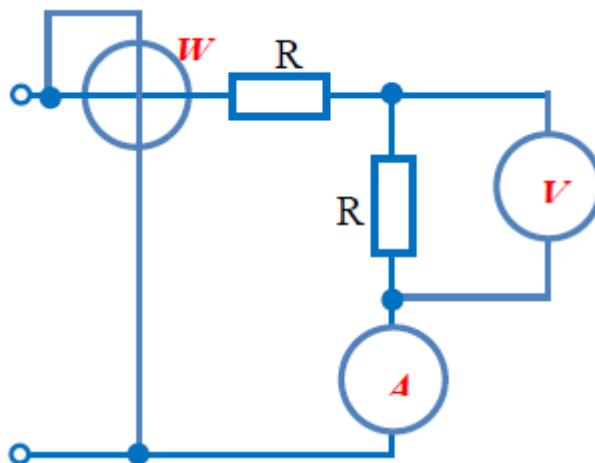
45 Выбрать три величины, произведение которых даст формулу электрической энергии

- а) t б) I в) U г) R

46 Энергия, получаемая потребителем в течение 1 секунды, называется.....

- а) зарядом б) работой в) емкостью г) **мощностью**

47 На схеме обозначить приборы для измерения тока, напряжения, мощности



48 Участок электрической цепи, по которому протекает один и тот же ток называется...

- а) **ветвью** б) контуром в) узлом г) независимым контуром

49 Если сопротивление $R=4$ Ом, то эквивалентное сопротивление цепи равно...

- а) **10 Ом** б) 12 Ом в) 8 Ом г) 16 Ом

50 Соединение резисторов R_1, R_2, R_3 называется.....

- а) последовательным в) смешанным
б) треугольником г) **параллельным**

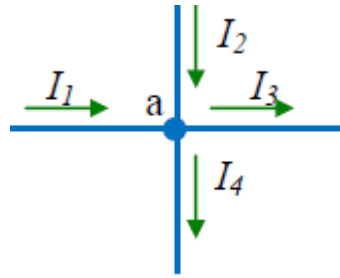
51 Математические выражения первого и второго законов Кирхгофа имеют вид...

- а) $\sum U = 0$ и $\sum I = \sum R$ в) $\sum I = 0$ и $\sum E = \sum IR$
б) $\sum R = 0$ и $\sum E = 0$ г) $\sum I = 0$ и $\sum E = 0$

52 Для увеличения сопротивления цепи потребители необходимо соединить.....

- а) **последовательно** в) смешанно
б) треугольником г) параллельно

53 Для узла «а» справедливо уравнение ...



а) $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$

б) $I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$

в) $I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$

г) $-I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$

54 Указать недостаток последовательного соединения потребителей

- а) при коротком замыкании одного потребителя увеличится сопротивление цепи
- б) **при перегорании одного потребителя вся цепь не будет работать**
- в) при отключении одного потребителя ток цепи стремится к бесконечности
- г) увеличение числа потребителей приведет к снижению сопротивления цепи

55 Пять резисторов с сопротивлениями $R_1=100$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=20$ Ом, $R_4=500$ Ом, $R_5=30$ Ом соединены параллельно. Наибольший ток будет проходить...

а) **в R_2**

б) в R_4

в) во всех один и тот же

г) в R_1 и R_5

Тема 3. Магнетизм и электромагнетизм

56 Указать единицы измерения величин

- а) магнитный поток _____ **Вб**
- б) магнитная индукция _____ **Тл**
- в) магнитное напряжение _____ **А**
- г) напряженность магнитного поля _____ **А/м**

57 Магнитное поле имеет направление.....

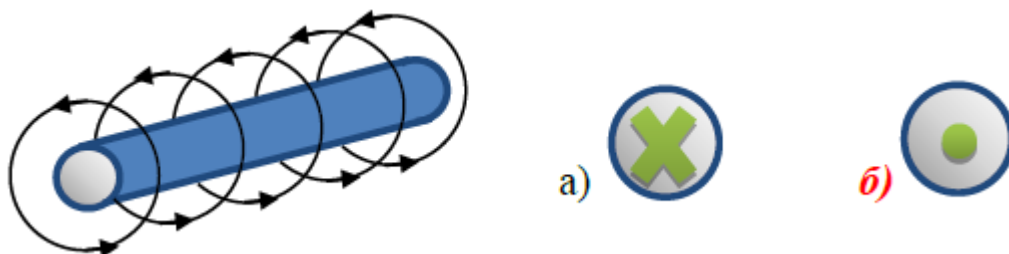
а) от плюса к минусу

б) от юга к северу

в) **от севера к югу**

г) от минуса к плюсу

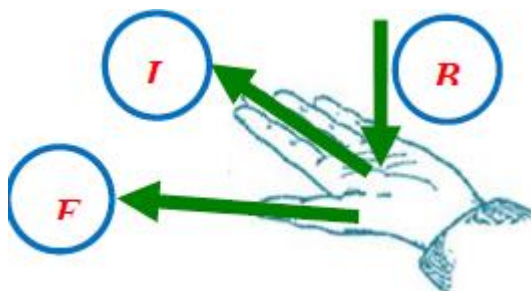
58 Определить направление тока в проводнике



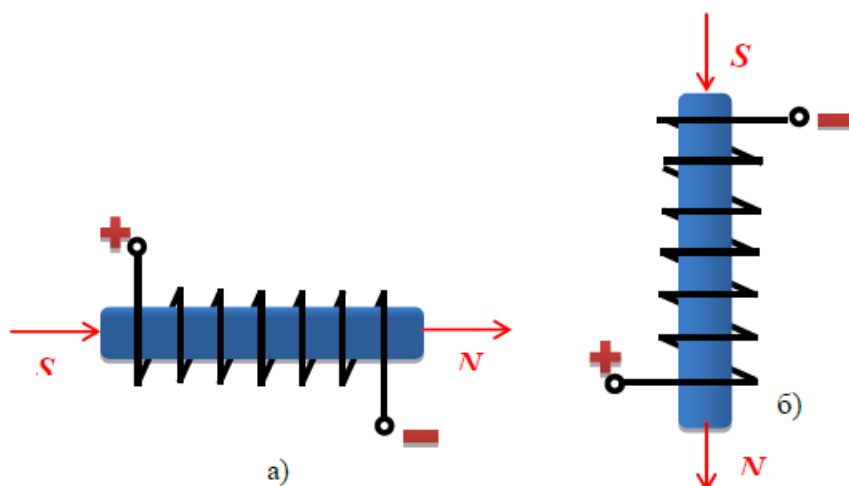
59 К ферромагнетикам не относится материал...

- а) сталь
- б) железо
- в) никель
- г) *медь*

60 Указать параметры, необходимые для использования правила левой руки



61 Определить направление магнитного поля

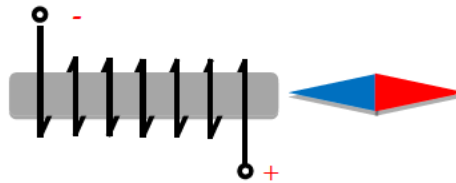


62 Определить направление движения проводника с током в магнитном поле



- а) *вверх*
- б) вниз
- в) влево
- г) вправо

63 Определить направление тока в катушке, если известно расположение стрелки компаса возле неё



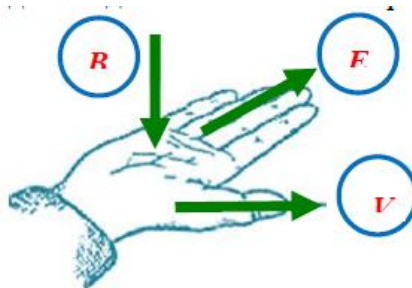
64 Направление электромагнитной силы зависит от...

- а) длины проводника в) **направления тока в проводнике**
 б) направления скорости движения г) величины магнитной индукции

66 Заполнить таблицу

0,5 Гн	2,7 мГн	30 мГн	500 мГн	1120 мкГн	77 Гн
500 мГн	2700 мкГн	0,03 Гн	500000 мкГн	0,00112 Гн	77000 мГн

65 Указать параметры, необходимые для использования правила правой руки



67 Опасностью самоиндукции является

- а) уменьшение тока в катушке
 б) **возникновение электрической дуги**
 в) циклическое перемагничивание сердечника
 г) нагрев сердечника

68 Указать формулу для определения ЭДС самоиндукции

а) $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$ в) $H = \frac{I \cdot W}{l}$
 б) **$e = -L \cdot \frac{di}{dt}$** г) $E = B \cdot V \cdot l \cdot \sin \alpha$

69 Явление возникновения ЭДС в проводнике, движущимся в магнитном поле, называют...

- а) взаимоиנדукцией в) магнитной индукцией
 б) **электромагнитной индукцией** г) самоиндукцией

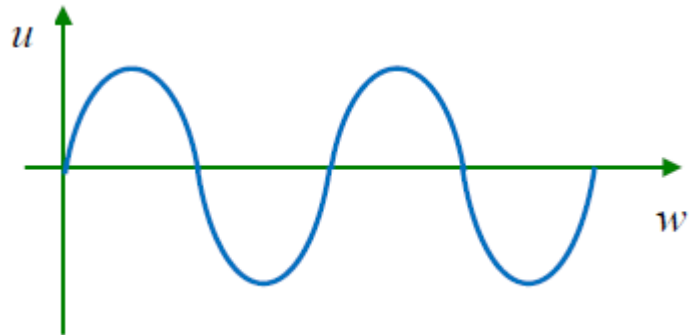
70 Опасностью вихревых токов является

- а) уменьшение тока в катушке

- б) возникновение электрической дуги
- в) циклическое перемагничивание сердечника
- г) **нагрев сердечника**

Тема 4 Электрические цепи переменного тока

71 Сколько периодов переменного напряжения изображено на графике?

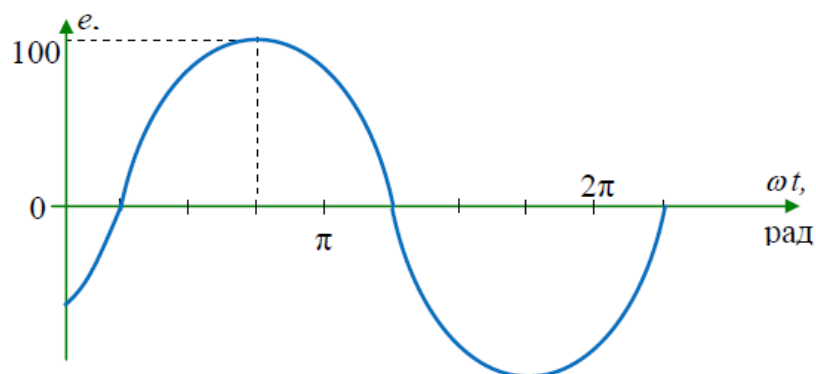


- а) 1 б) **2** в) 3 г) 4

72 В выражении для мгновенного значения однофазного синусоидального тока $i(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$ начальной фазой является

- а) **ψ_i** б) I_m в) $i(t)$ г) ω

73 Графику $e(t)$ соответствует уравнение...



а) $e(t) = 100 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right), B$

в) $e(t) = 100 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right), B$

б) $e(t) = 100\sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right), B$

г) $e(t) = 100\sqrt{2} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right), B$

74 В цепи синусоидального тока амперметр показал 0,5 А, тогда амплитуда этого тока I_m равна...

а) 0,5 А

б) **0,7 А**

в) 0,9 А

г) 0,33 А

75 Частота синусоидального тока f определяется в соответствии с выражением...

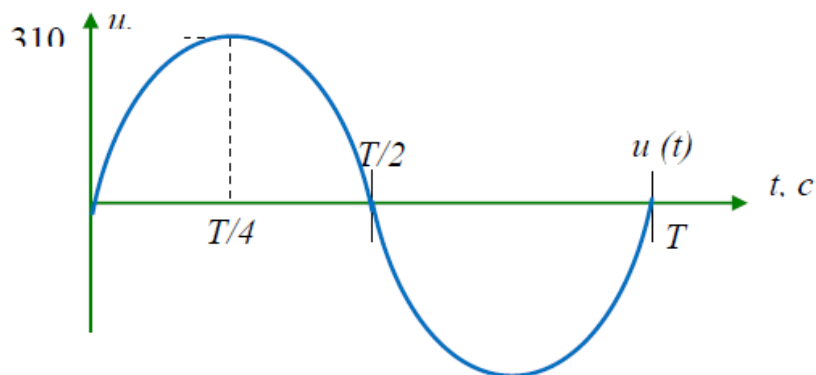
а) $f = T/2\pi$

в) $f = T$

б) **$f = 1/T$**

г) $f = 2\pi T$

76 Действующее значение напряжения составляет...



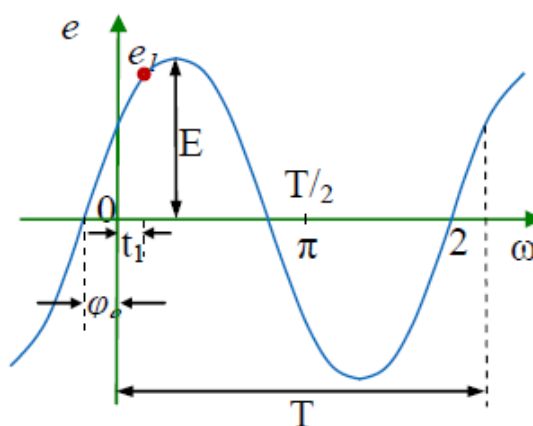
а) 310,2 В

б) **220 В**

в) 110 В

г) 437,4 В

77 Выбрать соответствие величин их буквенным обозначениям, указанным на графике



а) φ_e – угловая частота
 e_l – мгновенное значение ЭДС
 E_m – амплитуда ЭДС
 T – период
 ω – начальная фаза

б) φ_e – начальная фаза
 e_l – амплитуда ЭДС
 E_m – мгновенное значение ЭДС
 T – период
 ω – угловая частота

в) φ_e – начальная фаза
 e_l – мгновенное значение ЭДС
 E_m – амплитуда ЭДС
 T – период
 ω – угловая частота

г) φ_e – угловая частота
 e_l – мгновенное значение ЭДС
 E_m – амплитуда ЭДС
 T – начальная фаза
 ω – период

78 Разность начальных фаз двух переменных величин с одинаковой частотой называется...

- а) погрешностью
 б) **сдвигом по фазе**
 в) начальной фазой
 г) амплитудой

79 Единицей измерения реактивной мощности Q цепи переменного тока является...

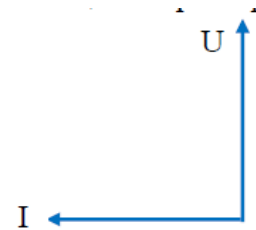
- а) ВА б) Вт в) **вар** г) АВ

80 Единица измерения полной мощности S ...

- а) кВт б) кВар в) **кВА** г) кДж

81 Какая цепь характеризуется представленной векторной диаграммой?

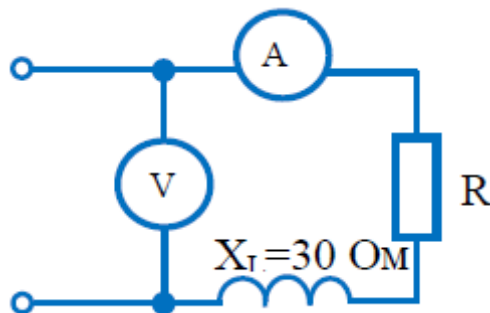
- а) цепь с R и L
 б) цепь с L
 в) **цепь с C**
 г) цепь с R и C



82 Активная P , реактивная Q и полная S мощности цепи переменного тока связана соотношением

- а) $S=P+Q$ б) $S=\sqrt{P^2-Q^2}$
 б) $S=P-Q$ в) **в) $S=\sqrt{P^2+Q^2}$**

83 Если амперметр показывает 4 А, а вольтметр 200 В, то величина R равна...



- а) 50 Ом б) 200 Ом в) 30 Ом г) **40 Ом**

84 Коэффициент мощности $\cos \varphi$ при заданных активной мощности P и действующих значениях напряжения U и тока I определяется выражением.....

- а) **$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$** б) $\cos \varphi = \frac{UI}{P}$ в) $\cos \varphi = \frac{UI}{P}$ г) $\cos \varphi = \frac{U}{I} P$

85 В индуктивном элементе L ...

- а) напряжение $u_L(t)$ совпадает с током $i_L(t)$ по фазе
- б) напряжение $u_L(t)$ и ток $i_L(t)$ находятся в противофазе
- в) напряжение $u_L(t)$ отстаёт от тока $i_L(t)$ по фазе на $\pi/2$ рад
- г) **напряжение $u_L(t)$ опережает ток $i_L(t)$ по фазе на $\pi/2$ рад**

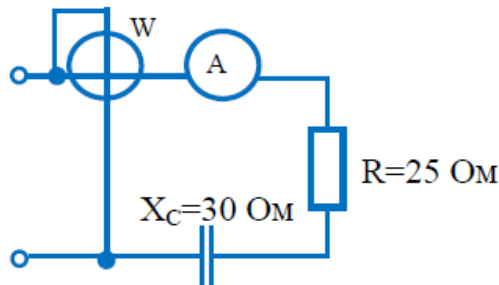
86 Активную мощность P цепи синусоидального тока можно определить по формуле...

- а) **$P=U \cdot I \cos \varphi$**
- б) $P=U \cdot I \sin \varphi$
- в) $P=U \cdot I \cos \varphi + U \cdot I \sin \varphi$
- г) $P=U \cdot I \operatorname{tg} \varphi$

87 В активном элементе R ...

- а) **напряжение $u(t)$ совпадает с током $i(t)$ по фазе**
- б) напряжение $u(t)$ и ток $i(t)$ находятся в противофазе
- в) напряжение $u(t)$ отстаёт от тока $i(t)$ по фазе на $\pi/2$ рад
- г) напряжение $u(t)$ опережает ток $i(t)$ по фазе на $\pi/2$ рад

88 Если амперметр измеряет действующее значение тока 2А, то показание ваттметра составляет.....



- а) **100 Вт**
- б) 220 Вт
- в) 120 Вт
- г) 110 Вт

89 В емкостном элементе C ...

- а) напряжение $u_C(t)$ совпадает с током $i_C(t)$ по фазе
- б) напряжение $u_C(t)$ и ток $i_C(t)$ находятся в противофазе
- в) **напряжение $u_C(t)$ отстаёт от тока $i_C(t)$ по фазе на $\pi/2$ рад**
- г) напряжение $u_C(t)$ опережает ток $i_C(t)$ по фазе на $\pi/2$ рад

91 Какая цепь характеризуется представленной векторной диаграммой?

- а) цепь с R и L
- б) **цепь с L**
- в) цепь с C
- г) цепь с R и C

92 Записать обозначения величин:

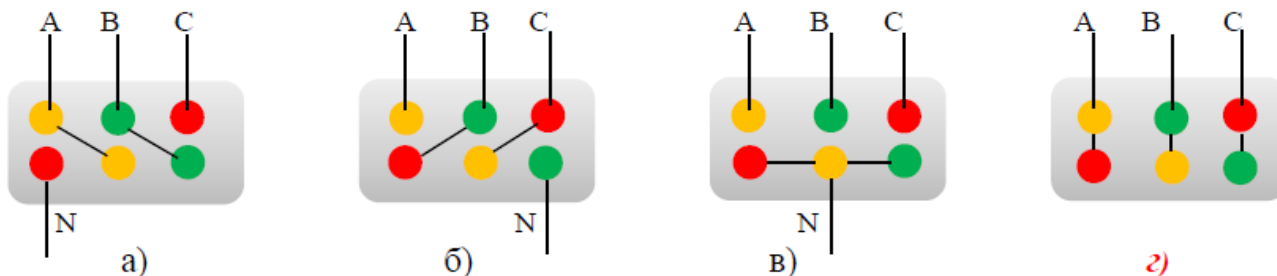
- а) индуктивное сопротивление **X_L**
- б) полное сопротивление **Z**
- в) активная мощность **P**
- г) сдвиг по фазе **φ**

Тема 5 Трехфазные цепи

93 Сколько проводов идут от трехфазного генератора соединенного «звездой»?

- а) три провода в) **четыре провода**
 б) шесть проводов г) три или четыре провода

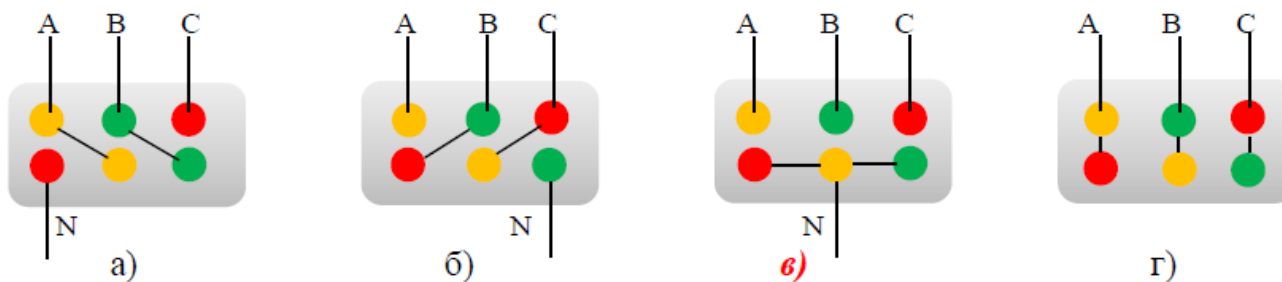
94 Указать на соединение «треугольником»



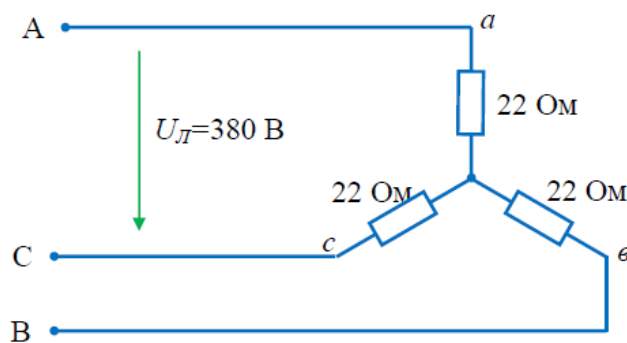
95 С чем соединен конец первой обмотки генератора при соединении обмоток «звездой»?

- а) **с концами других обмоток** в) с концом третьей обмотки
 б) с началом второй обмотки г) с началом третьей обмотки

96 Указать на соединение «звездой»



97 Значения фазных токов в схеме равны...

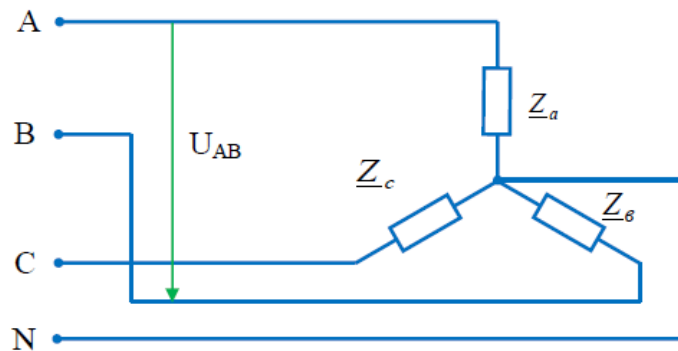


- а) $\frac{380}{22} = 17,3 \text{ A}$ б) $\frac{380\sqrt{3}}{22} = 30 \text{ A}$ в) $\frac{380}{\sqrt{3} \cdot 22} = 10 \text{ A}$ г) $\frac{380}{3 \cdot 22} = 5,75 \text{ A}$

98 В трёхфазной цепи нагрузка соединена «звездой». Фазное напряжение 220 В, линейное напряжение равно...

- а) 250 В б) 127 В в) **380 В** г) 660 В

99 Напряжение U_{AB} в представленной схеме называется...



- а) **линейным напряжением**
 б) среднеквадратичным напряжением
 в) средним напряжением
 г) фазным напряжением

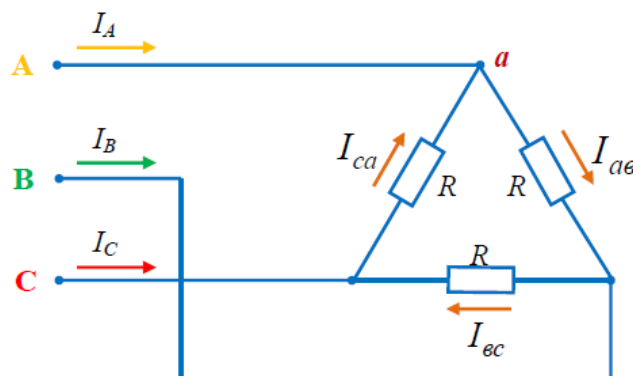
100 Источником трехфазного тока является...

- а) **синхронный генератор** в) синхронный двигатель
 б) асинхронный генератор г) асинхронный двигатель

101 Выбрать неверное выражение для источника трехфазного тока

- а) амплитуды ЭДС фаз равны
 б) ЭДС фаз сдвинуты на 120° относительно друг друга
 в) сумма ЭДС фаз равна нулю
 г) **фазы генератора соединены последовательно**

102 Для узла «а» данной схемы векторы фазных и линейного токов связаны уравнением...



$$\text{a) } \vec{I}_A = \vec{I}_{ca} + \vec{I}_{ec}$$

$$\text{б) } \vec{I}_A = \vec{I}_{ae} + \vec{I}_{ca}$$

$$\text{B) } \vec{I}_A = \vec{I}_{ca} - \vec{I}_{ae}$$

$$\text{в) } \vec{I}_A = \vec{I}_{ae} - \vec{I}_{ca}$$

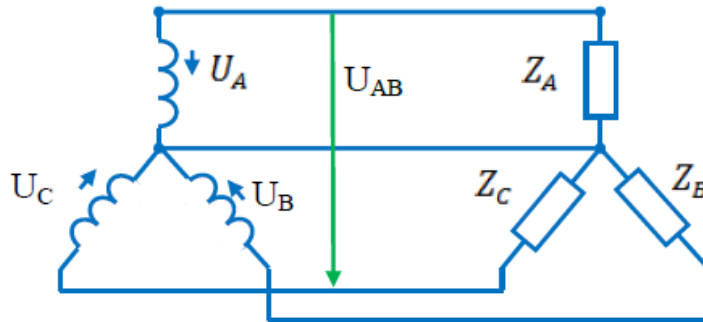
103 При соединении «звездой» фазный ток равен 7 А, тогда линейный ток....

- а) 12,1 А б) 7 А в) 8,73 А г) 4,5 А

104 В трёхфазной цепи при соединении «звездой» при равномерной нагрузке ток в нулевом проводе равен...

- а) $\vec{I}_O = \vec{I}_a + \vec{I}_e$ б) $\vec{I}_O = \vec{I}_a + \vec{I}_e + \vec{I}_c \neq 0$ в) $\vec{I}_O = \vec{I}_a + \vec{I}_c$ г) $\vec{I}_O = 0$

105 Соотношение между линейными и фазными напряжениями в трёхфазной цепи имеет вид...



- а) $U_{AB} = U_A$ б) $U_{AB} = 3U_A$ г) $U_{AB} < U_A$.

в) $U_{AB} = \sqrt{3}U_A$

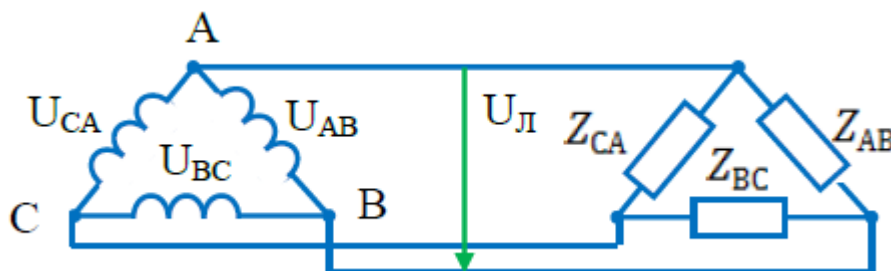
106 Какая из формул является верной при соединении «треугольником»

- а) $U_L = U_\Phi$ б) $I_\Phi = \sqrt{3} \cdot I_L$ в) $I_L = I_\Phi$ г) $U_\Phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$

107 Какая из формул является ошибкой при соединении «звездой»

- а) $U_L = \sqrt{3} \cdot U_\Phi$ б) $I_L = \sqrt{3} \cdot I_\Phi$ в) $I_L = I_\Phi$ г) $U_\Phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$

108 Соотношение между линейными и фазными напряжениями в симметричной трёхфазной цепи имеет вид ...



- а) $U_L = U_{AB}$ б) $U_L > U_{AB}$ в) $U_L < U_{AB}$ г) $U_L = \sqrt{3}U_{AB}$

Тема 6. Электрические машины и аппараты

Трансформаторы

109 Трансформаторы предназначены для преобразования в цепях переменного тока...

- а) электрической энергии в световую
- б) электрической энергии в механическую
- в) **электрической энергии с одними параметрами напряжения и тока в электрическую энергию с другими параметрами этих величин**
- г) электрической энергии в тепловую

110 Сердечник трансформатора выполняется из электротехнической стали для...

- а) повышения жёсткости конструкции
- б) уменьшения ёмкостной связи между обмотками
- в) **увеличения магнитной связи между обмотками**
- г) удобства сборки

111 Если w_1 – число витков первичной обмотки, а w_2 – число витков вторичной обмотки, то однофазный трансформатор является понижающим, когда...

- а) $w_1 + w_2 = 0$
- б) $w_1 = w_2$
- в) $w_1 < w_2$
- г) **$w_1 > w_2$**

112 Трансформаторы необходимы для...

- а) **экономичной передачи и распределения электроэнергии переменного тока**
- б) стабилизации напряжения на нагрузке
- в) стабилизации тока на нагрузке
- г) повышения коэффициента мощности

113 Величина ЭДС, наводимой в обмотке трансформатора, не зависит от...

- а) **марки стали сердечника**
- б) амплитуды магнитного поля
- в) частоты тока в сети
- г) числа витков катушки

114 Первичная обмотка трансформатора включена на напряжение сети $U_1 = 0,6$ кВ. Напряжение U_2 на вторичной обмотке равно 200 В. Коэффициент трансформации равен...

- а) 333,3
- б) **3**
- в) 0,33
- г) 3,85

115 Трансформатор не предназначен для преобразования.....

- а) переменного тока одной величины в переменный ток другой величины
- б) электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения
- в) **постоянного напряжения одной величины в напряжение другой величины**

г) изоляции одной электрической цепи от другой электрической цепи

116 В основу принципа работы трансформатора положен...

- а) закон Ампера
- б) закон Джоуля – Ленца
- в) принцип Ленца
- г) **явление взаимодукации**

117 Для чего сердечник трансформатора собирают из тонких листов стали, изолированных друг от друга?

- а) для уменьшения коэффициента трансформации
- б) для увеличения коэффициента трансформации
- в) **для снижения нагрева сердечника**
- г) для снижения веса трансформатора

118 Обмотка трансформатора, подключенная к источнику электроэнергии, называется _____ **первичной**

Обмотка трансформатора, от которой энергия подается потребителю, называется _____ **вторичной**

Электрические машины переменного тока

119 В синхронной машине в режиме двигателя статор подключается к...

- а) источнику однофазных прямоугольных импульсов
- б) источнику однофазного синусоидального тока
- в) источнику постоянного тока
- г) **трёхфазному источнику**

120 Для подвода постоянного напряжения к обмотке возбуждения ротора синхронной машины используется...

- а) коллектор, набранный из пластин
- б) **два контактных кольца**
- в) три контактных кольца
- г) полукольца

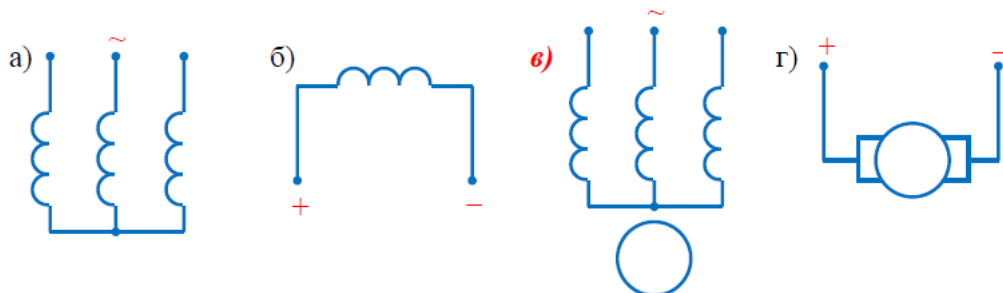
121 Вращающееся магнитное поле статора синхронного двигателя создаётся при выполнении следующих условий...

- а) три обмотки статора расположены под углом 120^0 друг к другу и подключены к цепи постоянного тока
- б) имеется одна статорная обмотка, включенная в сеть однофазного переменного тока
- в) обмотка статора включена в цепь постоянного тока, а обмотка ротора в сеть трёхфазного тока
- г) **три обмотки статора расположены под углом 120^0 друг к другу и подключены к трёхфазной сети синусоидального тока**

122 Обмотка возбуждения, расположенная на роторе синхронной машины, подключается...

- а) к источнику однофазного синусоидального тока
- б) к любому из перечисленных
- в) **к источнику постоянного тока**
- г) к трехфазному источнику

123 Асинхронной машине с короткозамкнутым ротором соответствует схема...



124 Относительно устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором **неверным** является утверждение, что...

- а) обмотки статора и ротора не имеют электрической цепи
- б) ротор имеет обмотку, состоящую из медных или алюминиевых стержней, замкнутых накоротко торцевыми кольцами
- в) цилиндрический сердечник ротора набирается из отдельных листов электрической цепи
- г) **статор выполняется сплошным, путем отливки**

125 Направление вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя зависит от...

- а) величины подводимого напряжения
- б) частоты питающей сети
- в) **порядка чередования фаз обмотки статора**
- г) величины подводимого тока

126 Величина скольжения асинхронной машины в двигательном режиме определяется по формуле...

а) $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$

в) недостаточно данных

б) $S = \frac{n_1 + n_2}{n_1}$

г) $S = \frac{n_1 + n_2}{n_2}$

127 Асинхронной машине принадлежат узлы...

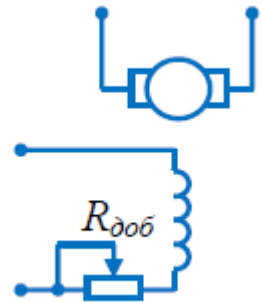
- а) статор с трехфазной обмоткой, неявнополюсный ротор с двумя контактными кольцами
- б) статор с трехфазной обмоткой, якорь с коллектором
- в) статор с трехфазной обмоткой, явнополюсный ротор с двумя контактными кольцами

- г) *статор с трехфазной обмоткой, ротор с короткозамкнутой обмоткой, ротор с трехфазной обмоткой и тремя контактными кольцами*

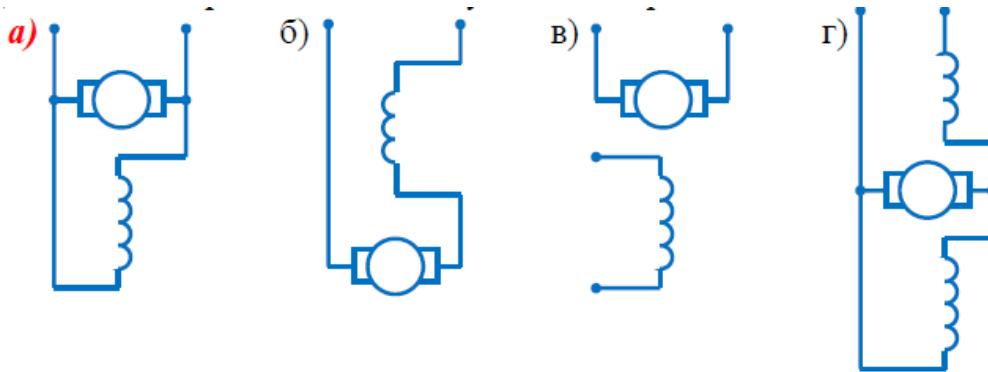
Электрические машины постоянного тока

128 В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением устанавливается регулировочный реостат для...

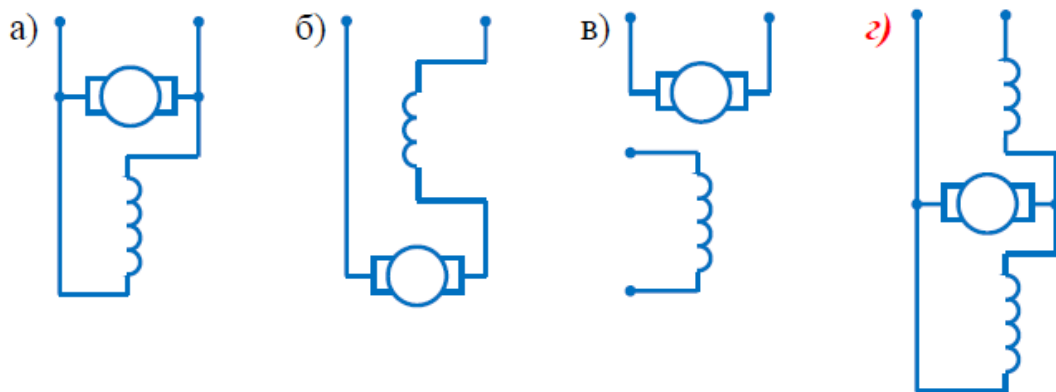
- а) изменения нагрузки двигателя
 б) снижения потерь мощности при пуске
 в) изменения тока якоря
 г) *уменьшения магнитного потока двигателя*



129 Двигатель с параллельным возбуждением представлен схемой...

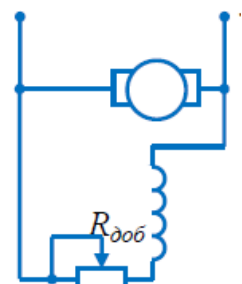


130 Генератор со смешанным возбуждением представлен схемой...



131 В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением устанавливается регулировочный реостат для...

- а) изменения тока якоря
 б) снижения потерь мощности при пуске
 в) изменения нагрузки двигателя
 г) *уменьшения магнитного потока двигателя*

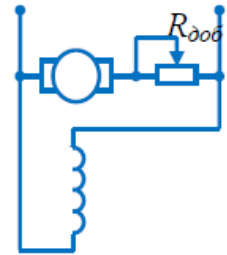


132 Основной магнитный поток машин постоянного тока регулируется изменением...

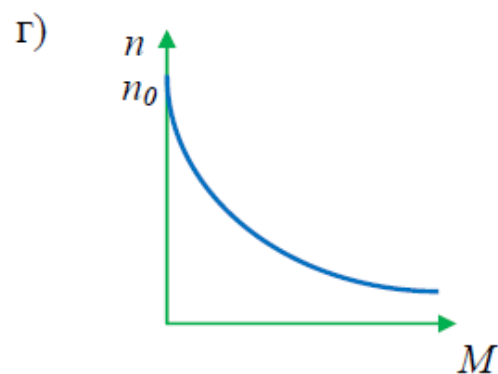
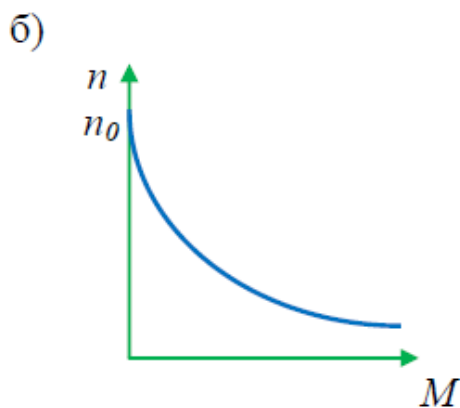
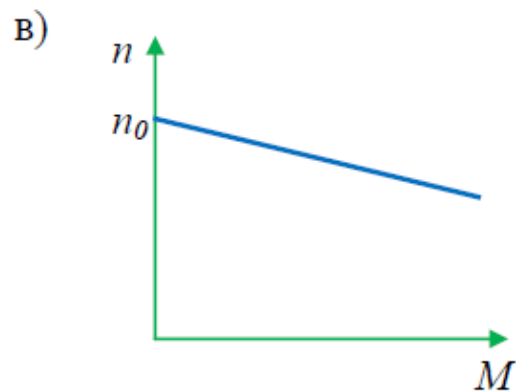
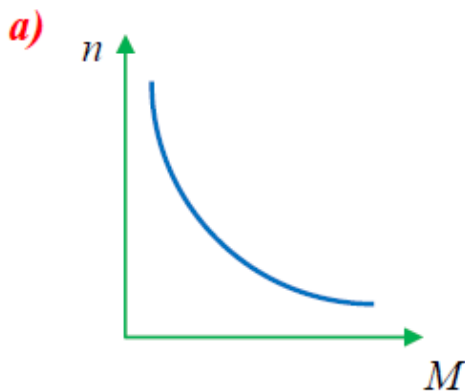
- а) **тока возбуждения** в) полярности
 б) тока якоря г) сопротивления в цепи якоря

133 В цепи обмотки якоря двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением устанавливается пусковой реостат для...

- а) увеличения потока возбуждения
 б) уменьшения потока возбуждения
 в) увеличения частоты вращения
 г) **уменьшения пускового тока**



134 Двигателю постоянного тока с последовательным возбуждением принадлежит механическая характеристика, показанная на рисунке...

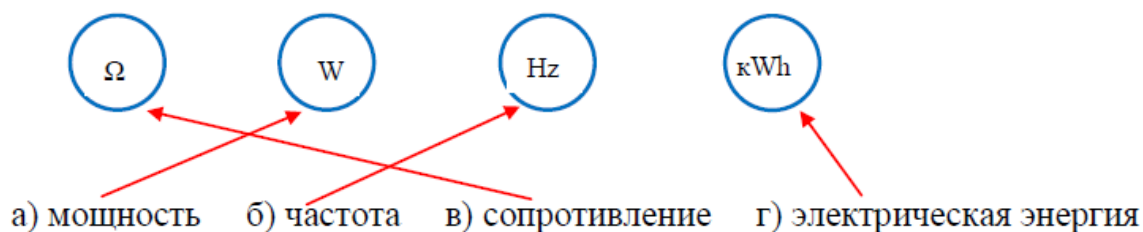


Тема №7. Электрические измерения и приборы.

135 Можно ли использовать магнитоэлектрический прибор для измерений в цепи переменного тока?

- а) нельзя в) **можно, если прибор подключить через выпрямитель**
 б) можно г) можно, если включить добавочное сопротивление

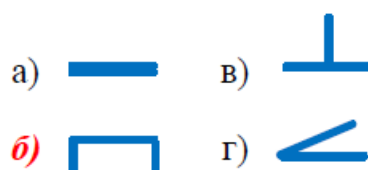
136 Соединить линией условное обозначение прибора и измеряемую им величину



137 На шкале нанесён знак  Какой это прибор?

- а) ваттметр б) прибор переменного тока в) **прибор электромагнитной системы** г) прибор магнитоэлектрической системы

138 Какое условное обозначение используется на шкалах приборов, работающих только в горизонтальном положении?



139 Прибор электромагнитной системы имеет неравномерную шкалу. Измерения невозможны в...

- а) в конце шкалы б) во второй половине шкалы в) в середине шкалы г) **в начале шкалы**

140 Работа прибора магнитоэлектрической системы основана на взаимодействии.....

- а) **проводника с током и магнитного поля**
 б) магнитного поля катушки и ферромагнитного сердечника
 в) электрически заряженных тел
 г) двух катушек с током

141 Амперметры и вольтметры имеют равномерную шкалу у приборов...

- а) электромагнитной системы
 б) **магнитоэлектрической системы**
 в) электростатической системы
 г) всех выше названных

142 Выбрать знак, указывающий на напряжение испытания изоляции



143 Для защиты приборов электромагнитной системы от внешних магнитных полей используют...

- а) собственное магнитное поле
- б) **ферромагнитный экран**
- в) защитную сетку
- г) алюминиевую рамку

144 В электроизмерительном приборе корректор служит для...

- а) быстрой остановки стрелки при измерении
- б) устранения зашкаливания стрелки
- в) снижения веса прибора
- г) **установки стрелки на ноль в отключенном состоянии**

145 Указать тип шкалы прибора



- а) равномерная
- б) равнозначная
- в) **неравномерная**
- г) неравнозначная

146 Для создания противодействующего момента в электроизмерительных приборах установлены

- а) успокоители
- б) **спиральные пружины**
- в) подпятники
- г) алюминиевые рамки

147 Указать систему прибора, с помощью которого можно измерить мощность цепи

- а) магнитоэлектрическая
- б) электромагнитная
- в) **электродинамическая**
- г) никакая из предложенных

Раздел 2 Электроника

Тема №9. Основы электроники

148 Указать полупроводниковый прибор с одним p-n-переходом

- а) **диод**
- б) транзистор
- в) тиристор

149 Для усиления сигнала применяют...

- а) диод б) **транзистор** в) тиристор

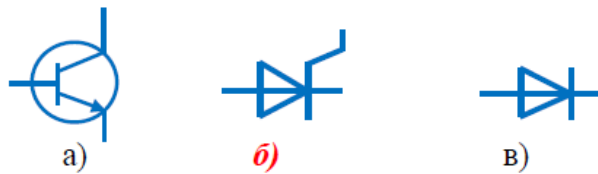
150 Указать способ, который не приведет к отключению тиристора

- а) смена полярность источника
б) **отключение управляющего электрода**
в) снижение тока тиристора до тока удержания

151 Если в состав кремния ввести фосфор, то получим полупроводник....

- а) p-типа в) m-типа
б) x-типа г) **n-типа**

152 Обозначение на схеме тиристора



153 Процесс заполнения электронами дырок называется....

- а) инжекцией
б) **рекомбинацией**
в) термогенерацией

154 Примесь, с помощью которой получают дырочную проводимость, называется....

- а) **акцепторной** б) донорной в) легированной

155 Свойство p-n-перехода пропускать ток в одном направлении и препятствовать его прохождению в другом называется...

- а) запирающим б) **вентильным** в) усиливающим

156 В зависимости от конструкции диоды делятся:

- а) пластинчатые б) сферические в) **точечные** г) **плоскостные**

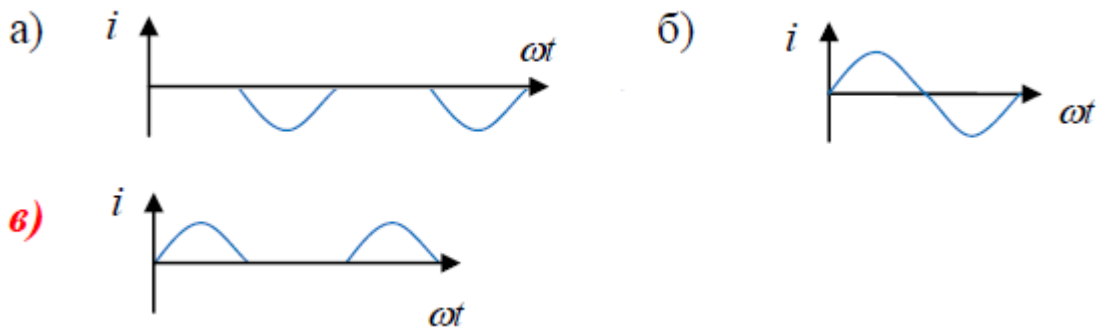
157 Полупроводниковый прибор, электроды которого называются Эмиттер, Коллектор, База

- а) диод б) **транзистор** в) тиристор

158 Для плавного регулирования выпрямленного тока используют

- а) диод б) транзистор в) **тиристор**

159 Указать график выпрямленного тока однофазного однополупериодного выпрямителя

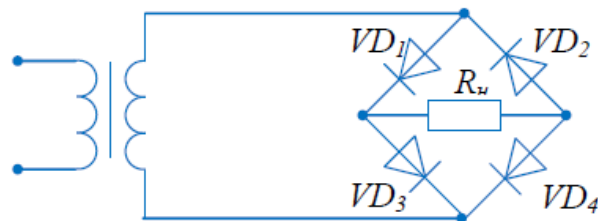


160 Назначение выпрямителя

- а) **преобразование переменного тока в постоянный**
- б) преобразование постоянного тока в переменный
- в) преобразование переменного тока в импульсный

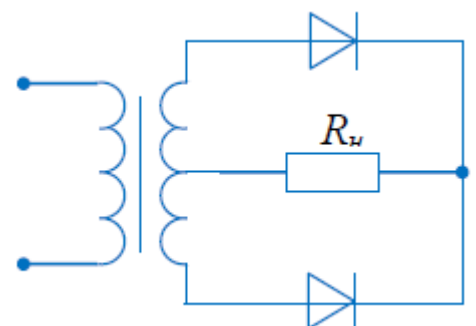
161 В схеме мостового выпрямителя **неправильно** включен диод...

- а) D_1
- б) D_2
- в) **D_3**
- г) D_4

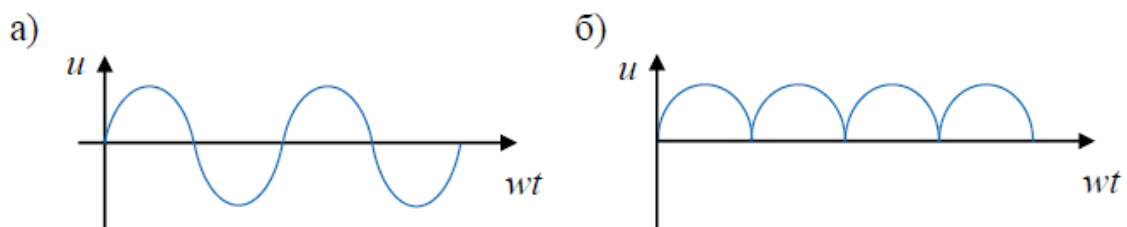


162 На рисунке изображена схема выпрямителя...

- а) **однофазного двухполупериодного со средней точкой**
- б) однофазного двухполупериодного мостового
- в) трёхфазного однополупериодного
- г) однофазного однополупериодного



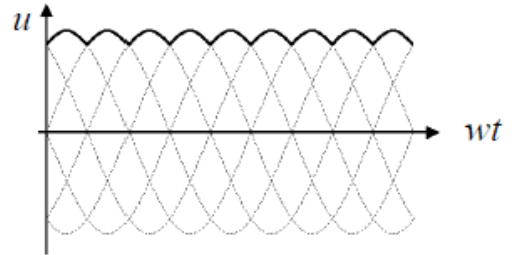
163 По временным диаграммам напряжения на входе (а) и выходе устройства (б) определить название устройства



- а) сглаживающий фильтр
- б) **однофазный мостовой выпрямитель**
- в) трехфазный мостовой выпрямитель
- г) стабилизатор напряжения

164 На рисунке выделен график выпрямленного напряжения

- а) сглаживающего фильтра
- б) однофазного мостового выпрямителя
- в) **трехфазного мостового выпрямителя**
- г) стабилизатора напряжения



Основы микроэлектроники

165 Микросхема, в которой все элементы и межэлементные соединения выполнены только в виде проводящих пленок и диэлектрических материалов называется

- а) полупроводниковой
- б) **пленочной**
- в) гибридной

166 Указать процесс, который не является этапом изготовления микросхем

- а) эпитаксия
- б) фотолитография
- в) окисление
- г) **инжекция**

Образец задания и решения

Вопросы	Варианты ответа																
Единица измерения потенциала	<input type="checkbox"/> А <input type="checkbox"/> Ом <input checked="" type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> Вт																
2 Указать материал, который не является проводником	<input type="checkbox"/> бронза <input type="checkbox"/> трансформаторная сталь <input type="checkbox"/> константан <input checked="" type="checkbox"/> дистиллированная вода																
Указать правильное направление сил взаимодействия зарядов	<input type="checkbox"/>  <input checked="" type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> 																
Как изменится емкость конденсатора при увеличении напряжения на его зажимах?	<input type="checkbox"/> не изменится <input type="checkbox"/> увеличится <input checked="" type="checkbox"/> уменьшится																
5 Емкость плоского конденсатора не зависит от...	<input type="checkbox"/> площади пластин <input checked="" type="checkbox"/> массы пластин <input type="checkbox"/> толщины диэлектрика <input type="checkbox"/> материала диэлектрика																
6 Соединить линией величину и единицу измерения	<table border="0"> <tr> <td>В</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>заряд</td> </tr> <tr> <td>Кл</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>потенциал</td> </tr> <tr> <td>В/м</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>напряжение</td> </tr> <tr> <td>Ф</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>напряженность</td> </tr> </table>	В	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	заряд	Кл	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	потенциал	В/м	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	напряжение	Ф	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	напряженность
В	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	заряд														
Кл	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	потенциал														
В/м	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	напряжение														
Ф	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	напряженность														
7 Определить эквивалентную емкость батареи из трех параллельно соединенных конденсаторов, если $C_1=C_2=C_3=15$ мкФ	<input checked="" type="checkbox"/> 45 мкФ <input type="checkbox"/> 5 мкФ <input type="checkbox"/> 3375 мкФ <input type="checkbox"/> 3 мкФ																

<p>8 Устройство из двух и более проводников, разделенных слоем диэлектрика, называется...</p>	<p><input type="checkbox"/> поляризатором <input type="checkbox"/> изолятором <input type="checkbox"/> катушкой <input checked="" type="checkbox"/> конденсатором</p>
<p>9 Перевести 50 мВ в вольты</p>	<p><input type="checkbox"/> 50 000 В <input type="checkbox"/> 500 В <input type="checkbox"/> 0,5 В <input checked="" type="checkbox"/> 0,05 В</p>
<p>10 Указать материал, который не используется в качестве диэлектрика в конденсаторе</p>	<p><input type="checkbox"/> слюда <input type="checkbox"/> керамика <input checked="" type="checkbox"/> асбест <input type="checkbox"/> воздух</p>

Задания для проведения рубежного контроля в форме контрольной работы

Указания по выполнению контрольной работы:

- 1 Внимательно прочитайте задание полученного варианта.
- 2 Записать задание и изобразить схему цепи. Схема электрической цепи и параметры на ней изображаются карандашом.
- 3 Выполнить расчет задания с краткими пояснениями.
- 4 По желанию обучающегося возможно изображение вспомогательных схем при определении эквивалентного сопротивления.
- 5 На схеме показать направления токов в резисторах.
- 6 Работа выполняется самостоятельно!

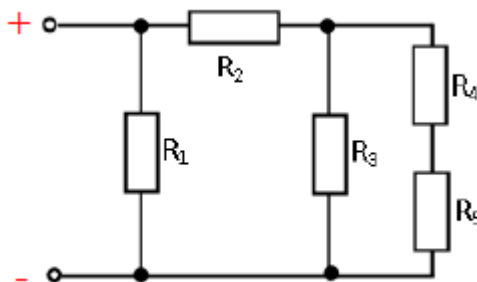
Образец задания и решения

Дано:

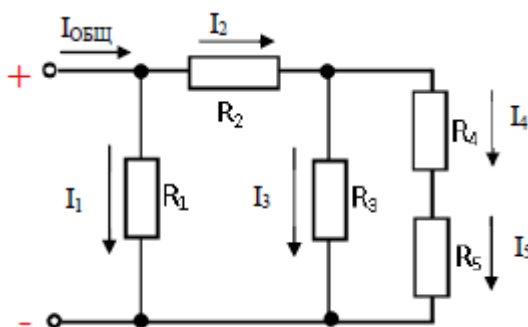
Напряжение, приложенное к цепи, $U=100$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=20$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=3$ Ом

Определить:

эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.



Решение



1 Расчет эквивалентного сопротивления цепи

$$R_{45}=R_4+R_5=7+3=10 \text{ Ом} \qquad R_{3-5} = \frac{R_3 \cdot R_{45}}{R_3 + R_{45}} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом}$$

$$R_{2-5}=R_2+R_{3-5}=15+5=20 \text{ Ом} \qquad R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_{2-5}}{R_1 + R_{2-5}} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10 \text{ Ом}$$

2 Общий ток цепи

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

3 Величина тока на каждом резисторе

$$U_1=U_{2-5}=U_{\text{ОБЩ}}=100 \text{ В} \qquad I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{100}{20} = 5 \text{ А}$$

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

$$I_2=I_{3-5}=I_{2-5}=5 \text{ А}$$

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

$$U_3=U_{45}=U_{3-5}=25 \text{ В}$$

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

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

$$I_4=I_5=I_{45}=2,5 \text{ А}$$

4 Проверка баланса мощностей

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

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

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

$$1000 = 1000$$

Задания для проведения текущего контроля в форме директорской контрольной работы

Указания по выполнению директорской контрольной работы:

- 1 Внимательно прочитать задания полученного варианта.
- 2 Ответы на задания можно излагать в любой последовательности. Задание записывается полностью, на следующей строчке дается ответ.
- 3 Схема электрической цепи изображается карандашом.
- 4 Работа выполняется самостоятельно

Вариант 1

1 Определить эквивалентное сопротивление цепи (рисунок 1), если $R = 10$ Ом.

2 Указать единицу измерения потенциала и её обозначение.

3 Как изменится сопротивление провода с увеличением длины?

4 Назвать условия возникновения тока в цепи.

5 Если увеличить напряжение потребителя, что произойдет с током?

6 Сформулировать первый закон Кирхгофа.

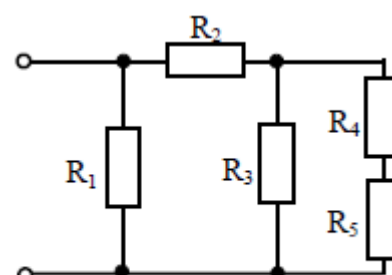


Рисунок 1

Образец выполнения

$$1 R_{45} = R_4 + R_5 = 10 + 10 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_{3-5} = \frac{R_3 \cdot R_{45}}{R_3 + R_{45}} = \frac{10 \cdot 20}{10 + 20} = 6,67 \text{ Ом}$$

$$R_{2-5} = R_2 + R_{3-5} = 10 + 6,67 = 16,67 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_{2-5}}{R_1 + R_{2-5}} = \frac{10 \cdot 16,67}{10 + 16,67} = 6,25 \text{ Ом}$$

2 В (вольт)

3 Увеличится

4 Наличие источника, наличие потребителя, замкнутая цепь.

5 Ток увеличится

6 Сумма токов, входящих в узел, равна сумме токов, выходящих из узла.

Вариант 2

- 1 Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов (рисунок 1), если $C=10$ мкФ.
- 2 Указать единицу измерения ЭДС и её обозначение.
- 3 Каково направление постоянного тока в цепи?
- 4 Как изменится сопротивление провода с увеличением площади поперечного сечения?
- 5 Записать формулу для расчета КПД электрической цепи.
- 6 Сформулировать закон Кулона.

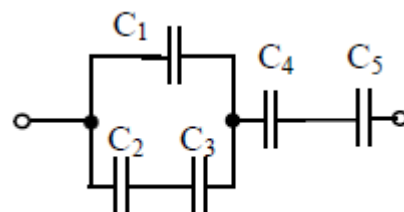


Рисунок 1

Вариант 3

- 1 Определить эквивалентное сопротивление цепи (рисунок 1), если $R=20$ Ом.
- 2 Указать единицу измерения сопротивления и её обозначение.
- 3 Как изменится сопротивление угольного стержня, если его нагреть?
- 4 Дать определение постоянному току.
- 5 Чем отличается полупроводник от диэлектрика?
- 6 При каком соединении потребителей сопротивление цепи меньше?

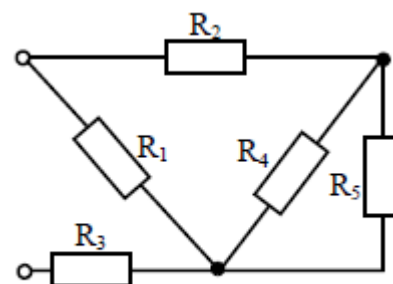


Рисунок 1

Вариант 4

- 1 Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов (рисунок 1), если $C=20$ мкФ.
- 2 Указать единицу измерения проводимости и её обозначение.
- 3 Как изменится сопротивление стального провода с увеличением температуры?
- 4 По какому действию тока можно безошибочно определить его наличие в проводнике?
- 5 Пояснить выражение «потеря мощности»?
- 6 Сформулировать второй закон Кирхгофа.

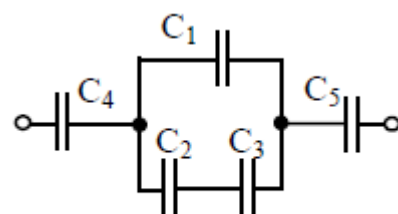


Рисунок 1

Вариант 5

- 1 Определить эквивалентное сопротивление цепи (рисунок 1), если $R=30$ Ом.
- 2 Указать единицу измерения электрической энергии и её обозначение.
- 3 Как изменится сопротивление резистора при увеличении напряжения на нем?
- 4 Сформулировать закон Ома для участка цепи.
- 5 Чем отличается проводник от диэлектрика?
- 6 Пояснить недостаток последовательного соединения потребителей.

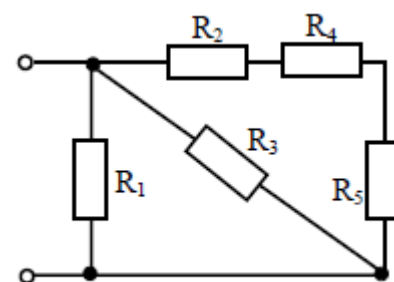


Рисунок 1

Вариант 6

- 1 Определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов (рисунок 1), если $C=30$ мкФ.
- 2 Указать единицу измерения заряда и её обозначение.
- 3 Сформулировать закон Ома для полной цепи.
- 4 Дать определение удельному сопротивлению.
- 5 Как изменится ток в цепи при коротком замыкании?
- 6 При каком соединении потребителей сопротивление цепи больше?

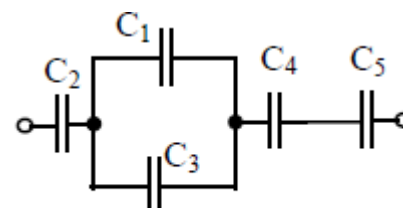
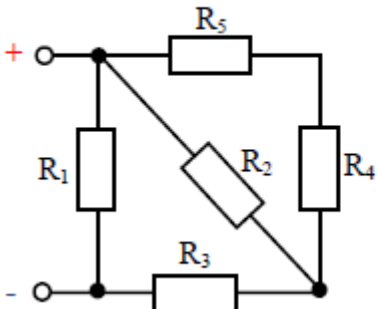


Рисунок 1

Карточки - задания

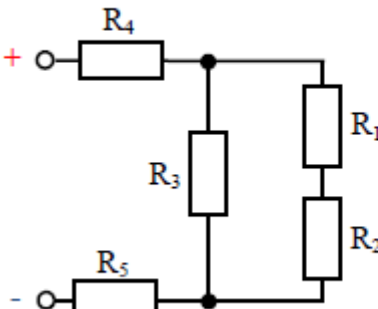
1



Напряжение, приложенное к цепи, $U=100$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=20$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=3$ Ом

Определить:
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

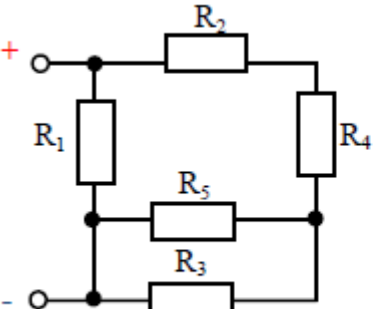
2



Напряжение, приложенное к цепи, $U=60$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=5$ Ом; $R_2=3$ Ом; $R_3=8$ Ом; $R_4=17$ Ом; $R_5=4$ Ом

Определить:
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

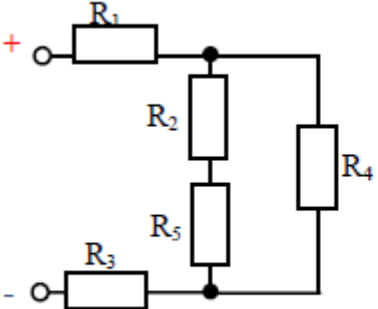
3



Напряжение, приложенное к цепи, $U=75$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=12$ Ом; $R_2=5$ Ом; $R_3=9$ Ом; $R_4=3$ Ом; $R_5=8$ Ом

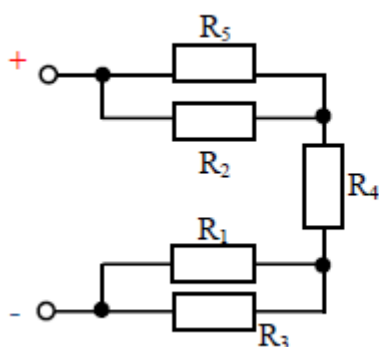
Определить:
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

4



Напряжение, приложенное к цепи, $U=250$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=15$ Ом; $R_2=8$ Ом; $R_3=20$ Ом; $R_4=15$ Ом; $R_5=8$ Ом

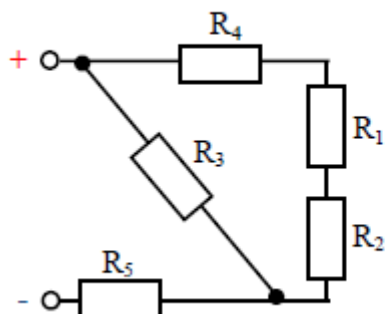
Определить:
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

5

Напряжение, приложенное к цепи, $U=140$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=16$ Ом;
 $R_2=18$ Ом; $R_3=9$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=11$ Ом

Определить:

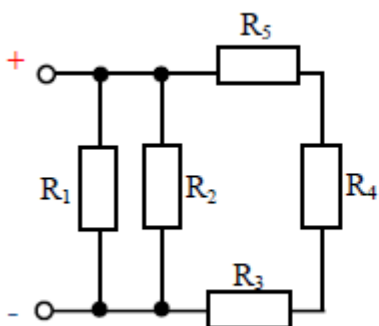
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

6

Напряжение, приложенное к цепи, $U=95$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=5$ Ом;
 $R_2=11$ Ом; $R_3=33$ Ом; $R_4=4$ Ом; $R_5=14$ Ом

Определить:

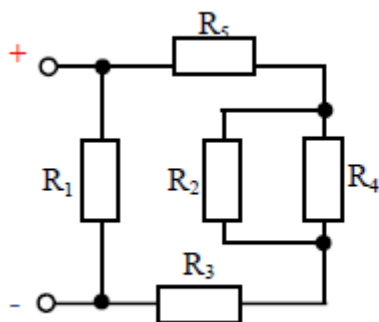
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

7

Напряжение, приложенное к цепи, $U=70$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=30$ Ом;
 $R_2=45$ Ом; $R_3=8$ Ом; $R_4=6$ Ом; $R_5=10$ Ом

Определить:

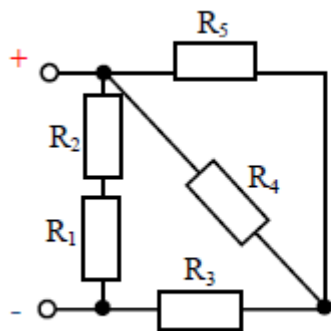
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

8

Напряжение, приложенное к цепи, $U=150$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=25$ Ом;
 $R_2=40$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=25$ Ом; $R_5=5$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

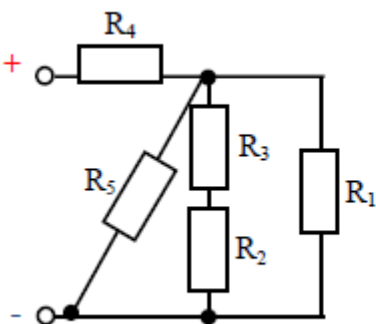


9

Напряжение, приложенное к цепи, $U=50$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=2$ Ом; $R_2=8$ Ом; $R_3=9$ Ом; $R_4=22$ Ом; $R_5=14$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

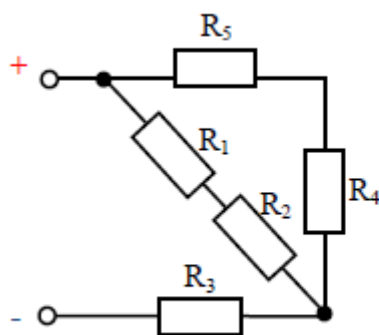


10

Напряжение, приложенное к цепи, $U=60$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=5$ Ом; $R_2=3$ Ом; $R_3=8$ Ом; $R_4=17$ Ом; $R_5=4$ Ом

Определить:

эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

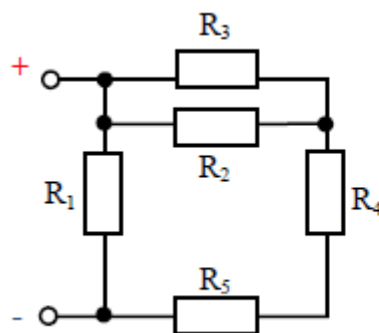


11

Напряжение, приложенное к цепи, $U=100$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=20$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=3$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

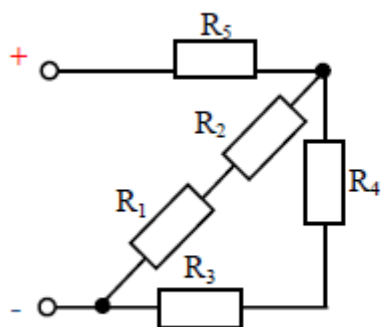


12

Напряжение, приложенное к цепи, $U=37$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=14$ Ом; $R_2=12$ Ом; $R_3=9$ Ом; $R_4=5$ Ом; $R_5=8$ Ом

Определить:

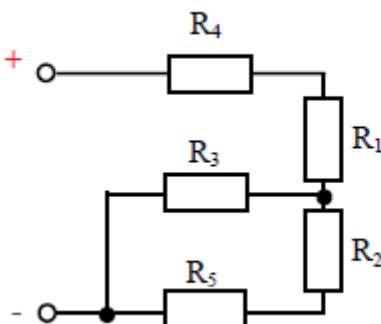
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

13

Напряжение, приложенное к цепи, $U=200$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=12$ Ом; $R_2=8$ Ом; $R_3=7$ Ом; $R_4=16$ Ом; $R_5=20$ Ом

Определить:

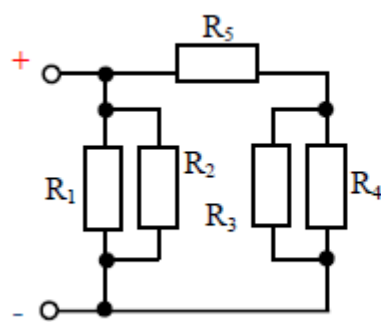
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

14

Напряжение, приложенное к цепи, $U=130$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=18$ Ом; $R_2=4$ Ом; $R_3=11$ Ом; $R_4=10$ Ом; $R_5=7$ Ом

Определить:

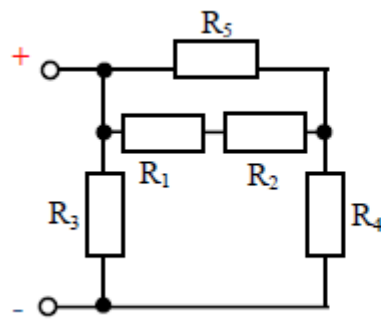
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

15

Напряжение, приложенное к цепи, $U=80$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=30$ Ом; $R_2=27$ Ом; $R_3=15$ Ом; $R_4=15$ Ом; $R_5=8,5$ Ом

Определить:

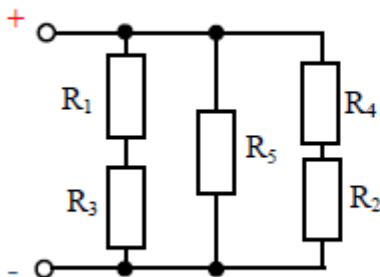
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

16

Напряжение, приложенное к цепи, $U=140$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=8$ Ом; $R_2=12$ Ом; $R_3=30$ Ом; $R_4=15$ Ом; $R_5=20$ Ом

Определить:

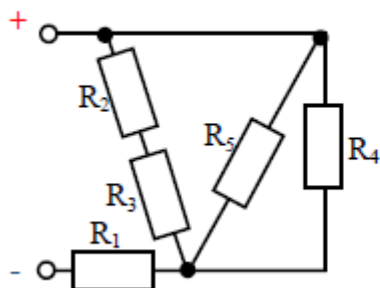
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

17

Напряжение, приложенное к цепи, $U=220$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=9$ Ом;
 $R_2=5$ Ом; $R_3=11$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=22$ Ом

Определить:

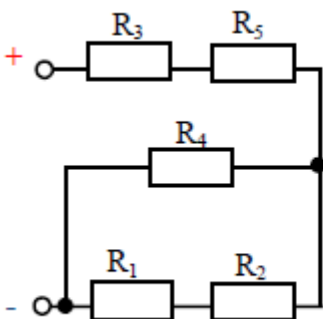
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

18

Напряжение, приложенное к цепи, $U=50$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=22$ Ом;
 $R_2=4$ Ом; $R_3=5$ Ом; $R_4=9$ Ом; $R_5=9$ Ом

Определить:

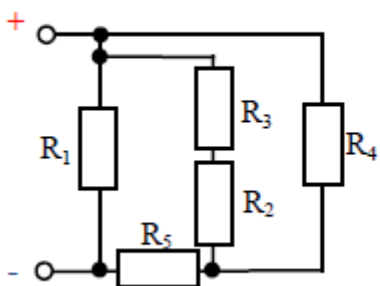
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

19

Напряжение, приложенное к цепи, $U=110$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=6$ Ом;
 $R_2=10$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=16$ Ом; $R_5=5$ Ом

Определить:

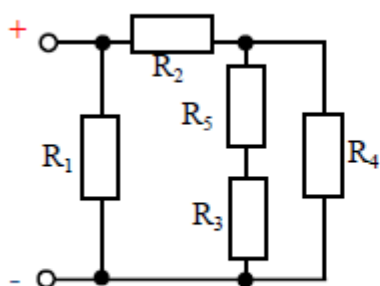
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

20

Напряжение, приложенное к цепи, $U=250$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=24$ Ом;
 $R_2=8$ Ом; $R_3=5$ Ом; $R_4=26$ Ом; $R_5=7$ Ом

Определить:

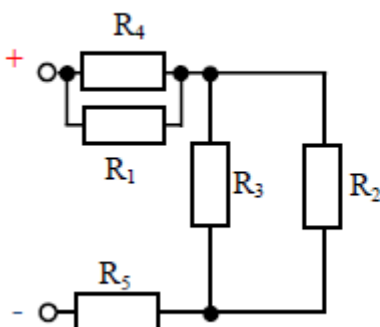
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

21

Напряжение, приложенное к цепи, $U=70$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=15$ Ом;
 $R_2=5$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=15$ Ом; $R_5=5$ Ом

Определить:

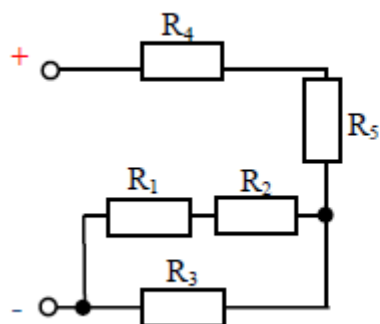
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

22

Напряжение, приложенное к цепи, $U=300$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=40$ Ом;
 $R_2=30$ Ом; $R_3=20$ Ом; $R_4=25$ Ом; $R_5=25$ Ом

Определить:

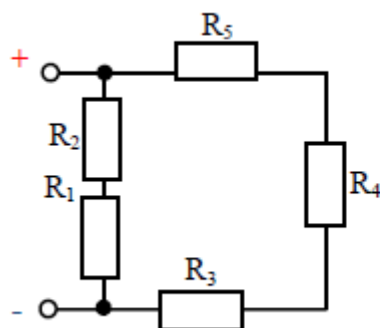
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

23

Напряжение, приложенное к цепи, $U=50$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=7$ Ом;
 $R_2=10$ Ом; $R_3=34$ Ом; $R_4=2$ Ом; $R_5=4$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

24

Напряжение, приложенное к цепи, $U=20$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=1$ Ом;
 $R_2=2$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=4$ Ом; $R_5=5$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

25

Напряжение, приложенное к цепи, $U=95$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=30$ Ом; $R_2=20$ Ом; $R_3=4$ Ом; $R_4=6$ Ом; $R_5=40$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

26

Напряжение, приложенное к цепи, $U=130$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=17$ Ом; $R_2=20$ Ом; $R_3=9$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=14$ Ом

Определить:

эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

27

Напряжение, приложенное к цепи, $U=80$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=9$ Ом; $R_2=21$ Ом; $R_3=25$ Ом; $R_4=16$ Ом; $R_5=4$ Ом

Определить:

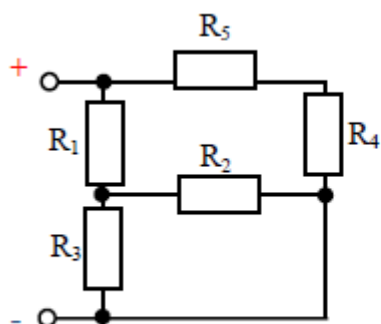
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

28

Напряжение, приложенное к цепи, $U=30$ В. Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=3$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=4$ Ом; $R_4=7$ Ом; $R_5=3$ Ом

Определить:

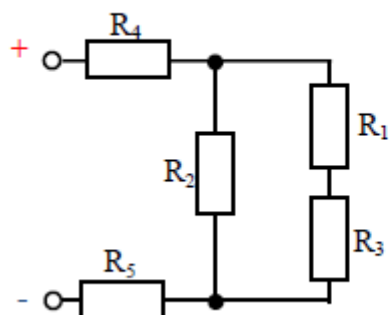
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

29

Напряжение, приложенное к цепи, $U=100$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=8$ Ом;
 $R_2=15$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=15$ Ом; $R_5=5$ Ом

Определить:

Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

30

Напряжение, приложенное к цепи, $U=180$ В.
 Резисторы в цепи имеют сопротивление $R_1=5$ Ом;
 $R_2=8$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=17$ Ом; $R_5=4$ Ом

Определить:

эквивалентное сопротивление цепи, величину тока
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать
 направления токов в резисторах. Проверить баланс
 мощностей.

Контрольно-измерительные материалы для промежуточной аттестации (дифференцированного зачёта).

Вопросы экзаменационных билетов

1 Электронная теория строения вещества. Изображение электрического поля. Закон Кулона.

2 Параметры электрического поля: напряженность, потенциал, напряжение.

3 Электрическая емкость – определение, единицы измерения. Емкость плоского конденсатора.

4 Способы соединения конденсаторов в батареи.

5 Электрический ток, единица тока, плотность тока. Признаки тока, условия возникновения.

6 Электрическое сопротивление и проводимость, единицы их измерения. Зависимость сопротивления проводника от температуры и геометрических размеров.

7 ЭДС источника энергии, обозначение источников энергии на схемах. Закон Ома для полной цепи и участка.

8 Энергия и мощность постоянного тока. Полная и полезная мощность. Электрический КПД.

9 Последовательное соединение резисторов, параметры цепей. Второй закон Кирхгофа.

10 Параллельное соединение резисторов, параметры цепей. Первый закон Кирхгофа.

11 Тепловое действие тока, закон Джоуля – Ленца. Практическое использование теплового действия, защита от токов перегрузки и короткого замыкания.

12 Изображение и определение направления магнитного поля. Параметры магнитного поля.

13 Магнитная проницаемость веществ. Диа-, пара- и ферромагнетики.

14 Электромагнитная сила – определение, величина, направление.

15 Электромагнитная индукция – определение, получение ЭДС, определение направления ЭДС электромагнитной индукции.

16 Самоиндукция и взаимная индукция. Индуктивность, взаимная индуктивность.

17 Переменный ток, его график и параметры.

18 Цепь переменного тока с активным сопротивлением – схема цепи, аналитическая запись тока и напряжения, временная и векторная диаграммы.

19 Цепь переменного тока с индуктивностью – схема цепи, аналитическая запись тока и напряжения, временная и векторная диаграммы.

20 Цепь переменного тока с ёмкостью – схема цепи, аналитическая запись тока и напряжения, временная и векторная диаграммы.

21 Цепь переменного тока с последовательным соединением R и XL – схема цепи, векторная диаграмма, треугольники сопротивлений и мощностей.

- 22 Цепь переменного тока с последовательным соединением R и XC – схема цепи, векторная диаграмма, треугольники сопротивлений и мощностей.
- 23 Вихревые токи, их практическое применение, способы уменьшения.
- 24 Получение трёхфазной системы ЭДС. Аналитические записи ЭДС, волновая и векторная диаграммы.
- 25 Соединение обмоток генератора «звездой» - схема цепи, соотношение между линейным и фазным напряжением, векторная диаграмма.
- 26 Соединение обмоток генератора «треугольником» - схема цепи, соотношение между линейным и фазным напряжением, векторная диаграмма.
- 27 Соединение потребителей энергии «звездой» - схема цепи, векторная диаграмма.
- 28 Соединение потребителей энергии «треугольником» - схема цепи, векторная диаграмма.
- 29 Виды проводимости полупроводников.
- 30 Образование p-n-перехода, его работа и вольтамперная характеристика.
- 31 Полупроводниковые выпрямительные диоды – устройство и принцип действия.
- 32 Биполярные транзисторы – устройство и принцип действия, условное обозначение.
- 33 Полевые транзисторы – устройство и принцип действия, условное обозначение.
- 34 Тиристоры – устройство и принцип действия, условное обозначение.
- 35 Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой – принцип действия, временные диаграммы напряжений.
- 36 Однофазный мостовой выпрямитель – принцип действия, временные диаграммы напряжений.
- 37 Трёхфазный выпрямитель с нулевой точкой – принцип действия, временные диаграммы напряжений.
- 38 Трёхфазный мостовой выпрямитель – принцип действия, временные диаграммы напряжений.
- 39 Однофазный управляемый выпрямитель со средней точкой – принцип действия, временные диаграммы напряжений.
- 40 Устройство и принцип работы генератора постоянного тока.
- 41 Устройство и принцип работы двигателя постоянного тока.
- 42 Устройство и принцип работы синхронного генератора.
- 43 Устройство и принцип работы асинхронного двигателя.
- 44 Устройство и принцип работы однофазного трансформатора.
- 45 Общие детали электроизмерительных приборов.
- 46 Погрешности измерений и приборов.
- 47 Приборы магнитоэлектрической системы; устройство, принцип действия, достоинства и недостатки.
- 48 Приборы электромагнитной системы; устройство, принцип действия, достоинства и недостатки.

Практические задания экзаменационных билетов

1 Дать расшифровку условных обозначений на шкале прибора. Определить цену деления прибора.

2 Собрать цепь для измерения тока, напряжения и мощности на резисторе.

3 Собрать цепь с последовательным соединением резисторов и амперметром.

4 Собрать цепь с параллельным соединением резисторов и амперметром для измерения тока всей цепи.

5 Собрать цепь с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности.

6 Собрать цепь с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности.

7 Собрать цепь соединения резисторов «звездой».

8 Собрать цепь соединения резисторов «треугольником».

9 Определить сопротивление медных проводов телефонной линии длиной 28,5 км и диаметром 4 мм.

10 Определите сопротивление алюминиевого провода длиной $\ell = 40$ м, сечением $S=1\text{мм}^2$. Во сколько раз изменится сопротивление, если алюминиевый провод заменить стальным?

11 ЭДС источника энергии 100 В, его внутреннее сопротивление 2 Ом. К источнику подключен потребитель с сопротивлением 23 Ом. Определить мощность потерь внутри источника и его КПД.

12 Электрическая плитка работает ежедневно 1ч 30 мин. Определить стоимость электроэнергии за месяц (30 дней), если напряжение сети 220 В, ток 5А. Тариф 1,62 руб. за 1 кВт·ч.

13 В трехфазную цепь, соединенную «звездой», включены электрические лампы с $R=22$ Ом. Линейное напряжение цепи $U_L=660$ В. Начертить схему цепи, определить линейный и фазный токи, фазное напряжение. Построить векторную диаграмму.

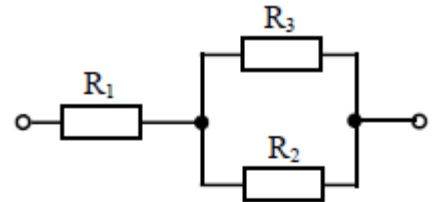
14 В трехфазную цепь, соединенную звездой включены резисторы $R_A=10$ Ом, $R_B=R_C=7$ Ом. Линейное напряжение цепи $U_L=380$ В. Определить токи фазные и линейные, ток в нулевом проводе, фазное напряжение. Начертить схему цепи.

15 В трехфазную цепь, соединенную «треугольником», подключены электрические лампы с сопротивлениями $R_{AB}=R_{BC}=10$ Ом; $R_{CA}=5$ Ом. Линейное напряжение цепи $U_L=220$ В. Начертить схему цепи, определить линейный и фазный токи, фазное напряжение. Построить векторную диаграмму.

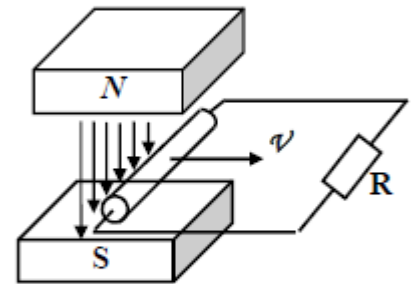
16 К цепи с последовательным соединением $R=12$ Ом и $X_L=16$ Ом подведено напряжение $U=120$ В. Определить ток цепи, активную, реактивную и полную мощности. Начертить схему цепи, построить векторную диаграмму.

17 К цепи с последовательным соединением $R=8$ Ом и $X_C=6$ Ом подведено напряжение $U=220$ В. Определить ток цепи, активную, реактивную и полную мощности. Начертить схему цепи, построить векторную диаграмму.

18 К цепи приложено напряжение 200 В. Сопротивления резисторов $R_1=60\ \text{Ом}$; $R_2=20\ \text{Ом}$; $R_3=30\ \text{Ом}$. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, напряжения на резисторах.

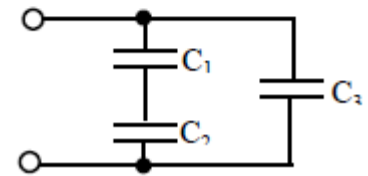


19 Проводник, замкнутый на сопротивление 10 Ом, движется в магнитном поле со скоростью 12 м/с. Магнитная индукция поля 1,5 Тл, активная длина проводника 70 см.



Определить величину и направление ЭДС электромагнитной индукции и тормозной электромагнитной силы.

20 К зажимам цепи смешанного соединения конденсаторов приложено напряжение 100 В. Емкости конденсаторов $C_1=6\ \text{мкФ}$, $C_2=9\ \text{мкФ}$, $C_3=15\ \text{мкФ}$.



Определить эквивалентную емкость, заряд цепи и напряжение на каждом конденсаторе.

Порядок выполнения расчета

1 Выписать исходные данные согласно варианту (таблица 2.1) и вычертить схему цепи (рисунок 2.1).

Таблица 3.2 – Исходные данные для расчета

вариант	№ схемы	Задаваемая величина	Действие с резисторами		Номиналы сопротивлений						Время работы цепи, часов
			Замкнут накоротко	Выключен из схемы	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$	$R_5, Ом$	$R_6, Ом$	
1	1	$U = 200 В$	R_1	--	5	10	4	15	6	4	48
2	2	$U_2 = 18 В$	--	R_1	10	6	4	15	4	10	12
3	3	$U_4 = 6 В$	R_1	--	4	10	4	15	6	4	32
4	4	$U_3 = 9 В$	R_1	--	4	6	3	8	15	4	90
5	5	$U_6 = 6 В$	R_1	--	4	10	12	12	12	6	70
6	6	$U = 30 В$	--	R_1	15	6	12	15	8	2	120
7	1	$U_3 = 70 В$	R_6	--	5	10	7	6	6	4	60
8	2	$U_5 = 20 В$	--	R_2	2	15	8	15	4	10	56
9	3	$U = 14 В$	--	R_2	4	15	4	15	6	4	132
10	4	$U_5 = 60 В$	R_2	--	4	2	4	8	15	4	85
11	5	$U = 95 В$	--	R_2	4	10	12	12	12	6	90
12	6	$U_5 = 48 В$	R_2	--	4	6	12	15	8	2	150
13	1	$I_6 = 3 А$	R_5	--	5	3	3,6	6	6	4	150
14	2	$U_1 = 15 В$	R_3	--	30	15	4	15	4	10	60
15	3	$U_1 = 10 В$	R_3	--	4	15	4	15	12	18	128
16	4	$U_2 = 6 В$	--	R_3	3	1	3	6	15	4	62
17	5	$U_4 = 12 В$	R_3	--	7	12	3	12	12	12	190
18	6	$U_4 = 36 В$	--	R_3	15	4	12	15	8	2	160
19	1	$U_2 = 50 В$	R_1	--	5	10	4	15	4	6	100
20	2	$U_3 = 6 В$	--	R_1	10	6	4	15	4	10	40
21	3	$U_2 = 2 В$	R_5	--	4	10	4	15	6	10	50
22	4	$U_6 = 40 В$	R_2	--	6	2	3	8	15	4	120
23	5	$U_5 = 36 В$	--	R_6	4	10	12	4	12	6	45
24	6	$U_3 = 15 В$	R_6	--	15	6	12	15	10	2	100
25	1	$U_1 = 100 В$	--	R_2	5	10	4	15	6	4	45
26	2	$I_3 = 1,5 А$	--	R_1	10	4	6	15	4	10	70
27	3	$U_3 = 12 В$	--	R_4	4	15	3	15	6	1	125
28	4	$U_1 = 4 В$	R_4	--	4	11	30	8	15	4	100
29	5	$U_1 = 24 В$	--	R_4	4	10	12	12	6	6	260
30	6	$U_1 = 54 В$	--	R_4	15	4	15	15	8	2	180

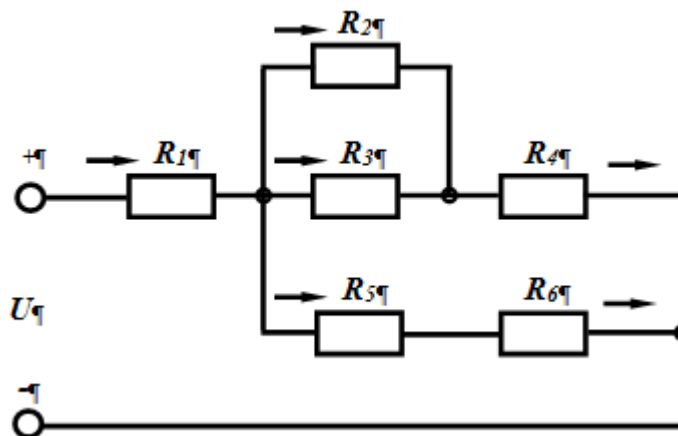


Рисунок 3.3 Электрическая цепь постоянного тока

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем эквивалентное сопротивление:

т.к. сопротивления R_2 и R_3 соединены параллельно, то

$$R_{2-3} = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3}$$

т.к. R_{2-3} и R_4 соединены последовательно, то

$$R_{2-4} = R_{2-3} + R_4$$

т.к. R_5 и R_6 соединены последовательно, то

$$R_{5-6} = R_5 + R_6$$

т.к. R_{2-4} и R_{5-6} соединены параллельно, то $R_{2-6} = \frac{R_{2-4} * R_{5-6}}{R_{2-4} + R_{5-6}} = \frac{10 * 10}{10 + 10} = 5.0 \text{ Ом}$

т.к. R_1 и R_{2-6} соединены последовательно, то $R_{\text{экв}} = R_1 + R_{2-6} = 5 + 5 = 10.0 \text{ Ом}$

2. Определяем токи в отдельных резисторах:

т.к. R_5 и R_6 соединены последовательно, то $I_6 = I_5 = I_{5-6} = 4 \text{ А}$

$$U_{5-6} = I_{5-6} * R_{5-6} = 4 * 10 = 40 \text{ В},$$

т.к. R_{2-4} и R_{5-6} соединены параллельно, то $U_{5-6} = U_{2-4} = U_{2-6} = 40 \text{ В}$

$$I_{2-4} = \frac{U_{2-4}}{R_{2-4}} = \frac{40}{10} = 4 \text{ А}$$

$$I_{2-6} = \frac{U_{2-6}}{R_{2-6}} = \frac{40}{5} = 8 \text{ А}.$$

т.к. R_{2-3} и R_4 соединены последовательно, то $I_{2-3} = I_4 = I_{2-4} = 4 \text{ А}$,

тогда $U_{2-3} = I_{2-3} * R_{2-3} = 4 * 6 = 24 \text{ В}$,

т.к. сопротивления R_2 и R_3 соединены параллельно, то

$$U_2 = U_3 = U_{2-3} = 24 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{24}{15} = 1,6 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{24}{10} = 2,4 \text{ А},$$

т.к. сопротивления R_1 и R_{2-6} соединены последовательно, то $I_1 = I_{2-6} = I_{1-6} = 8A$.

3. Определяем напряжения на отдельных участках цепи и напряжения на зажимах всей цепи:

$$U_1 = I_1 * R_1 = 8 * 5 = 40B;$$

$$U_2 = 24B;$$

$$U_3 = 24B;$$

$$U_4 = I_4 * R_4 = 4 * 4 = 16B;$$

$$U_5 = I_5 * R_5 = 4 * 4 = 16B;$$

$$U_6 = I_6 * R_6 = 4 * 6 = 24B;$$

$$U = I * R_{экв} = 8 * 10 = 80B.$$

4. Определяем мощности, выделяемые на отдельных резисторах и мощность всей цепи:

$$P_1 = U_1 * I_1 = 40 * 8 = 320Bm;$$

$$P_2 = U_2 * I_2 = 24 * 1,6 = 38,4Bm;$$

$$P_3 = U_3 * I_3 = 24 * 2,4 = 57,6Bm;$$

$$P_4 = U_4 * I_4 = 16 * 4 = 64Bm;$$

$$P_5 = U_5 * I_5 = 16 * 4 = 64Bm;$$

$$P_6 = U_6 * I_6 = 24 * 4 = 96Bm;$$

$$P = U * I = 80 * 8 = 640Bm.$$

5. Определяем расход энергии цепью за 100 часов:

$$W = P * t * 10^{-3} = 640 * 100 * 10^{-3} = 64кВт \cdot ч.$$

6. Производим проверку правильности решения составлением баланса мощностей:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

Практическое занятие № 3

ТЕМА: Расчёт разветвлённых электрических цепей

1 Выписать исходные данные (таблица 3.1) и вычертить схему цепи согласно варианту (рисунок 4.1 - 4.6).

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

Вариант	Номер рисунка	U	Замкнуть накоротко	Сопротивление резисторов, Ом				
		B		R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
1	4.1	100	R_1	11	3	4	8	4
2		140	R_2	4	12	3	5	7
3		150	R_3	3	5	13	6	7
4		60	R_4	5	6	7	14	12
5		170	R_5	7	4	5	8	15
6	4.2	80	R_1	11	8	5	16	9
7		180	R_2	13	7	17	8	6
8		30	R_3	6	18	7	9	4
9		190	R_4	19	6	3	7	9
10		20	R_5	5	10	4	8	3
11	4.3	100	R_1	9	4	11	10	7
12		160	R_2	5	7	3	12	6
13		110	R_3	6	10	8	2	13
14		140	R_4	4	5	7	14	3
15		50	R_5	6	6	15	4	4
16	4.4	190	R_1	10	16	5	4	7
17		70	R_2	17	6	15	8	3
18		150	R_3	7	18	5	2	6
19		200	R_4	3	4	19	5	4
20		130	R_5	10	9	5	20	7
21	4.5	120	R_1	8	11	6	4	10
22		110	R_2	9	7	3	11	5
23		90	R_3	5	9	12	4	7
24		120	R_4	4	13	5	6	3
25		140	R_5	14	10	7	5	7
26	4.6	60	R_1	7	15	4	8	4
27		160	R_2	10	5	16	4	6
28		200	R_3	8	9	10	18	4
29		180	R_4	3	12	5	7	18
30		150	R_5	19	4	6	10	7

2 Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи, используя метод преобразования и законы последовательного и параллельного соединения.

3 Определить величину тока каждого резистора, учитывая распределение тока и напряжения при последовательном и параллельном соединениях.

4 Определить эквивалентное сопротивление цепи при коротком замыкании одного из резисторов. Для этого необходимо выяснить путь прохождения тока при замыкании и составить новую схему цепи. Методом «свертывания» рассчитать эквивалентное сопротивление цепи при коротком замыкании.

5 Сравнить величину эквивалентного сопротивления цепи в рабочем и аварийном режимах.

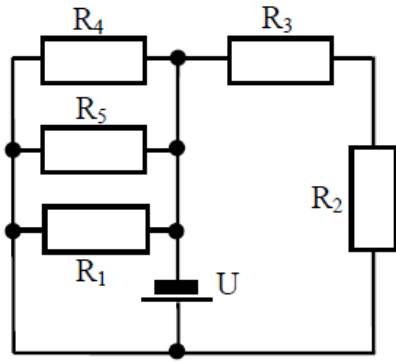


Рисунок 4.1

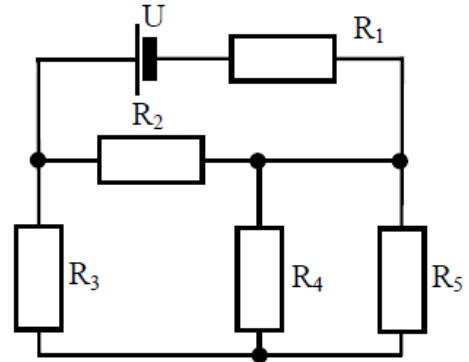


Рисунок 4.2

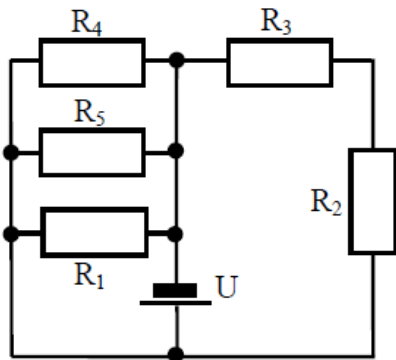


Рисунок 4.1

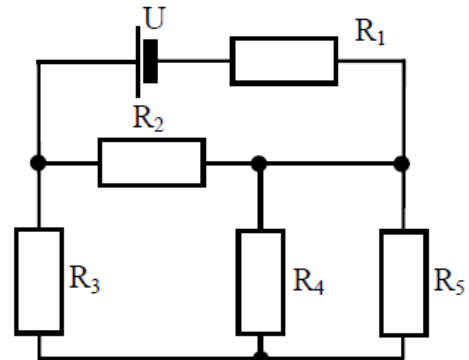


Рисунок 4.2

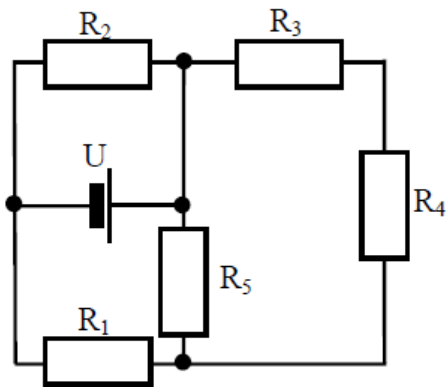


Рисунок 4.3

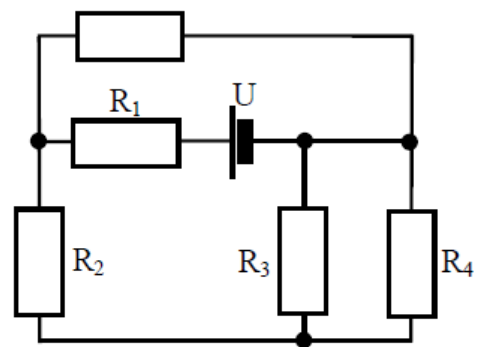


Рисунок 4.4

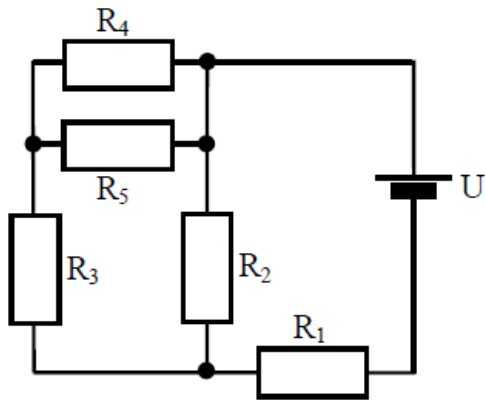


Рисунок 4.5

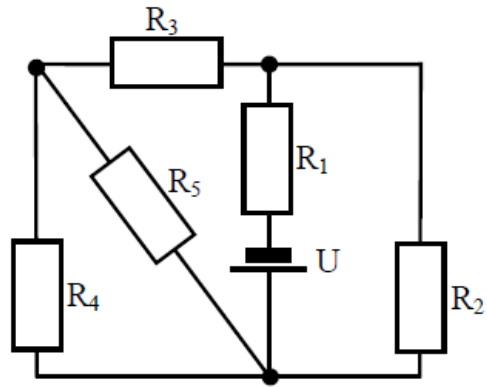


Рисунок 4.6

Для схемы (см. рис. 1.3) выбираем взаимно независимые контуры: I (ACBA); II (BCDB); III (ABDA). Для неизвестных контурных токов II, III, III по второму закону Кирхгофа составляется система из трех уравнений:

$$\begin{cases} E_2 - E_3 = I_I(R_{02} + R_2 + R_5 + R_{03} + R_3) - I_{II}R_5 - I_{III}(R_{03} + R_3) \\ 0 = I_{III}(R_4 + R_5 + R_6) - I_I R_5 - I_{III}R_4 \\ E_3 - E_1 = I_{III}(R_{03} + R_3 + R_4 + R_{01} + R_1) - I_I(R_{03} + R_3) - I_{II}R_4 \end{cases}$$

После решения системы уравнений получаем значения контурных токов: II, III, III.

Далее определяются действительные токи в ветвях. В ветвях, не являющихся общими для смежных контуров, т.е. в несмежных ветвях, найденный контурный ток будет равен действительному току ветви: $I_1 = I_2$, $I_{III} = I_{II}$, $I_{III} = I_6$. В общих же для смежных контуров ветвях действительный ток равен алгебраической сумме контурных токов:

$$I_3 = I_{III} - I_I$$

$$I_4 = I_{III} - I_{II}$$

$$I_5 = I_{II} - I_I$$

Проверка правильности решения по определению токов осуществляется с помощью баланса мощностей:

$$\sum \bar{E} \cdot \bar{I} = \sum \bar{E} \cdot \bar{I} + \sum I^2 \cdot R$$

$$E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 = I_1^2(R_{01} + \bar{R}_1) + I_2^2(R_{02} + \bar{R}_2) + I_3^2(R_{03} + \bar{R}_3) + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6$$

Уравнение составлено для случая совпадения направления действия токов: II, I2, I3 и ЭДС E1, E2, E3. Если направления I и E не совпадают, то их произведение переносится в правую часть уравнения. Задания для разделов 1,2 приведены

в таблице 2.1. Схемы разветвленных цепей с несколькими источниками питания приведены на рисунках 2.1–2.30.

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчета

Вар.	№ рис.	E_1 В	E_2 В	E_3 В	R_{01} Ом	R_{02} Ом	R_{03} Ом	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	R_4 Ом	R_5 Ом	R_6 Ом
1	2.1	4	8	10	0.2	0.4	1.2	1	8	4	10	4	6
2	2.2	16	24	28	0.8	0.6	0.8	4	3	2	2	10	4
3	2.3	48	30	24	0.1	1.2	0.4	8	2	1	3	2	7
4	2.4	12	8	16	0.4	0.3	1.2	2	6	4	2	1	5
5	2.5	8	6	10	0.6	0.8	0.6	4	8	2	1	2	4
6	2.6	72	36	40	0.8	0.2	0.5	6	4	3	8	8	6
7	2.7	54	40	36	0.2	0.4	1	10	2	2	6	3	3
8	2.8	36	24	10	1	0.6	0.4	8	6	4	5	5	1
9	2.9	20	18	12	0.5	1	0.6	6	2	8	12	1	2
10	2.10	10	24	18	0.2	0.8	0.4	4	8	8	4	10	4
11	2.11	4	8	10	0.2	0.4	1.2	1	8	4	10	4	6
12	2.12	16	24	28	0.8	0.6	0.8	4	3	2	2	10	4
13	2.13	48	30	24	0.1	1.2	0.4	8	2	1	3	2	7
14	2.14	12	8	16	0.4	0.3	1.2	2	6	4	2	1	5
15	2.15	8	6	10	0.6	0.8	0.6	4	8	2	1	2	4
16	2.16	72	36	40	0.8	0.2	0.5	6	4	3	8	8	6
17	2.17	54	40	36	0.2	0.4	1	10	2	2	6	3	3
18	2.18	36	24	10	1	0.6	0.4	8	6	4	5	5	1
19	2.19	20	18	12	0.5	1	0.6	6	2	8	12	1	2
20	2.20	10	24	18	0.2	0.8	0.4	4	8	8	4	10	4
21	2.21	4	8	10	0.2	0.4	1.2	1	8	4	10	4	6
22	2.22	16	24	28	0.8	0.6	0.8	4	3	2	2	10	4
23	2.23	48	30	24	0.1	1.2	0.4	8	2	1	3	2	7
24	2.24	12	8	16	0.4	0.3	1.2	2	6	4	2	1	5
25	2.25	8	6	10	0.6	0.8	0.6	4	8	2	1	2	4
26	2.26	72	36	40	0.8	0.2	0.5	6	4	3	8	8	6
27	2.27	54	40	36	0.2	0.4	1	10	2	2	6	3	3
28	2.28	36	24	10	1	0.6	0.4	8	6	4	5	5	1
29	2.29	20	18	12	0.5	1	0.6	6	2	8	12	1	2
30	2.30	10	24	18	0.2	0.8	0.4	4	8	8	4	10	4

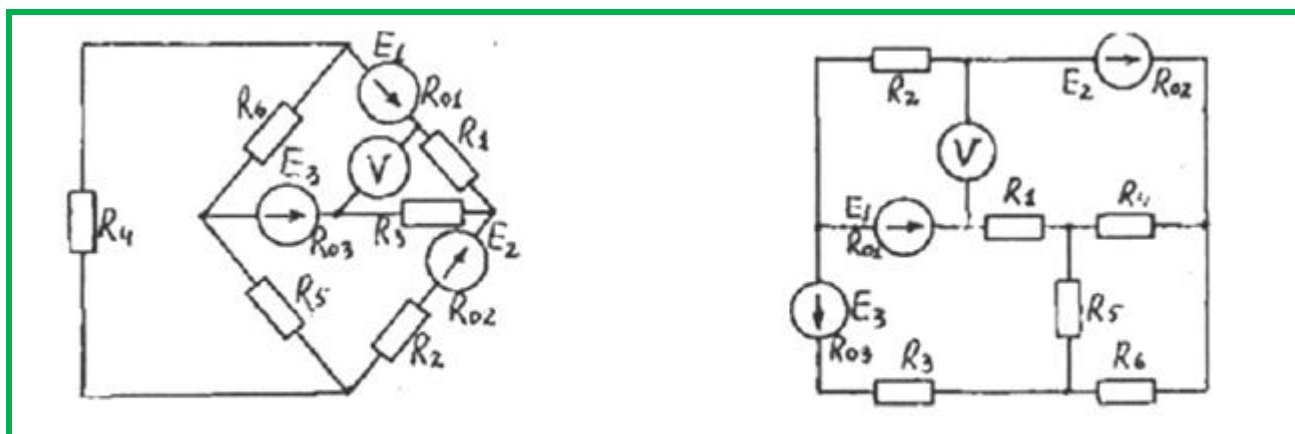


Рисунок 2.1

Рисунок 2.2

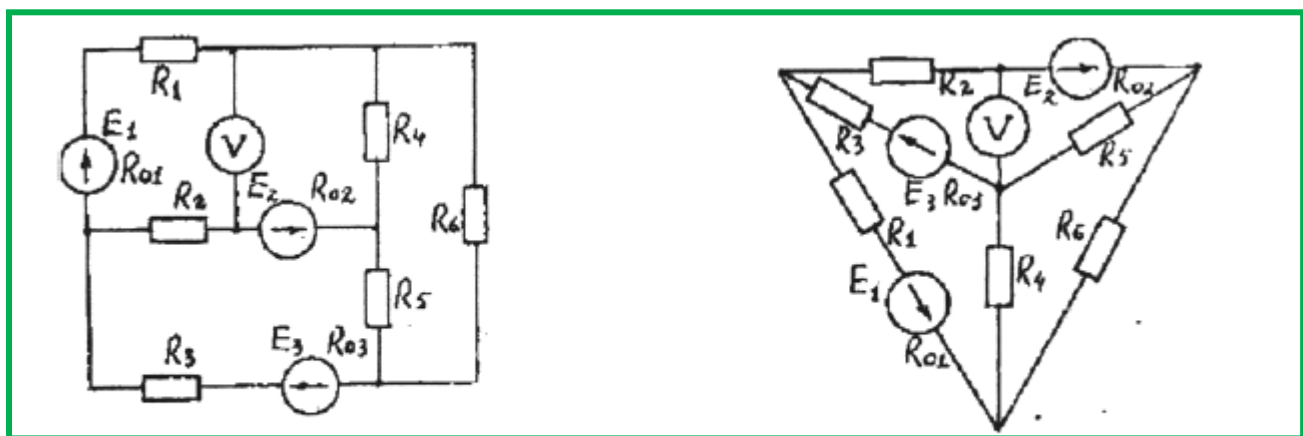


Рисунок 2.3

Рисунок 2.4

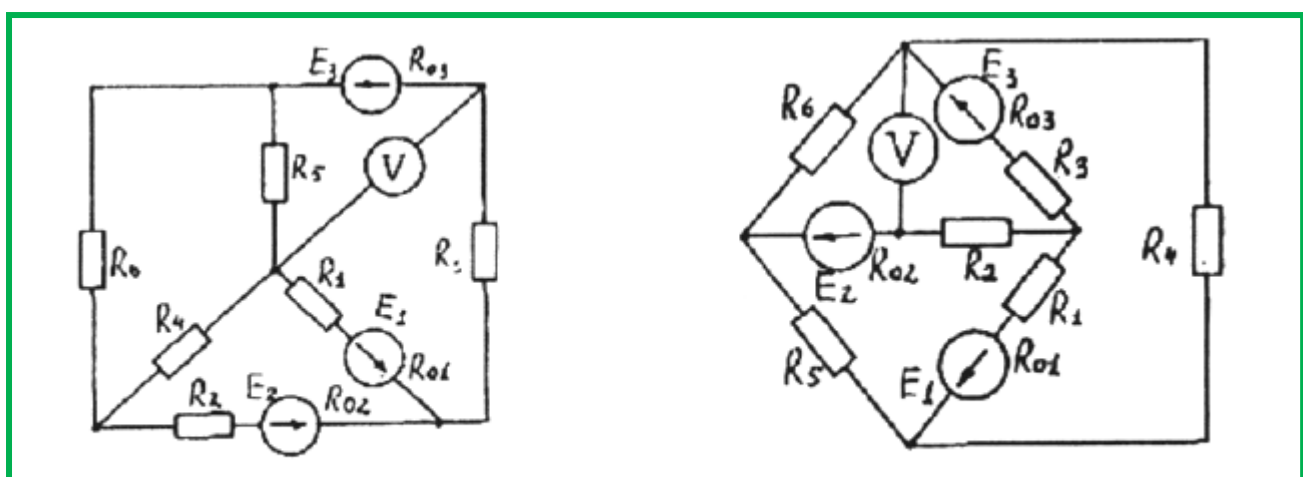


Рисунок 2.5

Рисунок 2.6

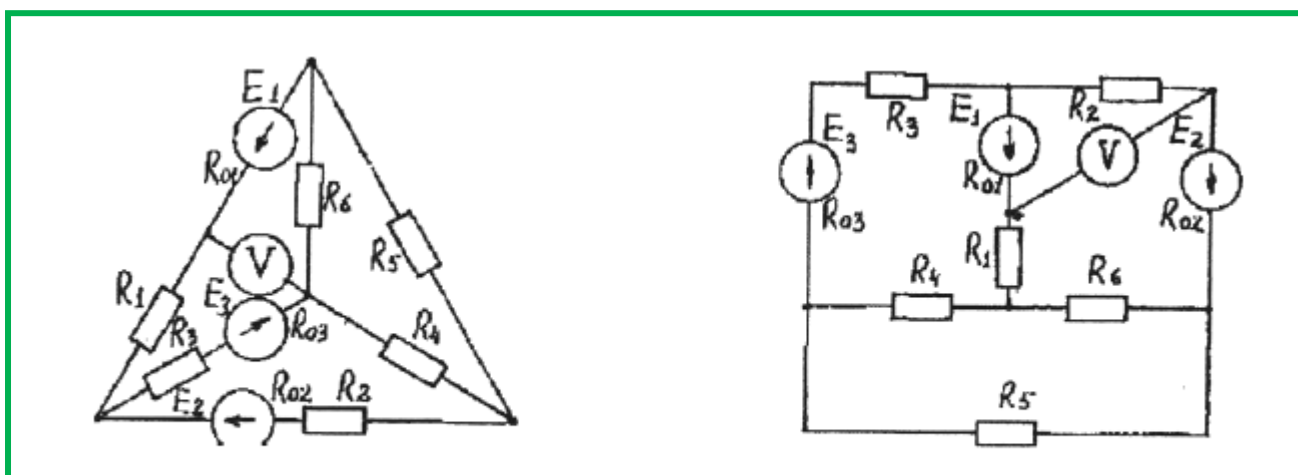


Рисунок 2.7

Рисунок 2.8

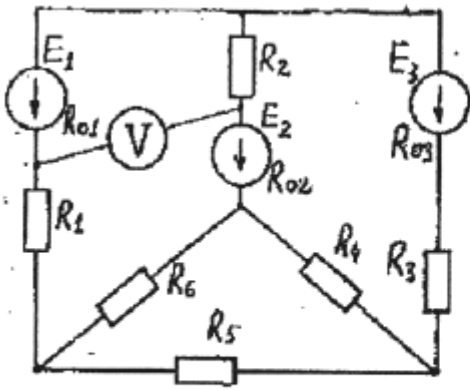


Рисунок 2.9

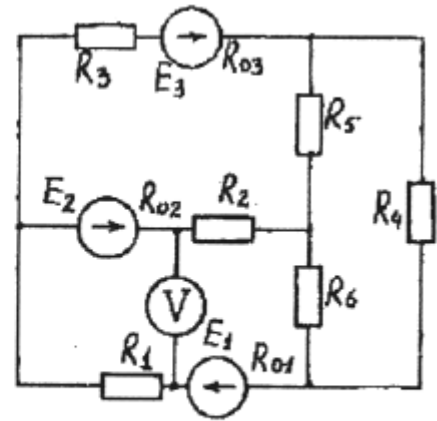


Рисунок 2.10

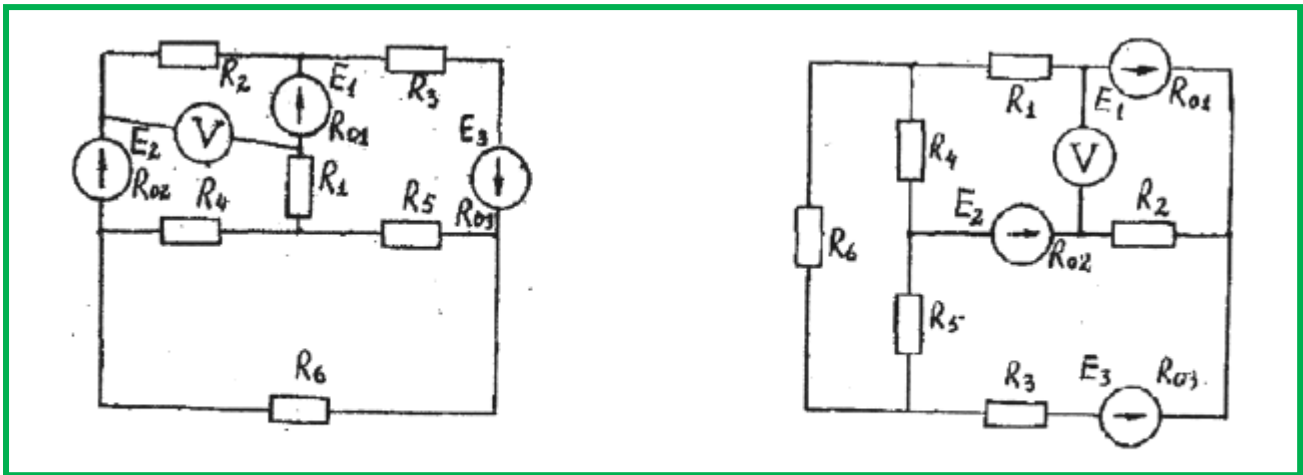


Рисунок 2.11

Рисунок 2.12

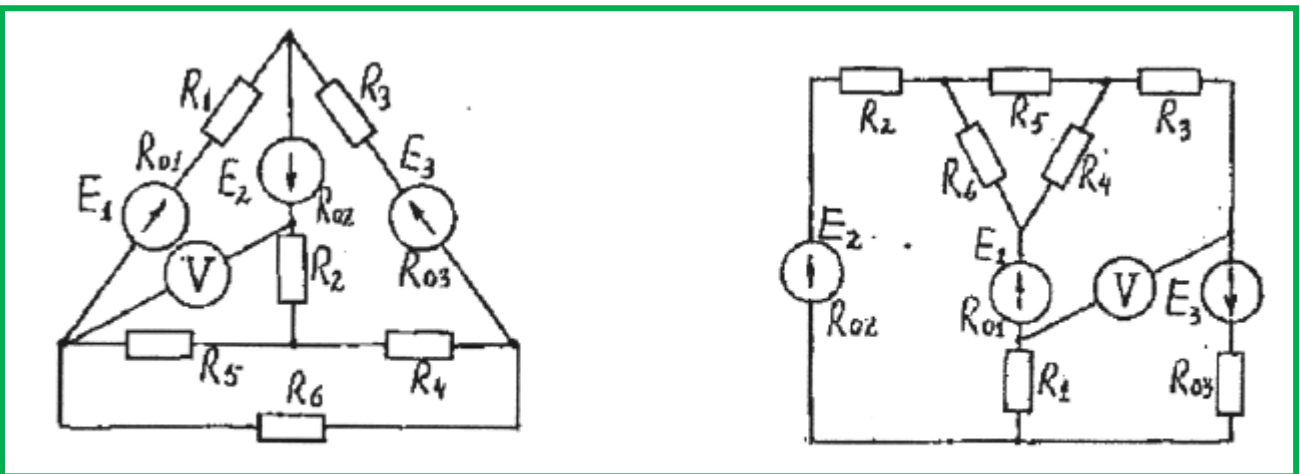


Рисунок 2.13

Рисунок 2.14

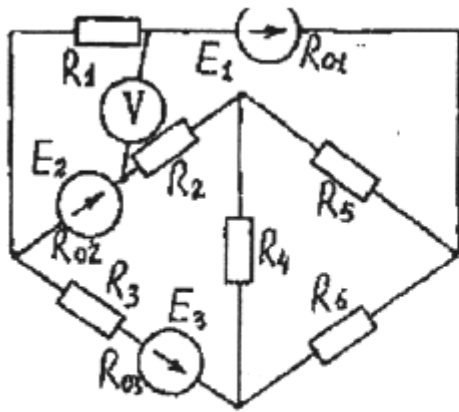


Рисунок 2.15

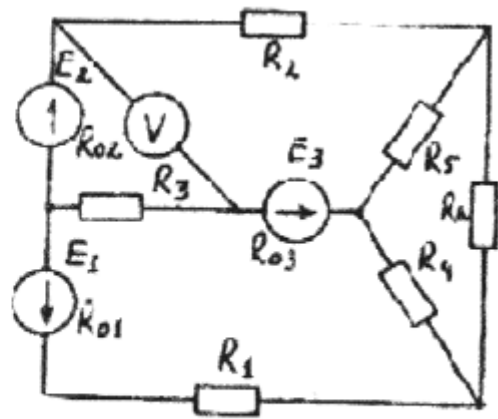


Рисунок 2.16

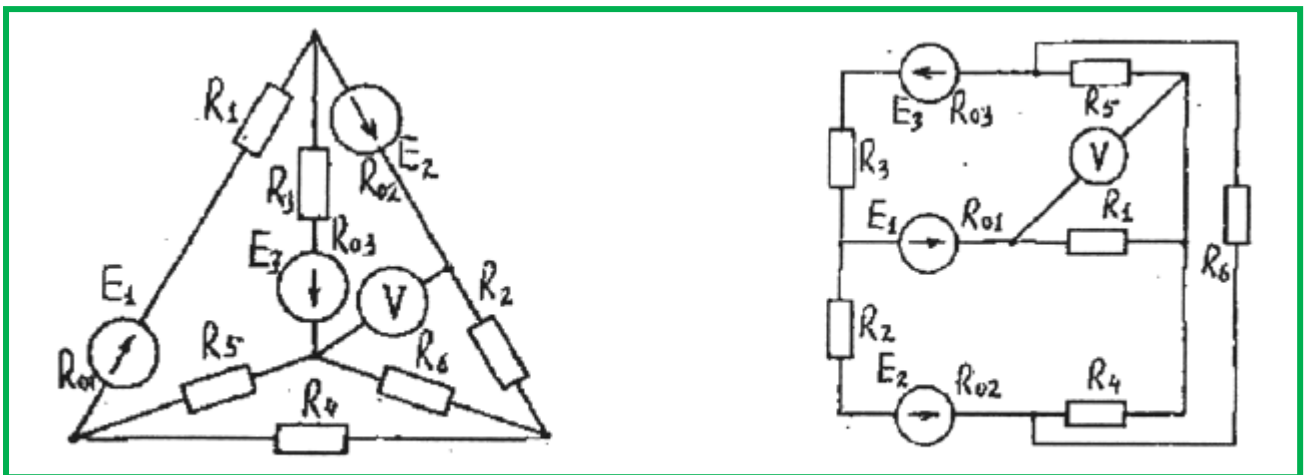


Рисунок 2.17

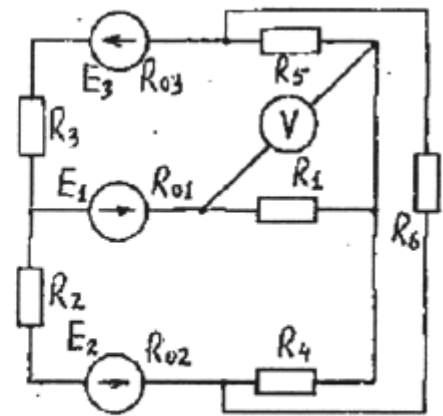


Рисунок 2.18

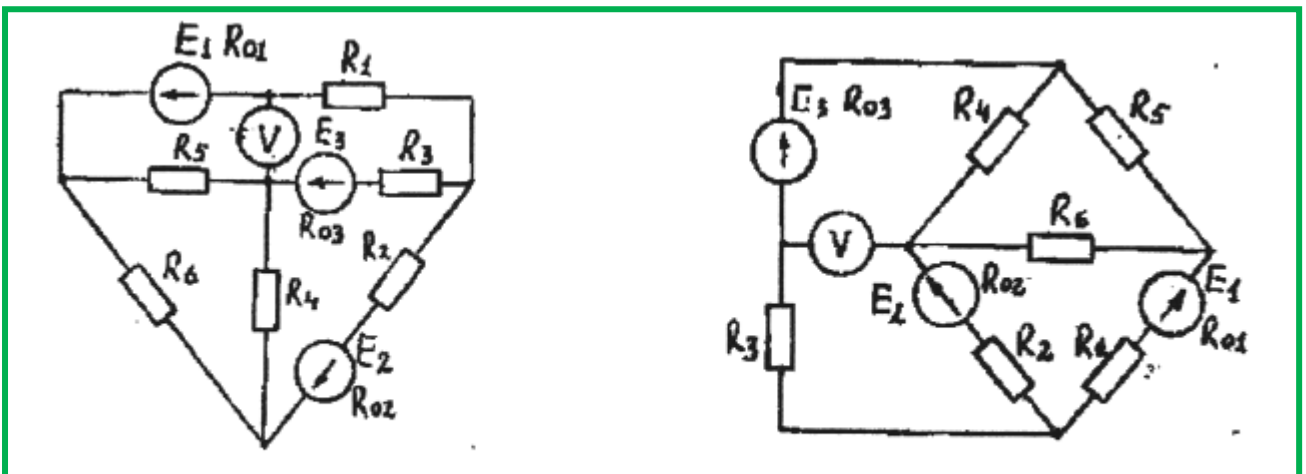


Рисунок 2.19

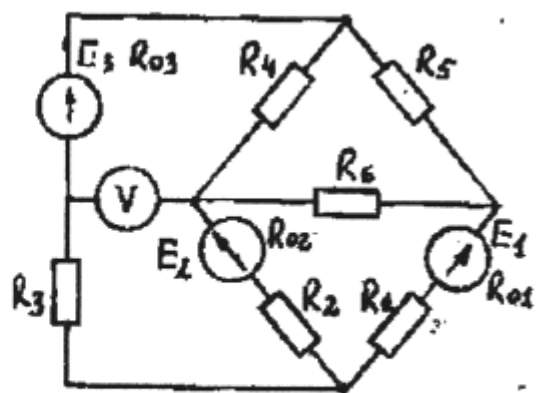


Рисунок 2.20

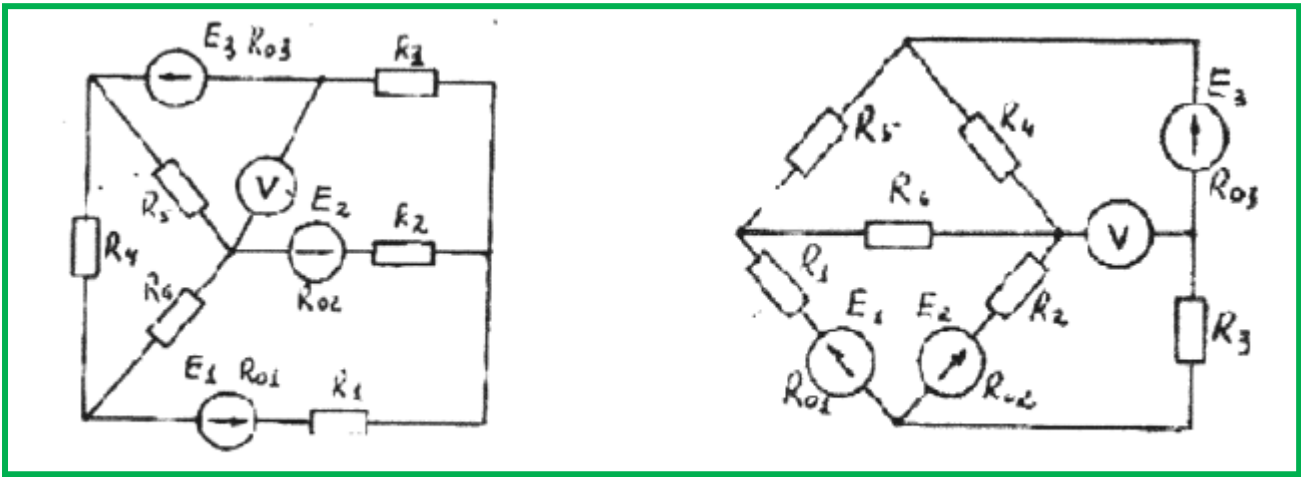


Рисунок 2.21

Рисунок 2.22

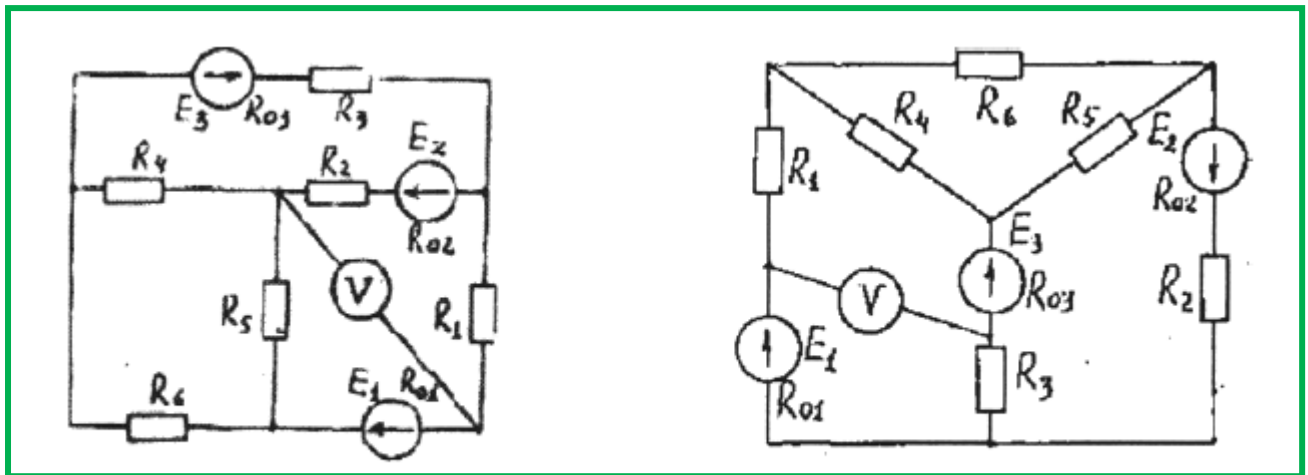


Рисунок 2.23

Рисунок 2.24

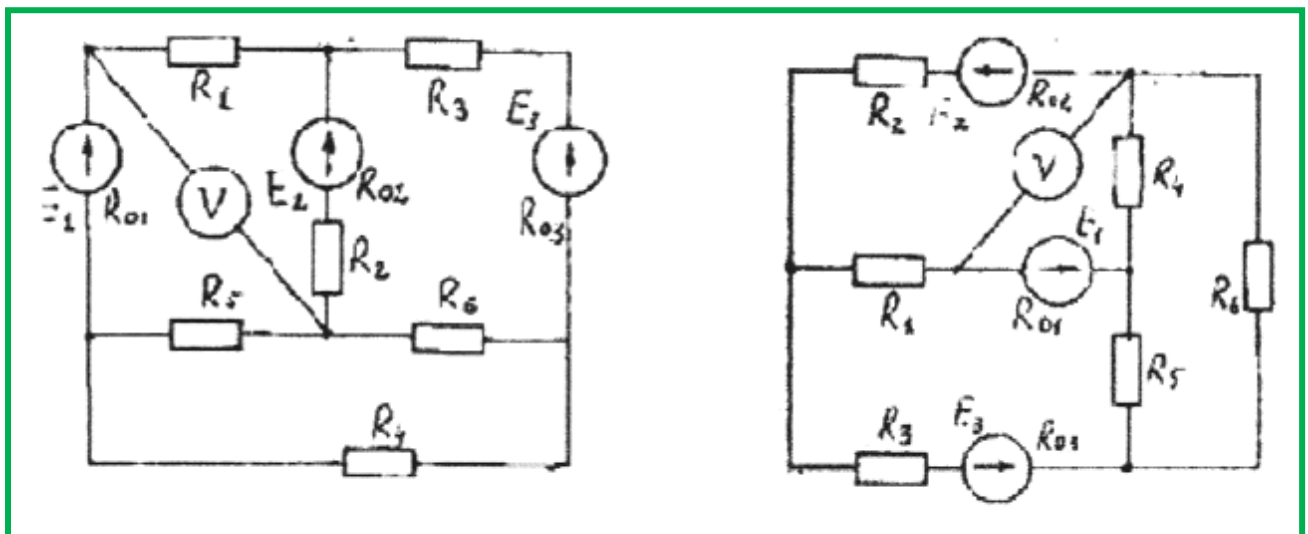


Рисунок 2.25

Рисунок 2.26

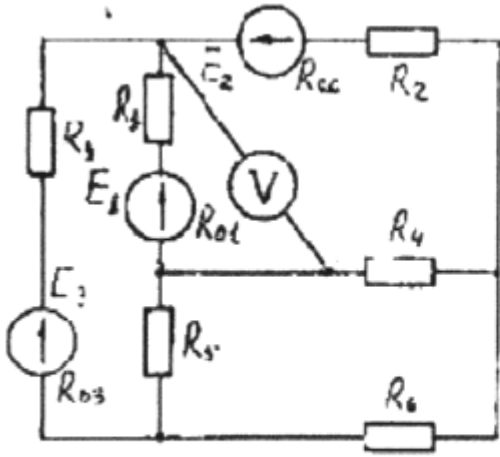


Рисунок 2.27

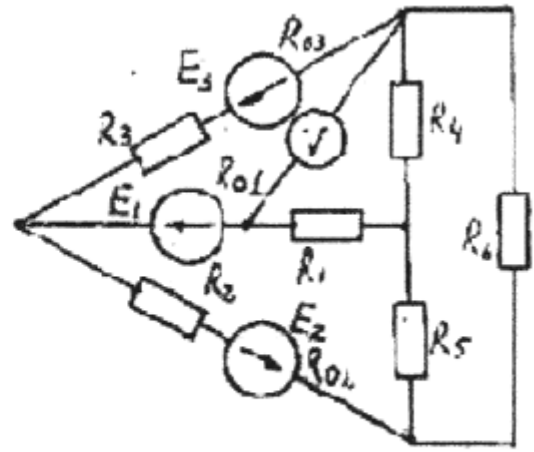


Рисунок 2.28

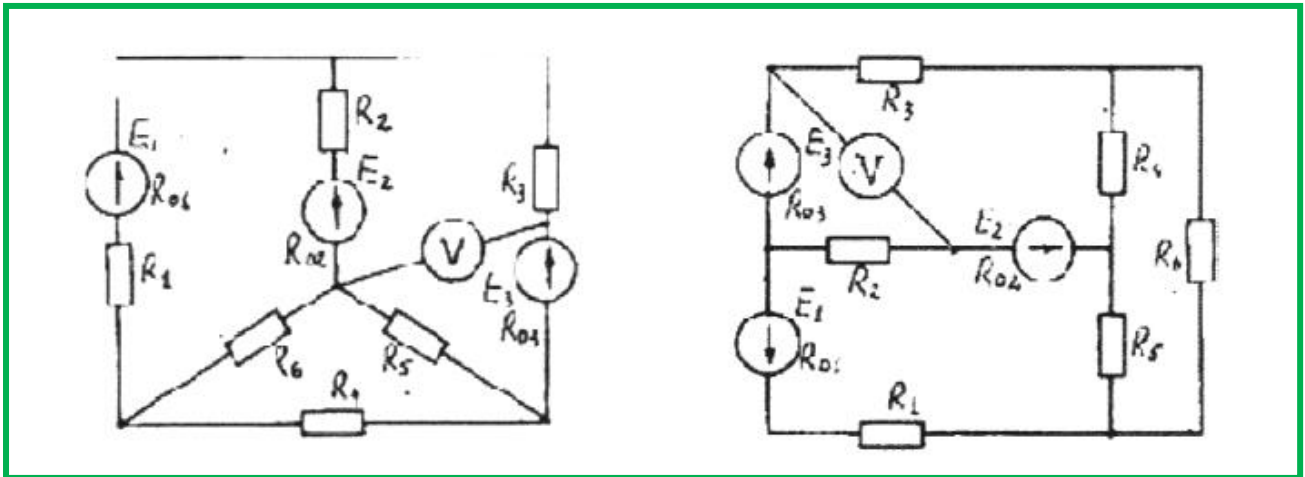


Рисунок 2.29

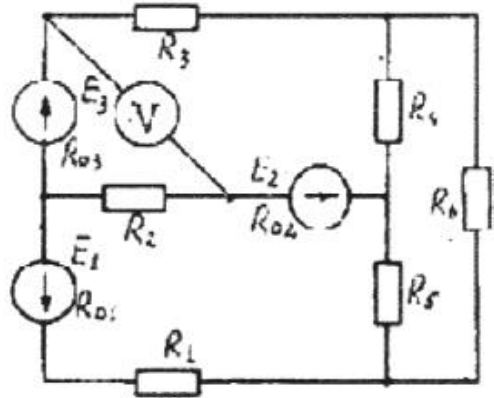


Рисунок 2.30

ЗАДАЧА 5. Расчет неразветвленной неоднородной магнитной цепи с постоянной магнитодвижущей силой.

В цепи, эскиз которой приведен на рис. 16, по заданному значению магнитной индукции в воздушном зазоре B_0 определить магнитный поток и магнитодвижущую силу (МДС). Размеры магнитопровода приведены в табл. 8. Наименования ферромагнитных материалов, из которых изготовлен магнитопровод, и заданное значение B_0 приведены в табл. 9. Числовые значения кривых намагничивания ферромагнитных материалов приведены в табл. 10.

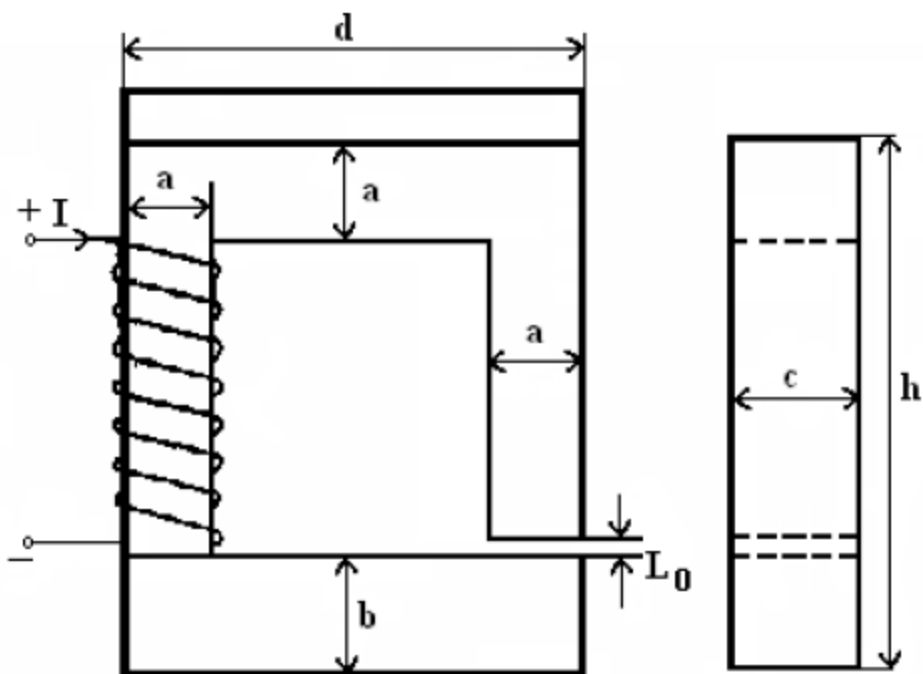


Таблица 8

Номер варианта	Размеры магнитопровода, мм					
	a	b	c	d	h	10
1	2	3	4	5	6	7
1	32	36	30	160	160	1,30
2	36	42	40	140	160	1,30
3	40	36	36	160	180	1,20
4	36	32	40	160	180	1,15
5	34	40	30	160	180	1,15
6	32	36	30	140	200	1,15
7	38	48	40	140	220	1,10
8	40	40	40	160	160	1,30
9	36	40	30	140	160	1,40
10	48	40	40	180	200	1,00

11	42	50	42	200	180	0,95
12	30	32	30	120	140	1,40
13	32	30	30	120	180	1,25
14	34	40	36	120	160	1,40
15	42	36	40	180	200	0,90
16	48	48	38	200	200	0,70
17	36	40	40	160	220	0,50
18	42	50	50	160	240	0,40
19	48	48	48	200	260	0,30
20	42	48	40	200	280	0,20
21	20	24	24	100	140	1,45
22	28	34	30	100	140	1,50
23	26	32	40	100	140	1,45
24	30	36	30	120	120	1,50
25	30	30	30	120	100	1,55

Таблица 9

Номер варианта	Материал		В ₀ , Тл
	верхней П-образной части магнитопровода	нижней части магнитопровода	
1	Эл.техн. Сталь Э310	Пермаллой	1,5
2	Пермаллой	Эл.техн. Сталь Э42	1,4
3	Эл.техн. Сталь Э42	Литая сталь	1,3
4	Литая сталь	Чугун	0,65
5	Пермендюр	Эл.техн. Сталь Э310	1,6

Таблица 10

Напряженность магнитного поля, А/м	Магнитная индукция, Тл					
	Чугун	Литая сталь	Эл.техн. сталь Э310	Эл.техн. сталь Э42	Пермаллой 50НП	Пермендюр
1	2	3	4	5	6	7

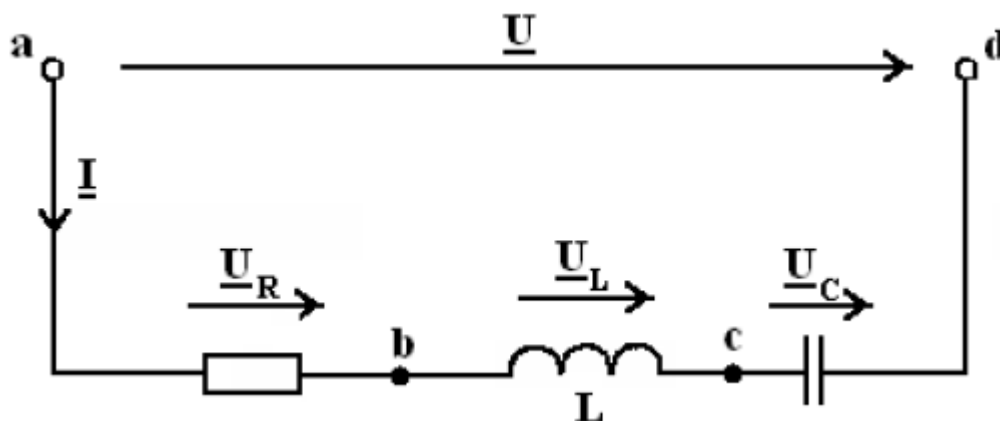
50	0,03	0,12	0,50	0,28	0,95	0,50
100	0,06	0,22	1,00	0,43	1,00	1,00
150	0,08	0,33	1,22	0,61	1,16	1,42
200	0,11	0,43	1,25	0,70	1,21	1,60
300	0,16	0,60	1,33	0,85	1,27	1,84
400	0,20	0,72	1,37	0,96	1,31	1,95
600	0,27	0,90	1,44	1,12	1,37	2,08
1000	0,38	1,10	1,52	1,25	1,46	2,20
2000	0,55	1,33	1,60	1,38	1,55	2,31
3000	0,65	1,45	1,66	1,44	1,60	2,33
4000	0,70	1,53	1,71	1,49	1,65	2,36
5000	0,73	1,60	1,77	1,55	1,70	2,43
6000	0,75	1,61	1,82	1,60	1,75	2,45

ЗАДАЧА 6. Расчет последовательной цепи синусоидального тока.

В цепи, схема которой приведена на рис. 19, требуется:

1. Определить: действующее I и амплитудное I_m значение тока; действующие значения напряжений на элементах цепи U_R, U_L, U_C ; действующее U и амплитудное U_m значения напряжения на зажимах цепи; угловую частоту ω ; угол сдвига фаз между напряжением и током ϕ ; начальную фазу напряжения на зажимах цепи ψ_U ; мощности элементов цепи P, Q_L, Q_C ; полную S и реактивную Q мощности цепи; коэффициент мощности цепи $\cos \phi$. Одна из этих величин может оказаться заданной.

2. Составить уравнения мгновенных значений тока $i(\omega t)$ и напряжения $U(\omega t)$ и построить синусоиды, соответствующие этим уравнениям.



3. Построить векторную диаграмму тока I и напряжений U, U_R, U_L, U_C и треугольник мощностей.

Исходные данные к расчету приведены в табл. 11 и 12. Частота $f = 50$ Гц.

Таблица

Номер личного варианта	R, Ом	L, МГн	C, мкФ	Ψ_i , град	Номер личного варианта	R, Ом	L, МГн	C, мкФ	Ψ_i , град
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	9,6	796	0	14	2	15,9	1061	70
2	2	12,7	1061	10	15	4	6,4	531	-30
3	2	9,6	531	-90	16	3	6,4	637	80
4	3	12,7	1592	20	17	4	19,1	1592	-20
5	2	19,1	1061	-80	18	3	15,9	1592	90
6	3	6,4	796	30	19	4	9,6	637	-10

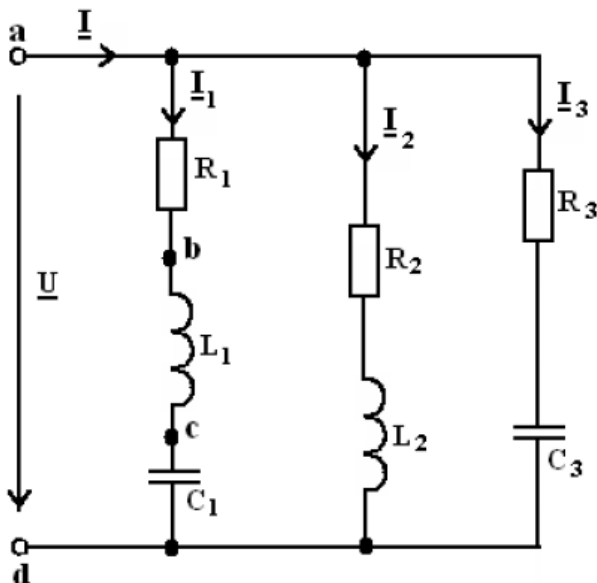
7	3	19,1	1592	-70	20	4	15,9	1061	15
8	2	6,4	796	40	21	4	9,6	455	-45
9	3	6,4	531	-60	22	4	9,6	531	25
10	2	12,7	1592	50	23	4	15,9	455	-35
11	2	12,7	531	-50	24	4	19,1	1061	35
12	2	9,6	637	60	25	4	22,3	637	-25
13	2	19,1	796	-40					

Таблица

Номер группового варианта	1	2	3	4	5
Дано	$U = 12 \text{ В}$	$S = 100 \text{ В} \cdot \text{А}$	$Q = 72 \text{ вар.}$	$U_{ac} = 10 \text{ В}$	$U_{bc} = 4 \text{ В}$

ЗАДАЧА 7. Расчет параллельной цепи синусоидального тока. Определить токи и построить векторную диаграмму напряжения и токов цепи, общая схема которой приведена на рис. 23. Данная схема соответствует первому групповому варианту. Схемы для остальных групповых вариантов получаются путем исключения из общей схемы одного из элементов согласно табл. 13. Исходные данные расчету приведены в табл. 14.

Таблица



Номер варианта	Элемент, исключаемый из общей схемы
1	-
2	L_2
3	R_2
4	R_3
5	C_3

Номер личного варианта	Одна из задан- ных величин	Сопротивления, Ом						
		R ₁	X _{L1}	X _{C1}	R ₂	X _{L2}	R ₃	X _{C3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	U = 20 В	3	6	2	8	6	5	5
2	U _{ab} = 40 В	8	4	10	10	20	16	10
3	U _{bc} = 50 В	12	10	5	24	18	21	24
4	U _{cd} = 36 В	9	6	18	10	15	10	10
5	U _{ac} = 45 В	5	10	5	6	8	12	7
6	U _{bd} = 21 В	4	3	10	4	6	8	6
7	P ₁ = 200 Вт	8	8	4	9	5	15	9
8	Q _{L1} = 8 вар	9	2	10	4	3	8	8
9	Q _{C1} = 136 вар	15	15	7	15	20	10	15
10	Q ₁ = 600 вар	10	5	20	9	6	12	4
11	S ₁ = 320 В·А	12	20	4	8	16	20	10
12	U = 35 В	5	5	10	5	7	15	8
13	U _{ab} = 42 В	7	5	12	12	15	10	10
14	U _{bc} = 80 В	10	20	10	8	7	15	20
15	U _{cd} = 30 В	20	25	10	15	15	10	20
16	U _{ac} = 36 В	4	6	3	5	5	7	4
17	U _{bd} = 32 В	6	2	10	10	8	16	12
18	P ₁ = 180 Вт	5	20	8	10	15	13	13
19	Q _{L1} = 150 вар	12	6	15	15	10	20	20
20	Q _{C1} = 40 вар	5	15	10	7	7	4	8
21	Q ₁ = 144 вар	7	6	10	3	8	4	6
22	S ₁ = 225 В·А	4	10	2	9	5	15	10
23	U = 72 В	8	6	15	18	24	12	18
24	U _{ac} = 86 В	8	20	5	12	16	15	10
25	U _{bd} = 70 В	15	10	20	26	25	12	16

ЗАДАЧА 9. Расчет трехфазной четырехпроводной цепи, соединенной звездой.

Комплексные сопротивления фаз приемника $\underline{Z}_a = R_1 + j(X_{L1} - X_{C1})$;

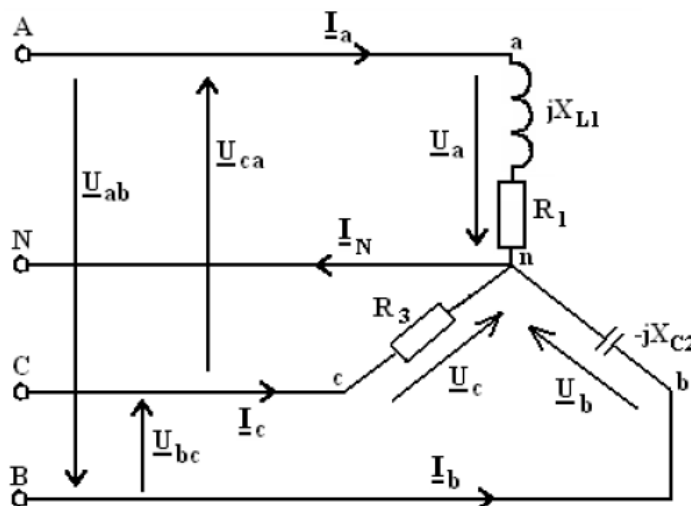
$\underline{Z}_b = R_2 + j(X_{L2} - X_{C2})$, $\underline{Z}_c = R_3 + j(X_{L3} - X_{C3})$. Числовые значения $R_1, X_{L1}, \dots, X_{C3}$ даны в табл. 16. Значение линейного напряжения $U_{\text{Лсети}}$, к которой подключен приемник, приведено в табл. 17. Сопротивление нейтрального провода принимается равным нулю.

Начертить схему цепи и показать на ней условно положительные направления линейных и фазных напряжений, линейных токов и тока в нейтральном проводе.

(Элементы цепи, сопротивления которых равны нулю, на схеме не показывать.)

Определить: линейные токи I_a, I_b, I_c и ток в нейтральном проводе I_N ; комплексные мощности фаз приемника S_a, S_b, S_c и всех трех фаз S ; углы сдвига между фазными напряжениями и токами $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$.

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.



Номер варианта	Сопротивления, Ом								
	R_1	X_{L1}	X_{C1}	R_2	X_{L2}	X_{C2}	R_3	X_{L3}	X_{C3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	8	4	4	3	4	0	18	6
2	4	7	4	4	3	0	10	6	6
3	3	8	4	3	4	0	0	12	2
4	4	7	4	4	3	0	0	5	15
5	6	4	12	6	0	8	9	12	0
6	8	4	10	8	0	6	15	8	8
7	6	4	12	6	0	8	0	25	10
8	8	4	10	8	0	6	10	10	25

9	4	6	9	4	7	4	12	0	16
10	4	9	12	4	4	7	20	25	5
11	4	12	9	4	7	4	0	28	8
12	4	9	12	4	4	7	10	10	20
13	9	17	5	9	12	0	8	10	16
14	12	14	5	12	9	0	10	10	10
15	9	17	5	9	12	0	0	15	5
16	12	14	5	12	9	0	0	6	16
17	12	6	12	10	26	16	16	12	0
18	16	6	6	18	16	10	22	20	8
19	12	6	22	12	10	26	0	28	8
20	16	6	18	16	10	22	0	12	32
21	15	25	5	15	20	0	21	10	28
22	20	20	15	20	15	0	35	10	10
23	15	25	5	15	20	0	0	45	10
24	20	20	15	20	15	0	0	10	45
25	18	4	28	18	0	24	24	32	0

Номер группового варианта	1	2	3	4	5
Линейное напряжение сети, В	660	380	220	690	400

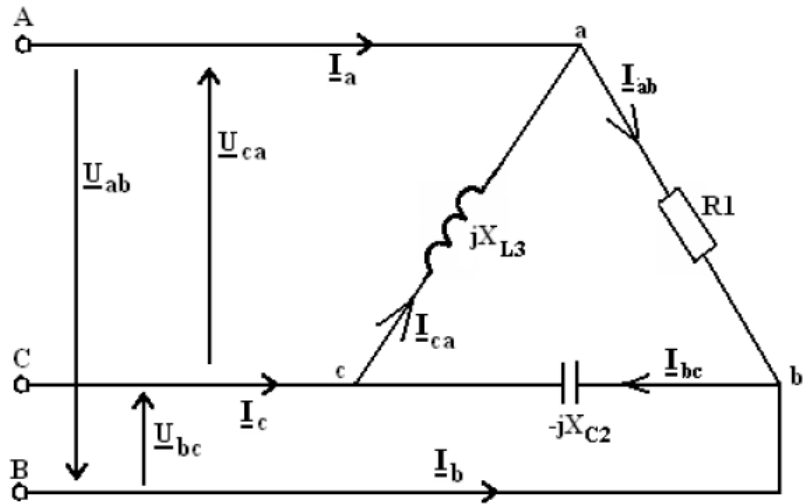
ЗАДАЧА 10. Расчет трехфазной цепи, соединенной треугольником.

Комплексные сопротивления фаз приемника определяются выражениями: $\underline{Z}_{ab} = R_1 + j(X_{L1} - X_{C1})$; $\underline{Z}_{bc} = R_2 + j(X_{L2} - X_{C2})$; $\underline{Z}_{ca} = R_3 + j(X_{L3} - X_{C3})$. Числовые значения сопротивлений $R_1, X_{L1}, \dots, X_{C3}$ даны в табл. 16. Значение линейного напряжения сети U_L , к которой подключен приемник, приведено в табл. 17.

Начертить схему цепи и показать на ней условно положительные направления линейных напряжений, линейных и фазных токов. (Элементы цепи, сопротивления которых равны нулю, на схеме не показывать.)

Определить: фазные I_{ab}, I_{bc}, I_{ca} и линейные I_a, I_b, I_c токи; углы сдвига фаз между фазными напряжениями и токами $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$.

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.



Номер варианта	$S_{\text{НОМ}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$U_{1\text{НОМ}}, \text{кВ}$	$U_{2\text{НОМ}}, \text{В}$	$P_X, \text{кВт}$	$P_K, \text{кВт}$	$\varphi_2, \text{град}$
1	25	10	380	0,3	1	0
2	40	15	380	0,4	1	10
3	63	10	380	0,6	2	20
4	63	20	660	0,7	2	30
5	100	10	660	1,0	3	40
6	100	35	660	0,9	3	-10
7	160	10	3000	1,5	4	-20
8	160	35	3000	1,6	5	-30
9	250	10	230	2,5	5	-40
10	250	35	380	2,4	6	15
11	400	10	660	4,0	12	-15
12	400	35	3150	3,8	11	25
13	630	10	230	6,3	20	-25
14	630	35	400	6,0	18	35
15	1000	10	690	10,0	30	-35
16	1000	35	3150	9,0	30	37
17	1600	10	3300	16,0	50	-37
18	1600	35	690	15,0	45	26
19	2500	10	6300	25,0	75	-26

20	2500	35	3300	24,0	60	18
21	4000	10	6600	40,0	100	-18
22	4000	35	6600	38,0	100	24
23	6300	10	380	63,0	200	28
24	6300	35	400	60,0	150	32
25	9000	35	6000	100,0	250	38

Номер группового варианта	1	2	3	4	5
Uк, %	8	9	10	7	6
Группы соединения обмоток	Y/Y - 0	Y/Δ - 11	Y/Y - 0	Y/Δ - 11	Y/Y - 0