

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

УТВЕРЖДЕНО

Приказом директор колледжа

\_\_\_\_\_ 3.Г. Клименко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

КОМПЛЕКТ

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

по учебной дисциплине ОП.02. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

основной профессиональной образовательной программы

среднего профессионального образования

– программы подготовки специалиста среднего звена по специальности

**23.02.04 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ,  
СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ  
(ПО ОТРАСЛЯМ).**

Базовая подготовка среднего профессионального образования

Тула 2017

Комплект контрольно-измерительных материалов разработан на основе рабочей программы дисциплины **ОП.02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА** 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 **23.02.04 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ)**, 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***

Система контроля качества образования студентов специальности **23.02.04 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ)** включает описание задач, функций и условий формирования фонда контрольно-измерительных материалов, раскрывает содержание видов и форм контроля, включая традиционные, комплексные и инновационные измерительные материалы.

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

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 и электроника обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС СПО по специальности **23.02.04 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ)** следующими умениями, знаниями, которые формируют профессиональные компетенции, и общими компетенциями:

### *Умения*

- У1 производить расчет параметров электрических цепей;
- У2 собирать электрические схемы и проверять их работу;
- У3 читать и собирать простейшие схемы с использованием полупроводниковых приборов;
- У4 определять тип микросхем по маркировке;

### *Знания*

- З1 методы преобразования электрической энергии, сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях, порядок расчета их параметров;
- З2 преобразование переменного тока в постоянный;
- З3 усиление и генерирование электрических сигналов.

### *Общие компетенции*

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

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

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

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

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

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

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

#### *Профессиональные компетенции*

ПК 1.1. Выполнять операции по осуществлению перевозочного процесса с применением современных информационных технологий управления перевозками.

ПК 1.2. Организовывать работу персонала по обеспечению безопасности перевозок и выбору оптимальных решений при работах в условиях нестандартных и аварийных ситуаций.

ПК 2.2. Обеспечивать безопасность движения и решать профессиональные задачи посредством применения нормативно-правовых документов.

ПК 2.3. Организовывать работу персонала по технологическому обслуживанию перевозочного процесса.

Формой промежуточной аттестации по учебной дисциплине является

**Дифференциальный 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 производить расчет параметров электрических цепей;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• правильность расчета основных параметров (напряжения, тока, мощности, сопротивления) простых цепей постоянного и переменного тока;</li> <li>• формулирование основных законов электрических и магнитных цепей;</li> <li>• знание основных расчетных формул, законов, правил;</li> <li>• правильность расчета индивидуальных задач по темам дисциплины;</li> <li>• правильность расчета параметров трансформатора, генератора, двигателей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• контрольная работа;</li> <li>• устный фронтальный опрос;</li> <li>• выполнение тестовых заданий;</li> <li>• самоконтроль при выполнении заданий для самостоятельной работы;</li> <li>• наблюдение за деятельностью обучающихся на практических и лабораторных занятиях;</li> <li>• решение индивидуальных задач;</li> <li>• проверка домашних заданий;</li> <li>• экзамен.</li> </ul>
У2 собирать электрические схемы и проверять их работу;	<p>самостоятельная сборка электрических цепей постоянного и переменного тока согласно схеме;</p> <p>самостоятельное измерение тока, напряжения и мощности, сопротивления резистора;</p> <p>демонстрация проверки целостности цепи;</p> <p>демонстрация явлений электромагнитной индукции;</p> <p>демонстрация выполнения законов Ома, Кирхгофа.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим работам;</li> <li>• наблюдение за деятельностью обучающихся при выполнении практических работ;</li> <li>• выполнение тестовых заданий;</li> <li>• экзамен.</li> </ul>
У3 читать и собирать простейшие схемы с использованием полупроводниковых приборов;	<p>самостоятельная сборка электрических цепей с использованием полупроводниковых приборов;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим работам;</li> <li>• наблюдение за деятельностью обучающихся при выполнении практических работ;</li> <li>• выполнение тестовых заданий;</li> <li>• экзамен.</li> </ul>
У4 определять тип микросхем по	Умение определять тип микросхем марки-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• текущий контроль в форме защиты</li> </ul>

маркировке;	ровке	отчётов по практическим работам; <ul style="list-style-type: none"> <li>• наблюдение за деятельностью обучающихся при выполнении практических работ;</li> </ul>
31 методы преобразования электрической энергии, сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях, порядок расчета их параметров;	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 применение; изложение теоретических положений работы электрических и магнитных цепей.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• устный, фронтальный и индивидуальный контроль на теоретических занятиях;</li> <li>• наблюдение за деятельностью обучающихся на практических занятиях и в целом по освоению дисциплины;</li> <li>• текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим занятиям;</li> <li>• выполнение тестовых заданий;</li> <li>• самоконтроль и самоанализ при выполнении рефератов и сообщений;</li> <li>• экзамен.</li> </ul>
32 преобразование переменного тока в постоянный;	формулирование законов электрических цепей постоянного и переменного тока	устный, фронтальный и индивидуальный контроль на теоретических занятиях; наблюдение за деятельностью обучающихся на практических занятиях и в целом по освоению дисциплины
33 усиление и генерирование электрических сигналов.	изложение свойств и принципа работы диода, транзистора, тиристора; пояснение работы и особенностей однофазных и трехфазных схем выпрямления;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• устный, фронтальный и индивидуальный контроль на теоретических занятиях;</li> <li>• наблюдение за деятельностью обучающихся на практических занятиях, в целом по освоению дисциплины;</li> <li>• текущий контроль в форме защиты отчётов по практическим занятиям;</li> <li>• выполнение тестовых заданий;</li> <li>• самоконтроль и самоанализ при выполнении рефератов и сообщений;</li> </ul>

## 4 ОЦЕНКА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Контрольно-измерительные материалы для оценки освоения учебной дисциплины и их краткая характеристика

Оценка теоретического курса учебной дисциплины ОП. 03. Электротехника и электроника 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.

#### 4.1.1 Текущий контроль

##### Технический диктант

Чтобы выяснить, как студенты усваивают тот или иной материал, им предлагается за определённое 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 .

##### 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:

- 1.1 Электрическое поле;
- 1.2 Электрические цепи постоянного тока;
- 1.3 Электромагнетизм;
- 1.4 Электрические цепи переменного тока;
- 1.5 Трёхфазные цепи;
- 1.6 Электрические измерения;

## 2.1 Полупроводниковые приборы.

Типовые кроссворды приведены в приложении.

### **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 по темам:

- 1.1 Электрическое поле;
- 1.2 Электрические цепи постоянного тока;
- 1.4 Электрические цепи переменного тока;
- 1.5 Трехфазные цепи;
- 1.7 Трансформаторы;
- 1.8 Электрические машины переменного тока;
- 1.9 Электрические машины постоянного тока.

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.

**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. Материалы при его подготовке, должны соответствовать учебно-методическим требованиям 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 ориентиро-



ваться 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:

1.1 Электрическое поле;

1.2 Электрические цепи постоянного тока;

1.4 Электрические цепи переменного тока;

1.5 Трехфазные цепи;

1.8 Электрические машины переменного тока;

1.9 Электрические машины постоянного тока;

2.1 Полупроводниковые приборы;

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, экзамену можно осуществлять по вопросам, входящим в Фонд тестовых заданий.

### **Решение задач по образцу**

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

1.2 Электрические цепи постоянного тока;

1.4 Электрические цепи переменного тока;

### 1.5 Трехфазные цепи.

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».

## 4.1.2 Рубежный контроль

### Контрольная работа

Контрольная работа – одна из форм *рубежной проверки* и оценки усвоенных знаний, получения информации о характере познавательной деятельности, уровня самостоятельности и активности студентов в учебном процессе.

В курсе дисциплины согласно Рабочей программе предусмотрено выполнение обязательной контрольной работы по теме «Электрические цепи постоянного тока».

Выполняется контрольная работа в индивидуальных тетрадях в течение 2х академических часов.

Правильно рассчитанная на 100% и оформленная работа оценивается «отлично». Если оформление работы не соответствует требованиям (нет пояснения к расчетам, схема выполнена без соблюдения ГОСТа, не указаны направления токов) или допущена ошибка, незначительно искажающая результат расчета, то работа оценивается на «хорошо».

Если процент правильности решения менее 60% работа оценивается «неудовлетворительно». Во всех остальных случаях работа оценивается «удовлетворительно».

## 4.1.3 Промежуточный контроль

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

Условием допуска к экзамену 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. 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**

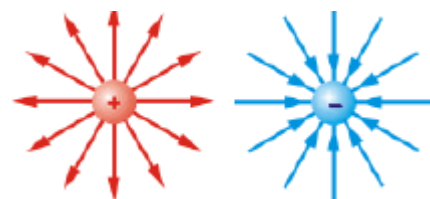
#### **Вопрос 1**

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 объеме 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

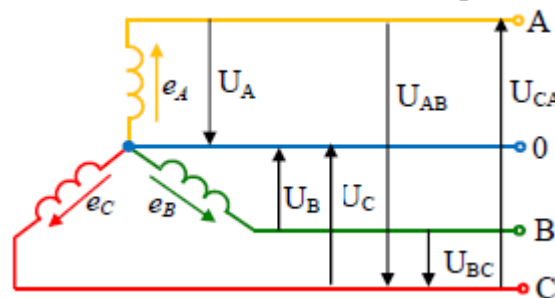
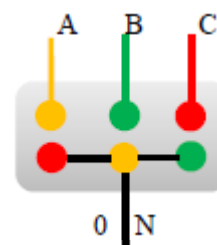
Поэтому разноименные заряды, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга, притягиваются друг к другу. Одноименные заряды, вследствие встречного направления силовых линий электрического поля, отталкиваются.

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;  
 $\epsilon_a$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость



## Вопрос 2

Для соединения обмоток генератора «звездой» необходимо концы фаз X, Y, Z соединить в одну точку. Эта точка называется нулевой или нейтральной и из неё выводят нулевой провод (нейтральный). К началам фаз A, B, C присоединяют провода, называемые линейными. Соединение производят в щитке генератора (клеммной коробке).

От источника, соединенного «звездой», выходит четыре провода: три линейных – A, B, C и один нулевой (или нейтральный) 0 или N.

На электрической схеме обмотки (фазы) расположены под углом  $120^\circ$  друг к другу.

При возникновении электродвижущей силы в каждой фазе, между началом и концом фазы появляется напряжение, называемое фазным  $U_\phi$ . Фазные напряжения:  $U_A, U_B, U_C$  – измеряются между линейным проводом и нулевым.

Снимать напряжение можно не только между началом и концом фаз, но и между любыми двумя линейными проводами. Эти напряжения называют линейными  $U_L$ :  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ .

При соединении обмоток «звездой» линейное напряжение больше фазного в 1,73 раза, т.е. в  $\sqrt{3}$

$$U_\phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

Векторная диаграмма напряжений при соели-  
**Практическое задание**

**кА** – килоамперметр;

- - постоянного тока;

**М** – магнитоэлектрической системы;

⊥ - при измерении располагается перпендикулярно

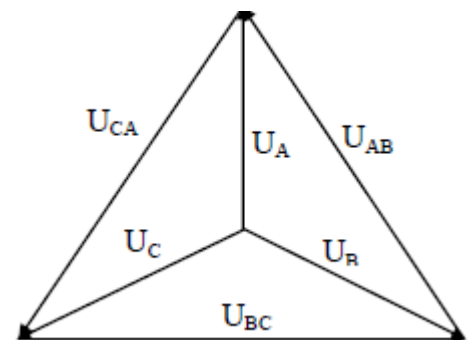
☆ - напряжение испытания изоляции 2 кВ;

**1,5** – класс точности;

нет защиты от внешних магнитных цепей;

используется в сухих отапливаемых помещениях;

цена деления 0,1 кА/дел



## 5.2 Пакет аттестующего

### Условия проведения промежуточной аттестации

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

На 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 зачёта организуется в форме письменного ответа на два теоретических вопроса 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 билета, аттестуемый может пользоваться справочными данными, схемами выпрямителей, рисунками с устройством электроизмерительных приборов, макетами электрических машин, расположенными на столе преподавателя.

Итогом зачёта является оценка «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно». При неудовлетворительной оценке обучающийся имеет право на передачу зачёта в последний день сессии (день пересдачи).

### Критерии оценки

Оценка	Показатель
«Отлично»	<ul style="list-style-type: none"><li>-правильность и полнота раскрытия теоретических понятий и положений;</li><li>-техническая грамотность и логическая последовательность ответа;</li><li>-точность применения научных терминов и обозначений;</li><li>-правильность выполнения практического задания;</li><li>-наличие единичных ошибок и недочетов.</li></ul>
«Хорошо»	<ul style="list-style-type: none"><li>-правильность и сжатость теоретических понятий и положений;</li><li>-техническая грамотность и логическая последовательность ответа;</li><li>-точность применения научных терминов и обозначений;</li><li>-наличие единичных ошибок и недочетов в изложении;</li><li>-правильность выполнения практического задания с незначительными ошибками и неточностями;</li></ul>

«Удовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none"> <li>-достаточный объем знаний в рамках дисциплины;</li> <li>-использование установленной терминологии;</li> <li>-изложение ответов на вопросы не совсем самостоятельное, с несущественными ошибками и неточностями;</li> <li>-воспроизведение теоретического материала без обобщений и выводов;</li> <li>-выполнение практического задания с помощью наводящих вопросов и подсказок преподавателя;</li> </ul>
«Неудовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none"> <li>-фрагментарные невзаимосвязанные знания по дисциплине;</li> <li>-обрывочное изложение с низкой степенью осмысления;</li> <li>-отсутствие ответов на наводящие вопросы преподавателя;</li> <li>-некомпетентность в установленной терминологии и обозначениях;</li> <li>-отсутствие или неправильное выполнение практического задания;</li> <li>-отсутствие ответов или отказ от ответа</li> </ul>



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. Немцов М.Н. Электротехника и электроника: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М. В. Немцов, М.Л. Немцова. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2014, - 480.
2. Синдеев Ю.Г. «Электротехника с основами электроники»: М, «Феникс», 2014, Серия: Начальное профессиональное образование.
3. Катаенко Ю.К. «Электротехника»: М, «Академ-центр», 2014.
4. Китаев В.Е. «Электротехника с основами промышленной электроники»: М, «Высшая школа», 2014.
5. Кузнецов М.И. «основы электротехники»: М, «Высшая школа», 2013.
6. Гальперин М.Ф. «Электротехника и электроника», М, Форум, 2013.
7. Прошин В.М. «Рабочая тетрадь для лабораторных и практических работ по электротехнике», М, ИРПО, «Академия», 2006.
8. Новиков П.Н. «Задачник по электротехнике», М, «Академия», 2014, Серия: Начальное профессиональное образование.
9. Кацман, М. М. Электрические машины [Текст]: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М. М. Кацман. – 10-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 496 с.- ISBN 978-5-7695-7743-7
10. Петленко, Б. И. Электротехника и электроника [Текст]: учебник для студентов среднего профессионального образования / Б. И. Петленко, Ю. М. Иньков, А. В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю.М. Инькова. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 368 с.- ISBN 978-5-7695-8358-2

### Дополнительные источники:

- 1 Евдокимов, Ф. Е. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник для студентов образовательных учреждений сред. проф. образования / Ф. Е. Евдокимов. – 9-е изд., стереотип. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 560 с.- 20000экз. – ISBN 5-7695-1106-0
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. «Электротехника», М, «Академия», 2015.
3. Пряшников В.А. «Электротехника в примерах и задачах»(+СД), С-Пб, «Корона», 2016.
4. Лоторейчук Е.А. «Теоретические основы электротехники», М, «Форум-инфра м», 2015.
5. Данилов И.А., Иванов П.М. «Дидактический материал по общей электротехнике с основами электроники», М, «Академия», 2015.
6. Музин Ю.М. «Виртуальная электротехника», С-Пб, «Питер», 2002.

### INTERNET-РЕСУРСЫ.


- <http://ktf.krk.ru/courses/foet/> (Сайт содержит информацию по разделу «Электроника»)
- <http://www.college.ru/enportal/physics/content/chapter4/section/paragraph8/theory.html> (Сайт содержит информацию по теме «Электрические цепи постоянного тока»)

- <http://elib.ispu.ru/library/electro1/index.htm> (Сайт содержит электронный учебник по курсу «Общая Электротехника»)
- <http://ftemk.mpei.ac.ru/elpro/> (Сайт содержит электронный справочник по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии").
- <http://www.toe.stf.mrsu.ru/demoversia/book/index.htm> (Сайт содержит электронный учебник по курсу «Электроника и схемотехника»).
- <http://www.eltray.com>. (Мультимедийный курс «В мир электричества как в первый раз»).
- <http://www.edu.ru>. <http://www.experiment.edu.ru>.

## 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								

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			

- 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**–твёрдый диэлектрик;
- А**–элементарная частица;
- Т**–направленное движение заряженных частиц;
- О**–полупроводник, применяется для пайки;
- Р**–процесс, сопровождающийся снижением напряжения на зажимах конденсатора

## Кроссворд по теме 2 Электрические цепи постоянного тока

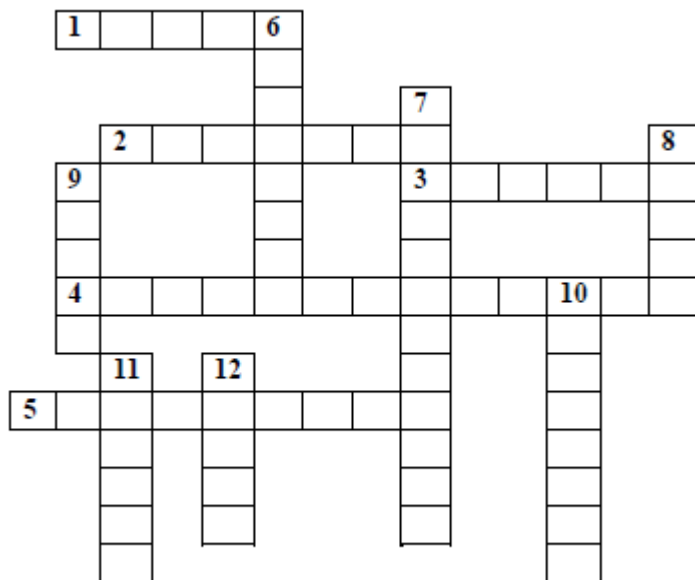
Задание: пустые клетки кроссворда заполнить по вертикали известными аппаратами, приборами, устройствами и т.д., входящими в электрическую цепь.



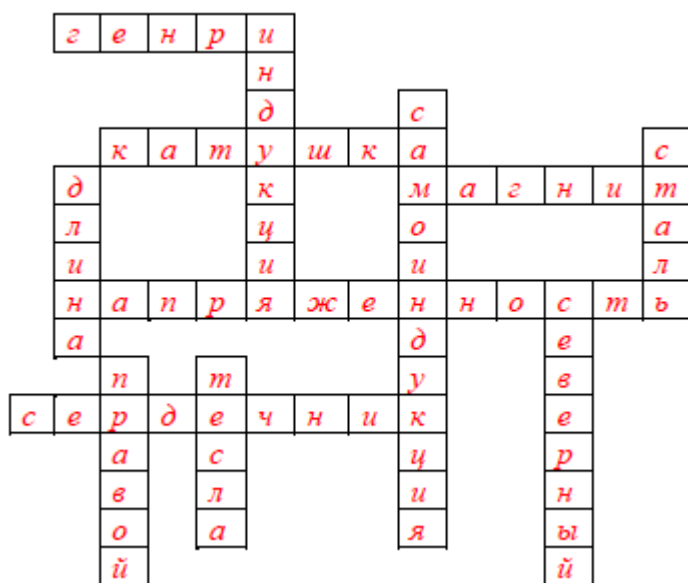
Образец ответа



## Кроссворд по теме 3 Магнетизм и электромагнетизм



Образец ответа



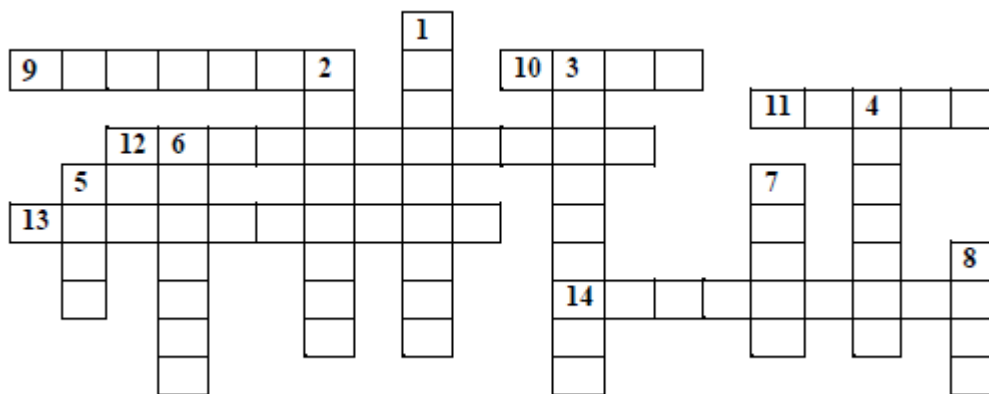
По горизонтали:

**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



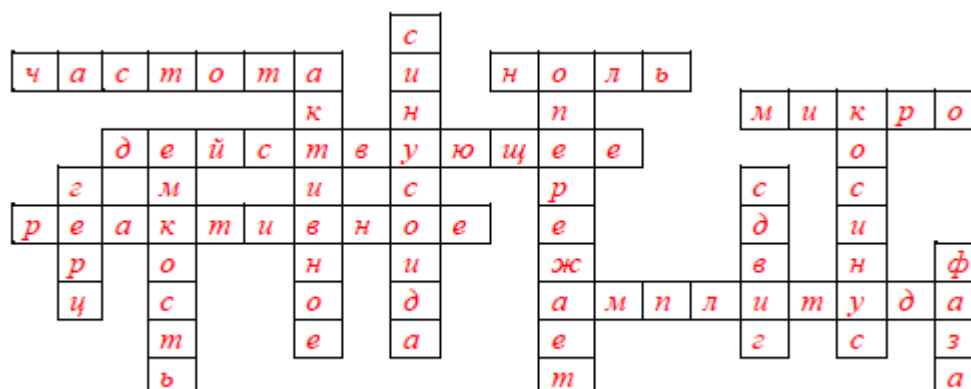
По вертикали:

**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  $\phi$  в цепях переменного тока обозначается .....по фазе. **8** Угол между током и напряжением в цепи.

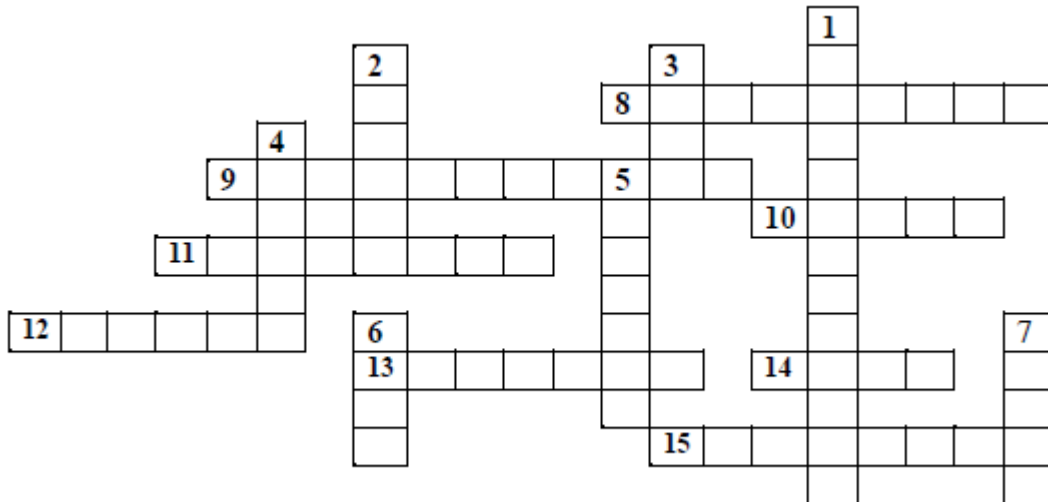
По горизонтали:

**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



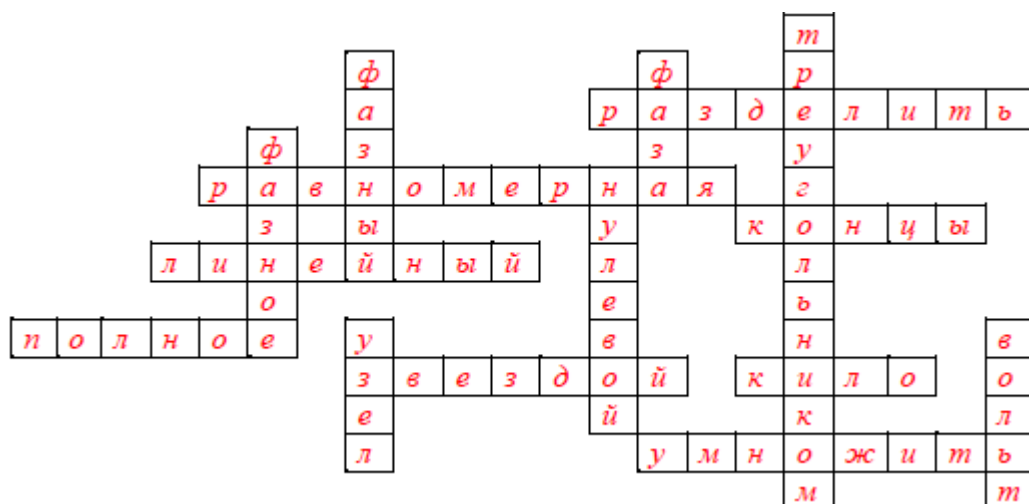
*По вертикали:*

**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:*

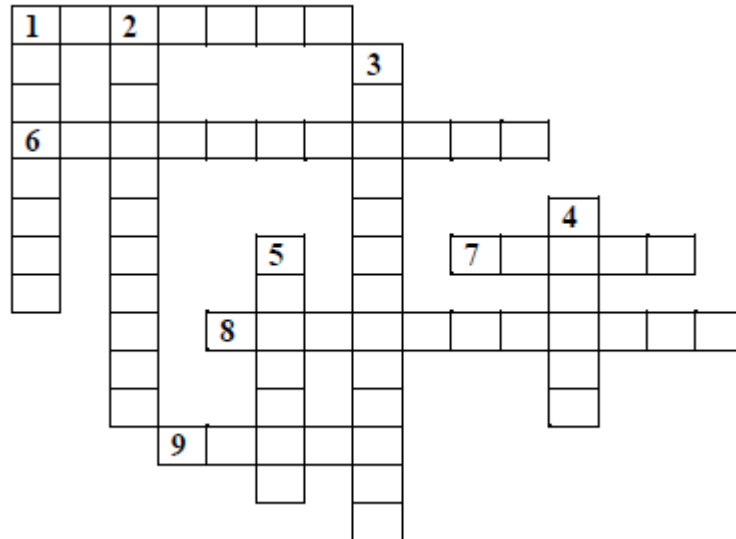
**8** Что необходимо выполнить при соединении звездой с УЛ и числом 1,73 для определения УФ? **9** Нагрузка, при которой величины сопротивлений в фазах одинаковы. **10** Части фаз, которые соединяют для получения нейтральной точки. **11** Один из проводов трехфазной линии. **12** Сопротивление цепи переменного 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



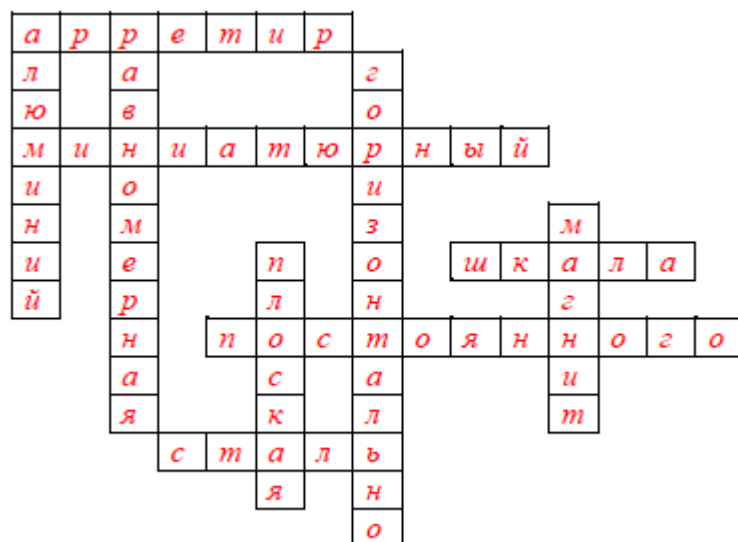
*По вертикали:*

**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.

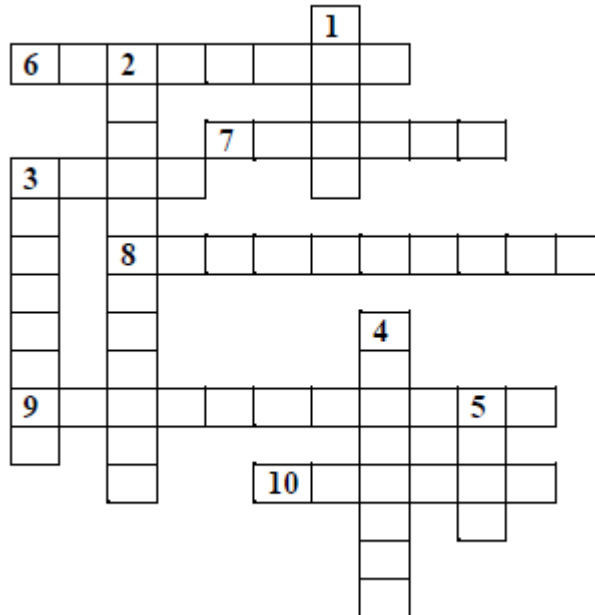
*По горизонтали:*

**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



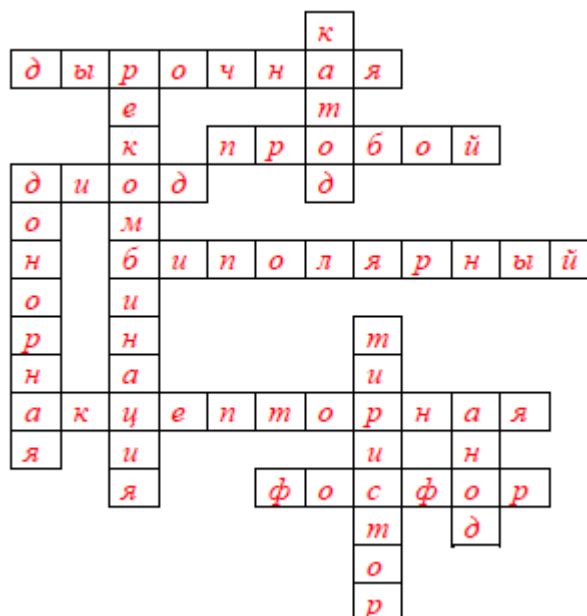
*По вертикали:*

**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.

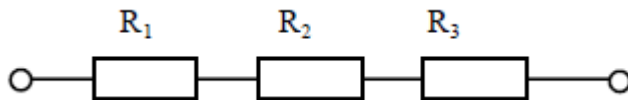
*Образец ответа*



## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ В ФОРМЕ РЕШЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

### 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

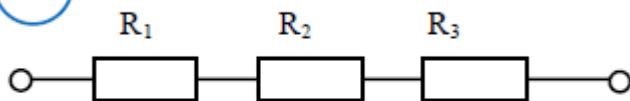
1

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

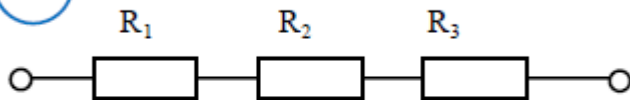
В цепи известны напряжения  $U_1=15$  В,  $U_2=40$  В,  $U_3=25$  В и величина сопротивления  $R_1=15$  Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления  $R_2$ ,  $R_3$ .

3



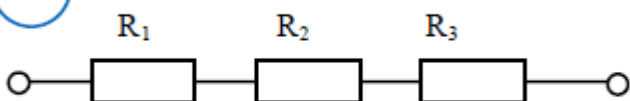
В цепи известны напряжения  $U_1=40$  В,  $U_2=15$  В,  $U_3=35$  В и величина сопротивления  $R_3=7$  Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления  $R_1, R_2$ .

4



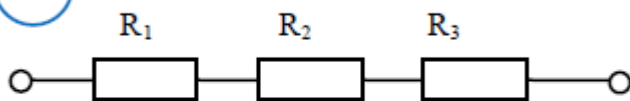
В цепи известны напряжения  $U_1=10$  В,  $U_2=50$  В,  $U_3=60$  В и величина сопротивления  $R_2=5$  Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления  $R_1, R_3$ .

5



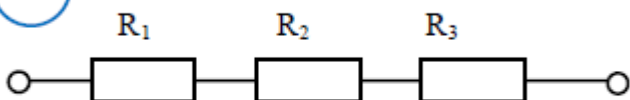
В цепи известны напряжения  $U_1=60$  В,  $U_2=20$  В,  $U_3=70$  В и величина сопротивления  $R_2=20$  Ом. Определить эквивалентное сопротивление и ток цепи, величину напряжения на зажимах цепи и сопротивления  $R_1, R_3$ .

6



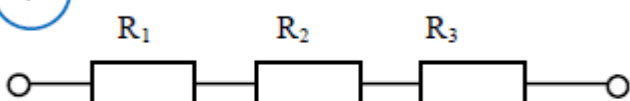
В цепи известны напряжения  $U_1=36$  В,  $U_3=42$  В, величина сопротивления  $R_2=13$  Ом и ток цепи  $I=6$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе  $R_2$ , сопротивления  $R_1, R_3$ .

7



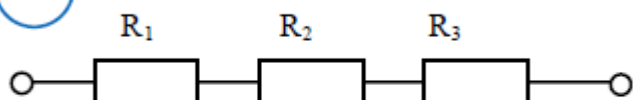
В цепи известны напряжения  $U_1=30$  В,  $U_2=50$  В, величина сопротивления  $R_3=6$  Ом и ток цепи  $I=2$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе  $R_3$ , сопротивления  $R_1, R_2$ .

7



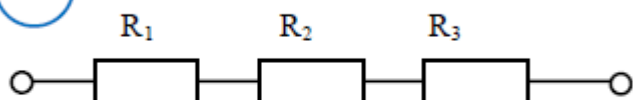
В цепи известны напряжения  $U_1=30$  В,  $U_2=50$  В, величина сопротивления  $R_3=6$  Ом и ток цепи  $I=2$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе  $R_3$ , сопротивления  $R_1, R_2$ .

8



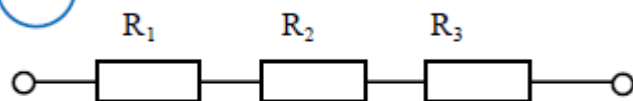
В цепи известны напряжения  $U_1=15$  В,  $U_2=30$  В, величина сопротивления  $R_3=10$  Ом и ток цепи  $I=3$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе  $R_3$ , сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ .

9



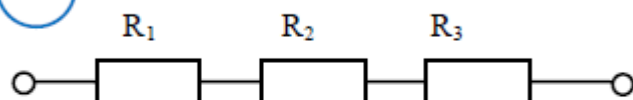
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=100$  В, величина сопротивлений  $R_2=15$  Ом,  $R_3=10$  Ом и ток цепи  $I=2$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление  $R_1$ .

10



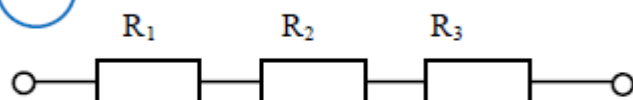
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=200$  В, величина сопротивлений  $R_2=10$  Ом,  $R_3=30$  Ом и ток цепи  $I=4$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление  $R_1$ .

11



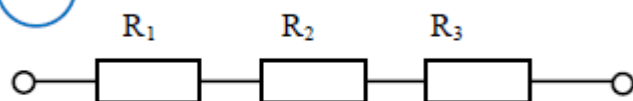
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=120$  В, величина сопротивлений  $R_1=5$  Ом,  $R_2=3$  Ом и ток цепи  $I=2$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление  $R_3$ .

12



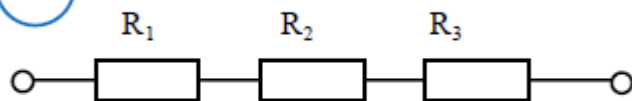
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=240$  В, величина сопротивлений  $R_2=5$  Ом,  $R_3=25$  Ом и ток цепи  $I=6$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление  $R_1$ .

13



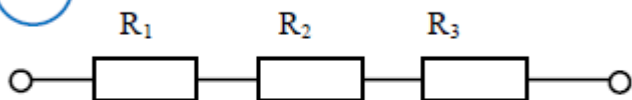
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=30$  В, величина сопротивлений  $R_1=2$  Ом,  $R_3=6$  Ом и ток цепи  $I=3$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление  $R_2$ .

14



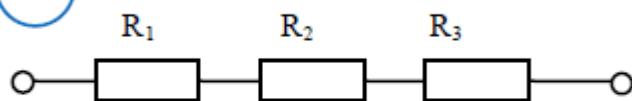
В цепи известны напряжения  $U_2=40$  В,  $U_3=60$  В, величина сопротивления  $R_1=3$  Ом и ток цепи  $I=10$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе  $R_1$ , сопротивления  $R_2$ ,  $R_3$ .

15



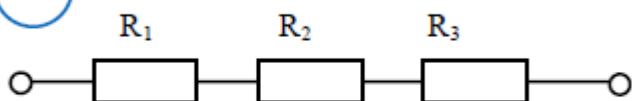
В цепи известны напряжения  $U_1=20$  В,  $U_2=40$  В, величина сопротивления  $R_3=10$  Ом и ток цепи  $I=4$  А. Определить эквивалентное сопротивление, величину напряжения на зажимах цепи и на резисторе  $R_3$ , сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ .

16



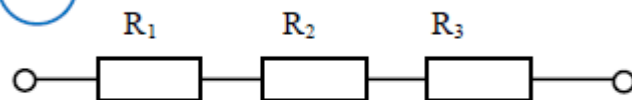
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=32$  В, напряжение на резисторе  $U_3=6$  В, величина сопротивления  $R_2=5$  Ом и эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}} = 16$  Ом. Определить ток цепи, сопротивления  $R_1$ ,  $R_3$ , напряжения на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$ .

17



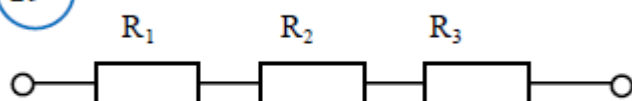
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=150$  В, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=30$  Ом, сопротивления резисторов  $R_1=15$  Ом,  $R_2=2$  Ом. Определить величину напряжения на каждом резисторе, сопротивление  $R_3$ , ток цепи.

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  $R_2$ ,  $R_3$ .

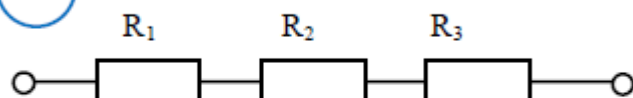
19



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  $R_2$ ,  $R_3$ .

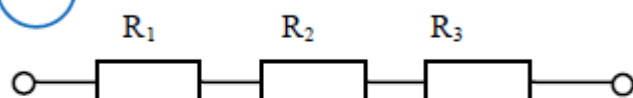


20



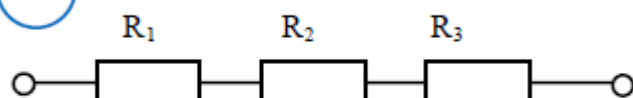
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=360$  В, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=18$  Ом, сопротивление резисторов  $R_1=3$  Ом,  $R_3=7$  Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление  $R_2$ , ток цепи.

21



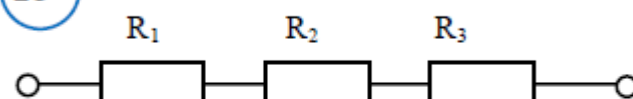
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=100$  В, на резисторе  $U_1=20$  В, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=10$  Ом, сопротивление резистора  $R_3=3$  Ом. Определить величину напряжения на резисторах  $R_2$ ,  $R_3$ , сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ , ток цепи.

22



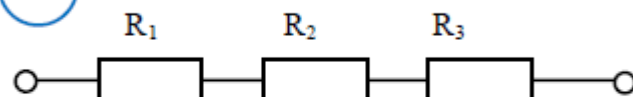
В цепи известно напряжение  $U_1=15$  В, ток цепи  $I=3$  А, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=25$  Ом, сопротивление резистора  $R_2=10$  Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах  $R_2$ ,  $R_3$ , сопротивления  $R_1$ ,  $R_3$ .

23



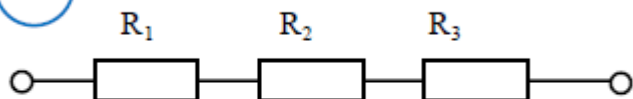
В цепи известно напряжение на зажимах цепи  $U=92$  В, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=46$  Ом, сопротивления резисторов  $R_2=12$  Ом,  $R_3=18$  Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление  $R_1$ , ток цепи.

24



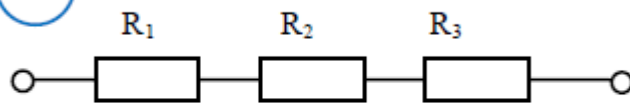
В цепи известны напряжения на зажимах цепи  $U=150$  В и  $U_2=60$  В, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=15$  Ом, сопротивление резистора  $R_1=3$  Ом. Определить величину напряжения на резисторах  $R_1$ ,  $R_3$ , сопротивления  $R_2$ ,  $R_3$ , ток цепи.

25



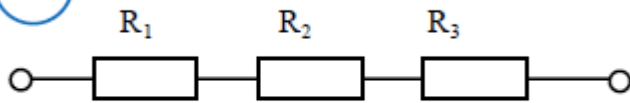
В цепи известно напряжение  $U_3=9$  В, ток цепи  $I=3$  А, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=300$  Ом, сопротивление резистора  $R_2=7$  Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$ , сопротивления  $R_1$ ,  $R_3$ .

26



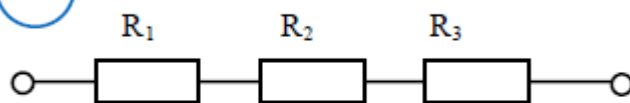
В цепи известно напряжение на зажимах  $U=140$  В, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=28$  Ом, сопротивление резисторов  $R_1=7$  Ом,  $R_3=8$  Ом. Определить величину напряжения на всех резисторах, сопротивление  $R_2$ , ток цепи.

27



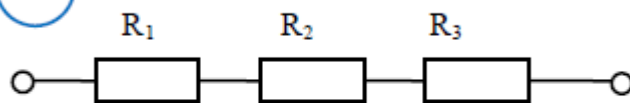
В цепи известно напряжение  $U_2=21$  В и на зажимах цепи  $U=60$  Ом, ток цепи  $I=3$  А, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=120$  Ом, сопротивление резистора  $R_1=1$  Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$ , сопротивления  $R_2$ ,  $R_3$ .

28



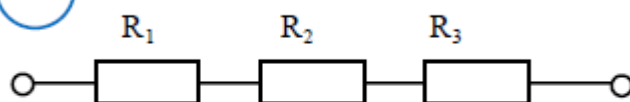
В цепи известно напряжение  $U_1=20$  В, ток цепи  $I=2$  А, эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}=16$  Ом, сопротивление резистора  $R_3=2$  Ом. Определить величину напряжения на зажимах цепи, на резисторах  $R_2$ ,  $R_3$ , сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ .

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.



## По теме 4 Электрические цепи переменного тока

### Образец задания и решения

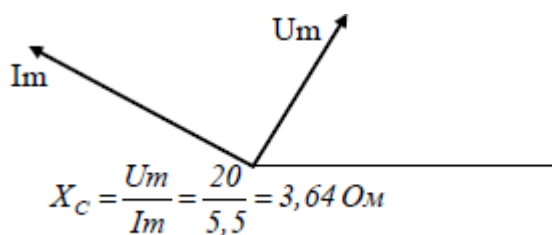
Дано:  $i = 5,5 \sin(\omega t + 150^\circ)$  А  
 $u = 20 \sin(\omega t + 60^\circ)$  В

Задание:

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

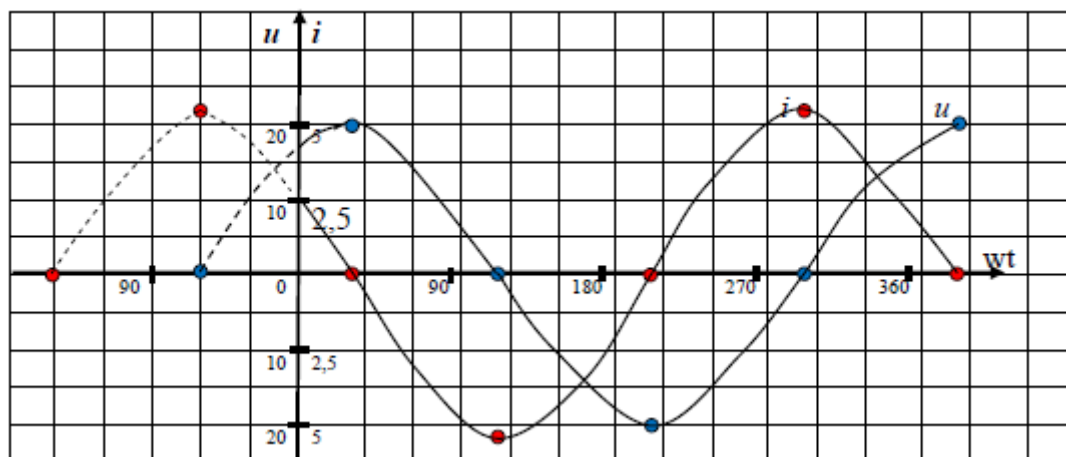
Решение:

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



Т.к. ток опережает напряжение на  $90^\circ$ , 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.

<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p>Дано: <math>i=1 \sin (\omega t+45^{\circ}) A</math>  <math>u=30 \sin (\omega t+135^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;"><b>4</b></p> <p>Дано: <math>i=10,3 \sin (\omega t+135^{\circ}) A</math>  <math>u=103 \sin (\omega t+45^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;"><b>5</b></p> <p>Дано: <math>i=2,5 \sin (\omega t-60^{\circ}) A</math>  <math>u=77 \sin (\omega t-60^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;"><b>6</b></p> <p>Дано: <math>i=16 \sin (\omega t-210^{\circ}) A</math>  <math>u=380 \sin (\omega t-120^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;"><b>7</b></p> <p>Дано: <math>i=0,7 \sin (\omega t-120^{\circ}) A</math>  <math>u=127 \sin (\omega t-150^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;"><b>8</b></p> <p>Дано: <math>i=11 \sin (\omega t-90^{\circ}) A</math>  <math>u=300 \sin (\omega t-90^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;"><b>9</b></p> <p>Дано: <math>i=6 \sin (\omega t+30^{\circ}) A</math>  <math>u=30 \sin (\omega t+120^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;"><b>10</b></p> <p>Дано: <math>i=3 \sin (\omega t-30^{\circ}) A</math>  <math>u=55 \sin (\omega t+60^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>
<p style="text-align: center;"><b>11</b></p> <p>Дано: <math>i=20 \sin (\omega t-60^{\circ}) A</math>  <math>u=280 \sin (\omega t-150^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>	<p style="text-align: center;"><b>12</b></p> <p>Дано: <math>i=15 \sin (\omega t+135^{\circ}) A</math>  <math>u=200 \sin (\omega t+135^{\circ}) B</math></p> <p>Задание:</p> <p>Определить характер и величину сопротивления цепи, мощность. В масштабе построить временную и векторную диаграммы.</p>

**13**

Дано:  $i=10 \sin (\omega t-30^{\circ}) A$   
 $u=150 \sin (\omega t-120^{\circ}) B$

Задание:

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

**14**

Дано:  $i=15 \sin (\omega t-180^{\circ}) A$   
 $u=150 \sin (\omega t-90^{\circ}) B$

Задание:

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

**15**

Дано:  $i=7 \sin (\omega t+90^{\circ}) A$   
 $u=15 \sin (\omega t+90^{\circ}) B$

Задание:

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

**16**

Дано:  $i=4,5 \sin (\omega t+45^{\circ}) A$   
 $u=300 \sin (\omega t-45^{\circ}) B$

Задание:

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

**17**

Дано:  $i=0,6 \sin (\omega t+120^{\circ}) A$   
 $u=45 \sin (\omega t+210^{\circ}) B$

Задание:

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

**18**

Дано:  $i=4 \sin (\omega t+60^{\circ}) A$   
 $u=54 \sin (\omega t+60^{\circ}) B$

Задание:

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

**19**

Дано:  $i=7 \sin (\omega t+90^{\circ}) A$   
 $u=60 \sin (\omega t+180^{\circ}) B$

Задание:

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

**20**

Дано:  $i=2 \sin (\omega t+120^{\circ}) A$   
 $u=20 \sin (\omega t+30^{\circ}) B$

Задание:

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

**21**

Дано:  $i=0,2 \sin (\omega t+180^{\circ}) A$   
 $u=7 \sin (\omega t+180^{\circ}) B$

Задание:

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

**22**

Дано:  $i=8 \sin (\omega t-180^{\circ}) A$   
 $u=80 \sin (\omega t-90^{\circ}) B$

Задание:

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

**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*

1. **Расчет общей емкости при последовательном, при параллельном соединении конденсаторов.**
2. **Расчет общей емкости при смешанном соединении конденсаторов.**

**ЦЕЛИ:** Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков расчёта

**Протяжённость занятий -4 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  $S=24$  см<sup>2</sup>. 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 напря-

жения на обоих конденсаторах и расстояние между пластинами первого конденсатора, 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  $S=250$  см<sup>2</sup>. Как изменится напряженность поля, если удалить пластину из плексигласа?

**ЗАДАЧА 1.17** (1.46) Определить емкость плоского конденсатора, имеющего обкладки площадью  $S=240$  см<sup>2</sup> 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.

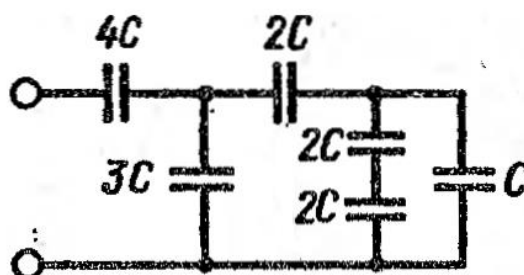


Рис.1.1

### 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:** Расчет общего сопротивления при последовательном, при параллельном и при смешанном соединении резисторов.

**ЦЕПИ:** Получить навыки расчёта общего сопротивления при различных соединениях резисторов.

**Протяжённость занятия** – 2 часов.

**ЗАДАЧА 3.1.** Для цепи, представленной на рис 3.1, используя данные для сопротивлений  $R$  приведённые в таблице 3.1, 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  $R_{\text{э}}$ .

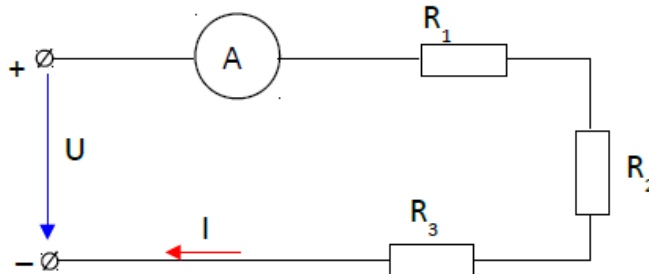


Рис.3.1

Таблица 3.1

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	-	-

**ЗАДАЧА 3.2** На рис. 3.3 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  $AB$ ,  $CD$ .

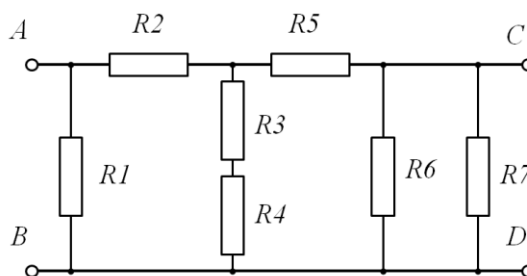


Рис 3.3

**ЗАДАЧА 3.3** Определить в общем виде сопротивление электрической цепи, представленной на рис. 3.4. относительно зажимов  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$ .

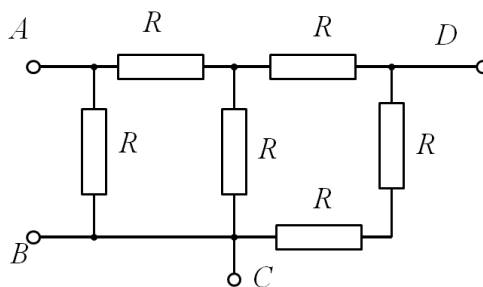


Рис. 3.4

**ЗАДАЧА 3.4.** В схеме рис. 3.5. значения сопротивлений резисторов одинаковы и равны  $R$ . Определить в общем виде значения сопротивлений между зажимами  $AB$ ,  $AC$ ,  $AD$ ,  $CD$ ,  $EF$ .

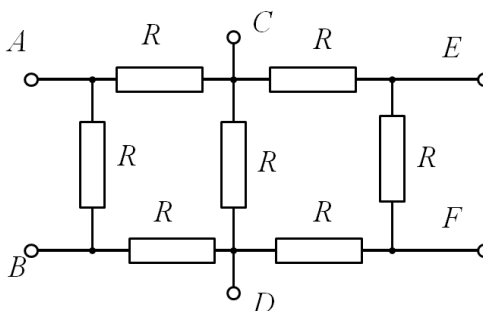


Рис. 3.5

**ЗАДАЧА 3.6** Определить сопротивление  $R_{ab}$  для схемы, изображенной на рисунке 3.6, если известно, что  $R_1=4$  Ом,  $R_2=4$  Ом,  $R_3=12$  Ом,  $R_4=8$  Ом,  $R_5=3$  Ом,  $R_6=6$  Ом.

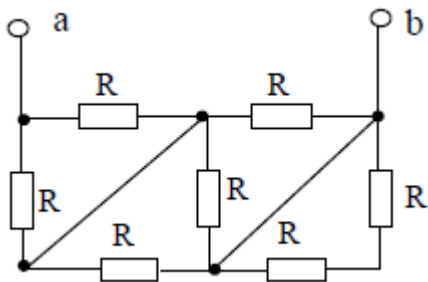


Рис.3.6

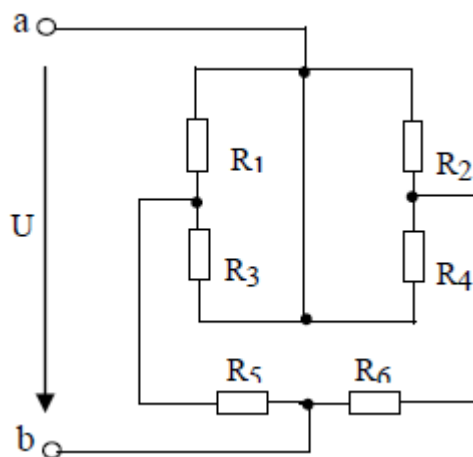


Рис.3.7

**ЗАДАЧА 3.7** Определить сопротивление цепи, изображенной на рисунке 3.7, относительно зажимов источника, если  $R_1=R_3=8\text{ Ом}$ ,  $R_2=R_4=4\text{ Ом}$ ,  $R_5=R_6=2\text{ Ом}$ .

**ЗАДАЧА 3.8** Определить эквивалентное сопротивление  $R_{ab}$  цепи, схема которой изображена на рисунке 3.8, если  $R_1=6\text{ Ом}$ ,  $R_2=1,5\text{ Ом}$ ,  $R_3=6\text{ Ом}$ ,  $R_4=2\text{ Ом}$ ,  $R_5=R_6=R_7=3\text{ Ом}$ .

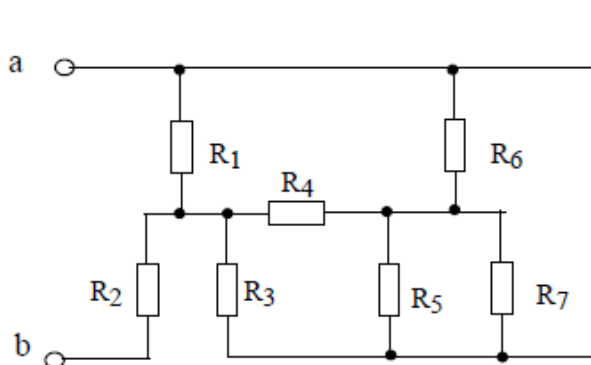
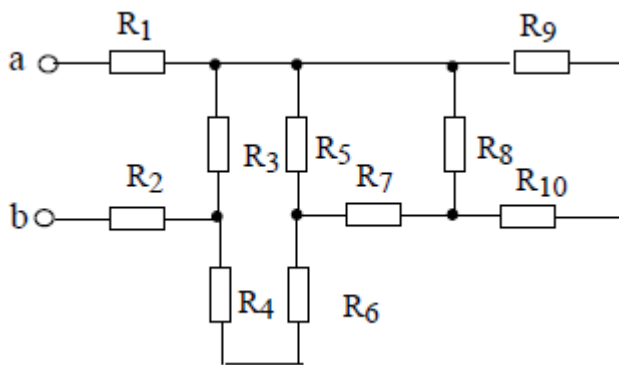


Рис. 3.8



3.9

**ЗАДАЧА 3.9** Определить эквивалентное сопротивление  $R_{ab}$ , если  $R_1=20\text{ Ом}$ ,  $R_2=10\text{ Ом}$ ,  $R_3=30\text{ Ом}$ ,  $R_4=30\text{ Ом}$ ,  $R_5=60\text{ Ом}$ ,  $R_6=10\text{ Ом}$ ,  $R_7=10\text{ Ом}$ ,  $R_8=30\text{ Ом}$ ,  $R_9=20\text{ Ом}$ ,  $R_{10}=40\text{ Ом}$ . Схема электрической цепи показана на рисунке 3.9.

### Расчёт цепей методом с использованием законов Кирхгофа

**ЗАДАЧА 3.10.** Определить входное сопротивление цепи  $R_{ab}$ , используя данные табл. 3.4. Исходная схема рис. 3.10.

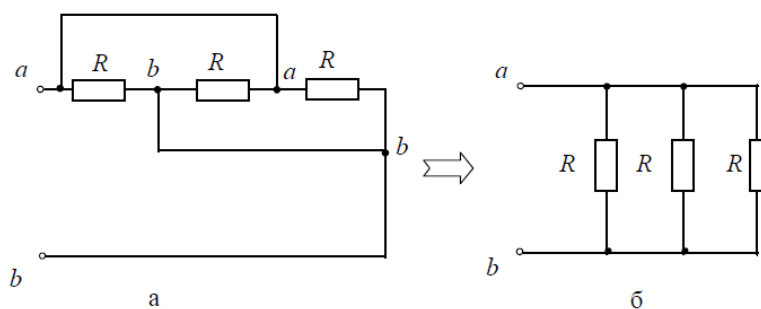


Рис. 3.10

Таблица 3.4

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

## Практическое занятие №4

**ТЕМА:** Расчет величин простейшей электрической цепи

**ЦЕЛИ:** Закрепить изученный материал и получить навыки расчёта величин цепей постоянного тока

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

**Протяжённость занятия** – 2 часа.

**Задача 4.1.** 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. 4.1.

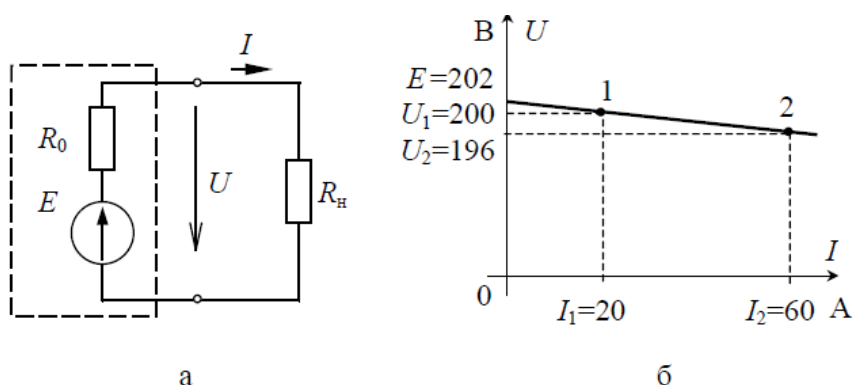


Рис. 3.2

Решить задачу 4.1 самостоятельно, используя данные табл. 4.1. Номер варианта выдается преподавателем.

Таблица 4.1

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

**ЗАДАЧА 4.2** ЭДС, приложенная к входу цепи (рис. 4.2),  $E=250$  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 замкнуть сопротивление  $R7$ ?

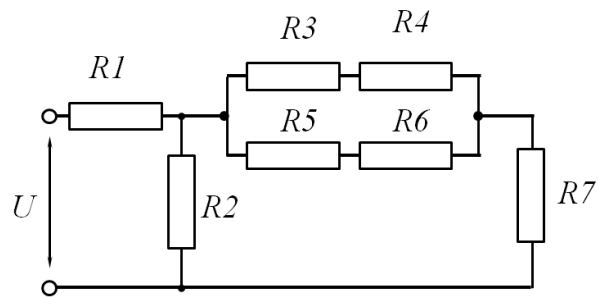


Рис. 4.2

**ЗАДАЧА 4.3** Три источника постоянного тока, имеющие ЭДС  $E=4,5$  В каждый с внутренним сопротивлением  $r=0,6$  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 4.4** Для электрической цепи, представленной на рис. 4.3, заданы значения параметров цепи в соответствии с табл. 4.2. Для каждого варианта определить параметры, указанные звездочкой, и составить баланс мощностей.

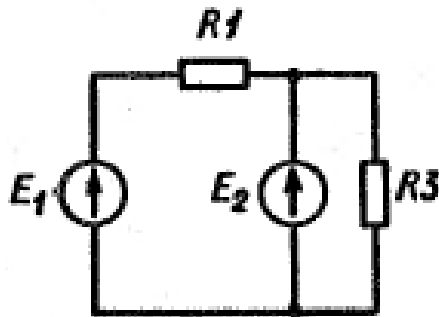


Рис.4.3

Таблица 4.2

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 4.5** На рис. 4.4. представлена электрическая цепь, где  $E_1 = 130 \text{ В}$ ,  $E_2 = 85 \text{ В}$  и сопротивления резисторов  $R_1 = R_3 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ ,  $r_1 = r_2 = 0$ . Определить токи в ветвях и составить баланс мощностей.

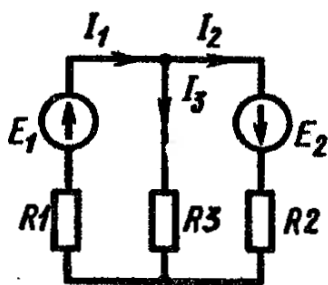


Рис. 4.4.

**ЗАДАЧА 4.6.** Для схемы рис. 4.5 заданы значения сопротивлений  $R_1 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = R_4 = 5 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 20 \text{ кОм}$ ,  $R_5 = 4 \text{ кОм}$ . Определить токи в ветвях и составить баланс мощностей, если  $E_1 = 300 \text{ В}$ ,  $E_2 = 500 \text{ В}$  и  $r_1 = r_2 = 0$ .

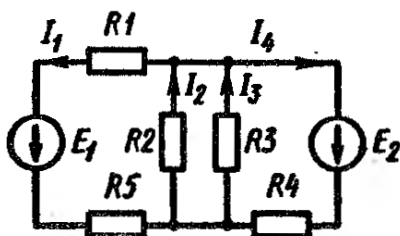


Рис. 4.5

**ЗАДАЧА 4.7** В электрической схеме рис. 4.6 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.

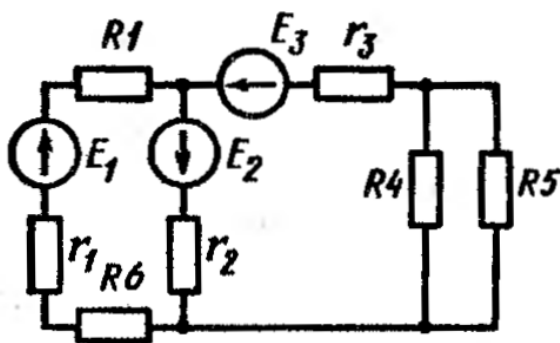


Рис. 4.6

**ЗАДАЧА 4.8.** Определить токи во всех ветвях сложной электрической цепи (рис. 4.7) 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.

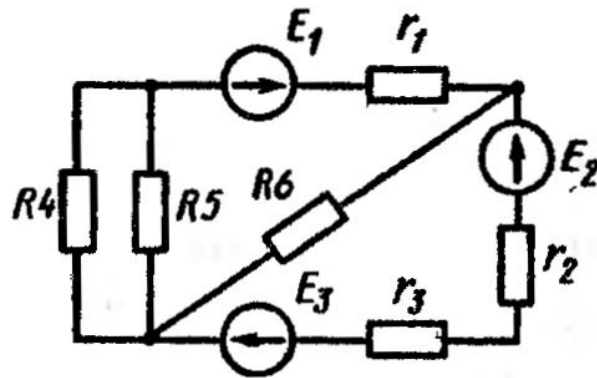


Рис. 4.7

### Расчёт цепей методом с использованием законов Кирхгофа

**ЗАДАЧА 4.9.** В схеме измерительного моста (рис.4.8) заданы параметры электрической цепи  $E$  [В],  $R_i$  [Ом] (см. таблицу 4.3). Определить ток  $I$ .

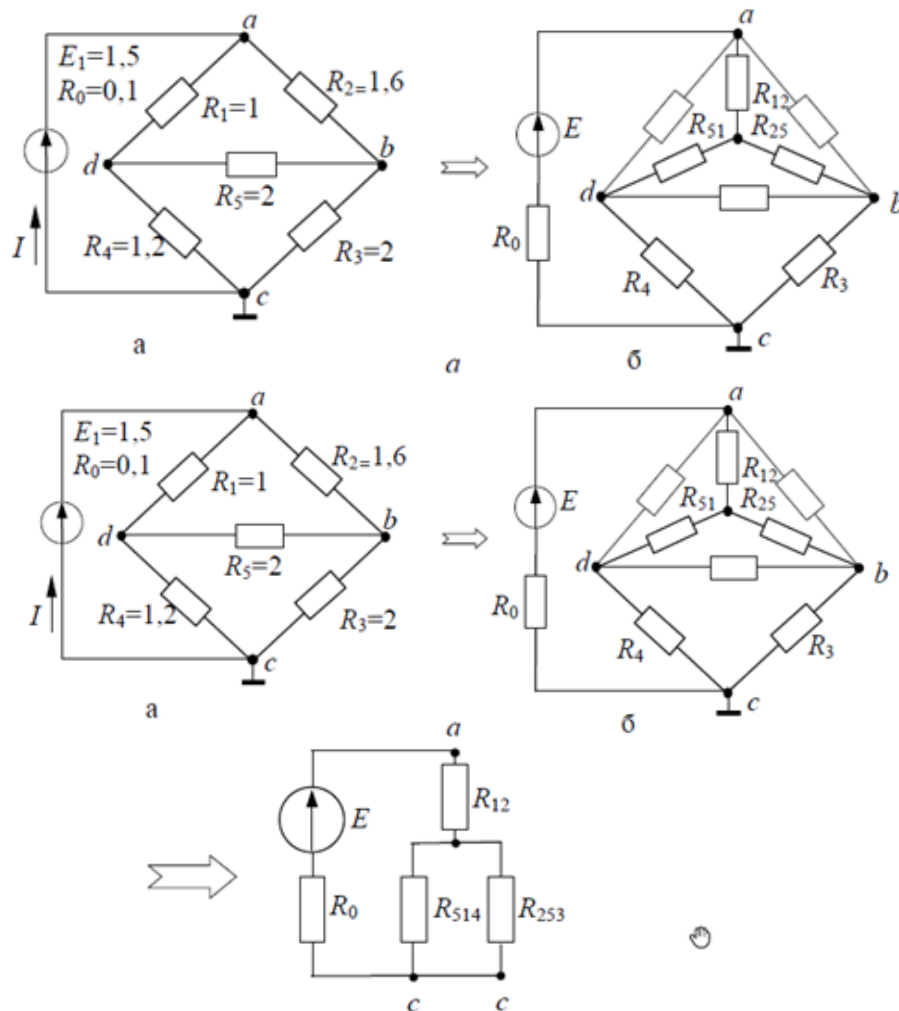


Рис.4.8

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

**ЗАДАЧА 4.10.** Расчитать линейную цепь (рис.4.9) постоянного тока методом двух законов Кирхгофа и предварительным преобразованием треугольника резисторов в эквивалентную звезду.

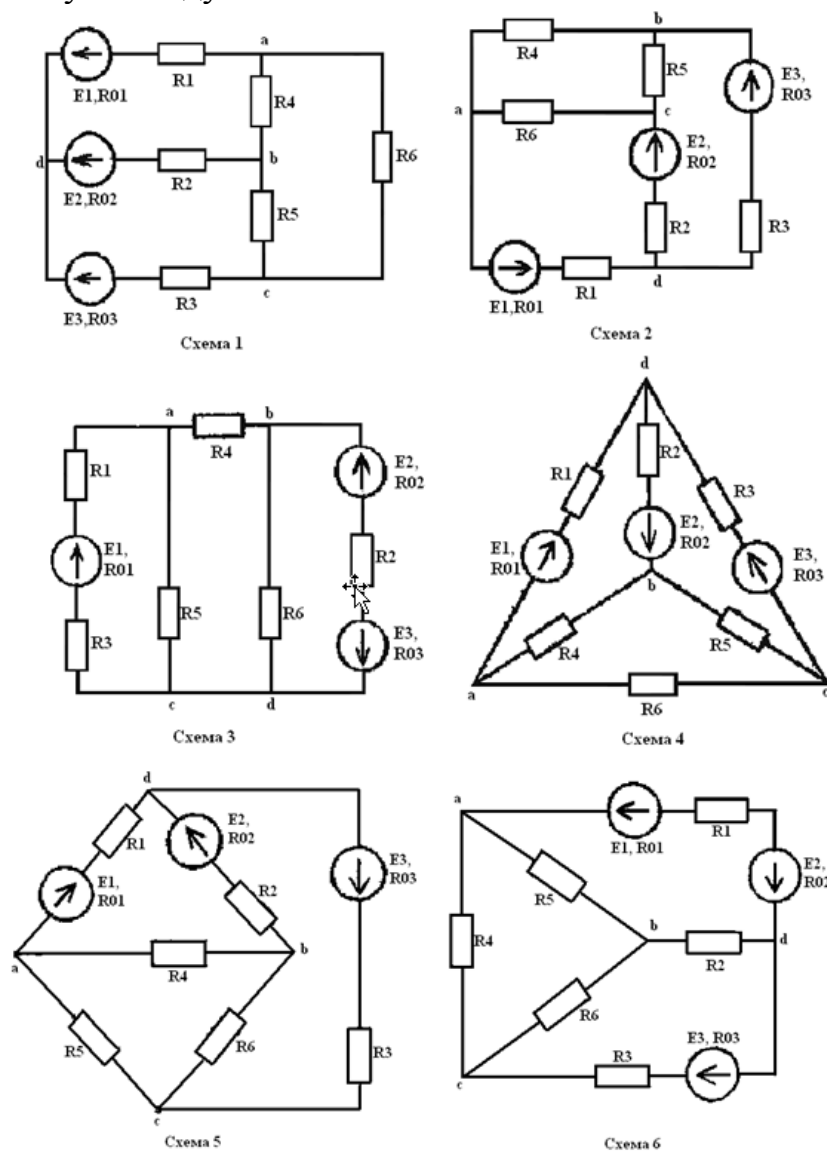


Рис.4.9



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					
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$
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

**ЗАДАЧА 4.11** На рис.4.10 а изображен остов некоторой схемы. Буквами обозначены точки соединения отдельных элементов схемы. На рис. 4.10, в показаны потенциальные диаграммы вдоль контура  $oabcfo$  и вдоль ветви  $oedc$  соответственно. Определить значение и направление токов в ветвях и характер элементов, включенных на различных участках схемы.

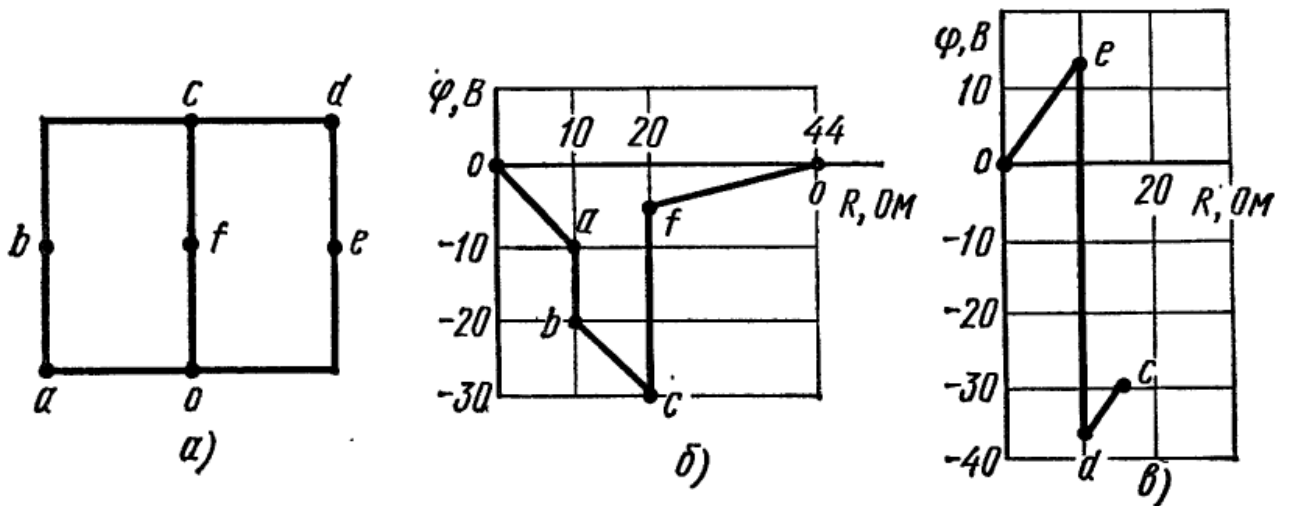


Рис.4.10

**ЗАДАЧА 4.12** На рис. 4.11, б изображена потенциальная диаграмма вдоль контура abcdefgo скелетной схемы рис. 4.11, а. Известно, что в ветвях af и cf включены резисторы. Определить значение и направление тока в каждой ветви, а также значения элементов схемы на всех участках. Потенциалы точек схемы:  $\varphi_a = 3,175\text{В}$ ;  $\varphi_b = 0,975\text{В}$ ;  $\varphi_c = 10,975\text{В}$ ;  $\varphi_e = 15,53\text{В}$ ;  $\varphi_f = 7,53\text{В}$ ;  $\varphi_g = 2,47\text{В}$ .

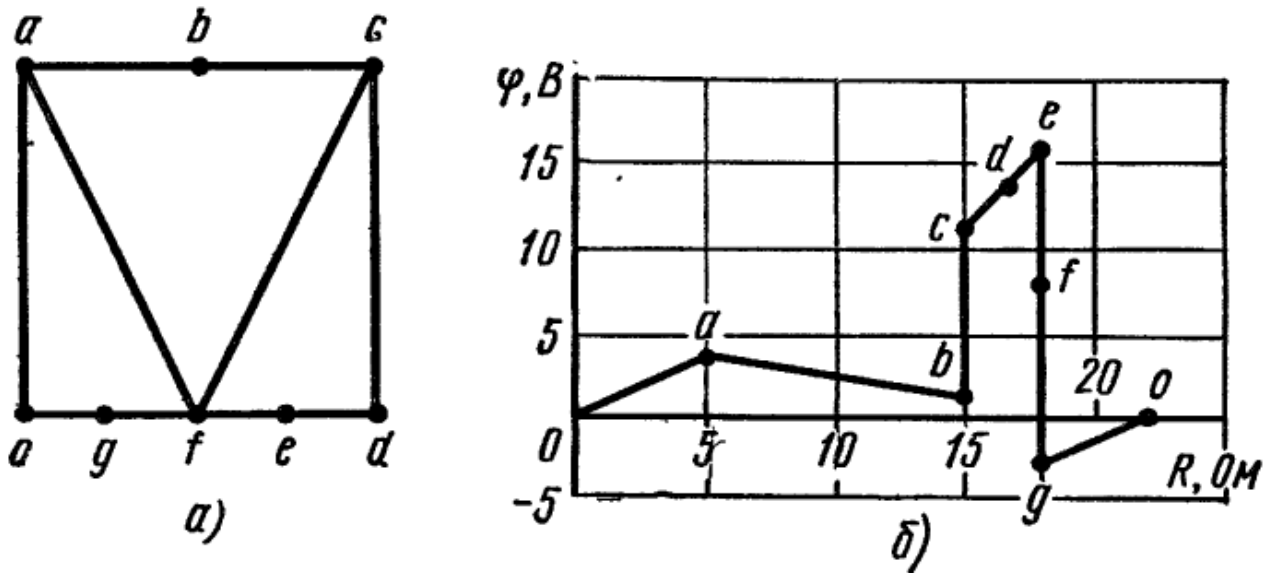


Рис.4.11

**Преобразование треугольника в звезду и звезды в треугольник**

**ЗАДАЧА 4.13.** В схеме рис. 4.12 сопротивления резисторов указаны в омах. Определить входное сопротивление схемы относительно точек а и б.

**ЗАДАЧА 4.14.** В схеме рис. 4.13 сопротивления всех резисторов, кроме двух, указаны в омах. Сопротивления двух резисторов обозначены  $x$ . Чему равно сопротивление  $x$ , если входное сопротивление схемы относительно точек а и б  $R_{ab} = 1,50\text{м}$ ?

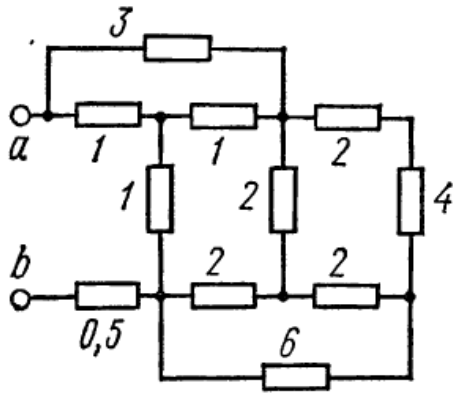


Рис. 4.12

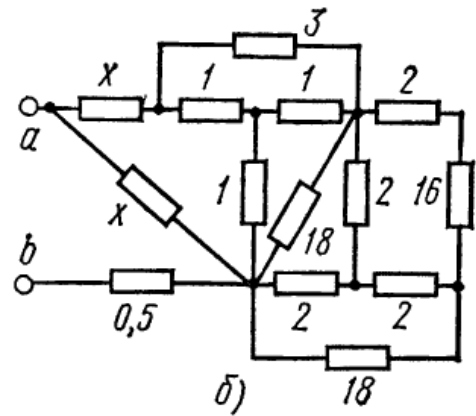


Рис.4.13

**Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов. Баланс мощностей. Замена нескольких параллельных ветвей эквивалентной**

**ЗАДАЧА 4.15.** Найти токи в ветвях схемы рис. 4.14 методом контурных токов и методом двух узлов. Сравнить результаты. Проверить выполнение баланса мощности, если  $I=1\text{A}$ ;  $R_1 = 5\ \text{Ом}$ ;  $R_2=8\ \text{Ом}$ ;  $R_3=20\ \text{Ом}$ ,  $E_2=16\ \text{В}$ ,  $E_3=4\ \text{В}$ .

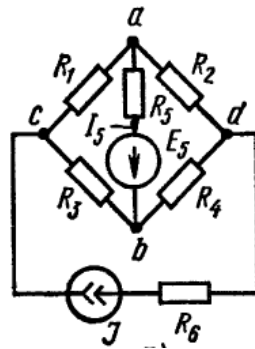


Рис. 4.14

**ЗАДАЧА 4.16.** Вычислить токи в ветвях схемы рис. 4.15 методом узловых потенциалов и методом контурных токов. Составить уравнение баланса мощности. Исходные данные:  $E_1=25\text{В}$ ;  $E_2=10\text{В}$ ;  $E_6 = 20\text{В}$ ;  $I = 2\text{А}$ ;  $R_2 = 10\text{Ом}$ ;  $R_3 = 20\text{Ом}$ ;  $R_4 = 10\text{Ом}$ ;  $R_5 = 8\text{Ом}$ ;  $R_6=50\text{Ом}$ .

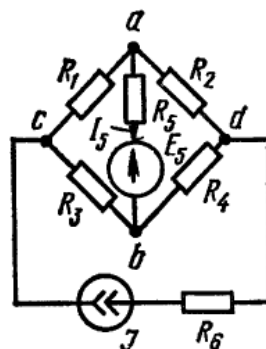


Рис. 4.15

### 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 особенность

### Практическое занятие №5

#### ТЕМА: Решение задач на закон электромагнитной индукции

**ЦЕЛИ:** Закрепить изученный материал и получить навыки решения задач на законы электромагнитной индукции.

**Продолжительность 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.

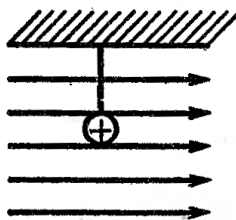


Рис. 5.1

**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 мощ-

ность, выделившуюся в резисторе, если сечение катушки  $S=12 \text{ см}^2$  и ее сопротивление  $R_K=4$ , Ом.

**ЗАДАЧА 5.3.** Через центр кольца с площадью поперечного сечения  $S=1 \text{ см}^2$ , средним диаметром  $d=3 \text{ см}$  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  $t=0,03 \text{ с}$  изменился на  $12 \text{ А}$ .

**ЗАДАЧА 5.4.** На стальное кольцо с магнитной проницаемостью  $\mu=4000$  равномерно намотаны две обмотки с числом витков  $w=800$  и  $300$ . Сечение кольца круглое, площадью  $S=0,8 \text{ см}^2$ , его наружный диаметр  $D = 50 \text{ мм}$ . Определить энергию магнитного поля внутри кольца, если токи  $I=2 \text{ А}$  и  $I=4,5 \text{ А}$  проходят: а) в одном направлении; б) в противоположном.

**ЗАДАЧА 5.5.** Прямолинейный проводник с активной длиной  $l=0,45 \text{ м}$  перемещается в однородном магнитном поле со скоростью  $v=36 \text{ м/с}$  под углом  $70^\circ$  к линиям поля. ЭДС, наведенная в нем,  $E=14,6 \text{ В}$ . Определить напряженность магнитного поля

**ЗАДАЧА 5.6.** По кольцевой катушке со стальным сердечником ( $\mu=120$ ) проходит ток  $I=4 \text{ А}$ . Определить индуктивность катушки, если она имеет  $800$  витков, сердечник с прямоугольным сечением со сторонами  $2,5$  и  $1,8 \text{ см}$  и напряженность поля на средней магнитной линии  $H=12\,800 \text{ А/м}$ .

**ЗАДАЧА 5.7.** Магнитная индукция в центре цилиндрической катушки со стальным сердечником ( $\mu = 500$ )  $B=1,45 \text{ Тл}$ . Длина катушки  $l=180 \text{ мм}$ , площадь поперечного сечения сердечника  $S=78,5 \text{ м}^2$ . Определить ток в катушке, напряженность в центре и ее индуктивность, если катушка имеет  $540$  витков.

**ЗАДАЧА 5.8.** Кольцевая катушка со стальным сердечником ( $\mu=1000$ ) имеет индуктивность  $L=0,5 \text{ Гн}$ . Энергия, запасенная в магнитном поле катушки,  $W=5,6 \text{ Дж}$ . Определить число витков и ток в катушке, если, внешний диаметр тороида  $D=40 \text{ мм}$ , сечение круглое диаметром  $5 \text{ мм}$ . Как изменится энергия, если число витков уменьшить в два раза, а ток увеличить в три раза?

**ЗАДАЧА 5.9.** Соленоид имеет  $250$  витков при длине  $l=300 \text{ мм}$  и поперечном сечении  $S=18 \text{ см}^2$ . На него надета катушка с десятью витками. Определить ЭДС, наведенную во второй катушке соленоида, если за время  $t=0,02 \text{ с}$  ток в первой обмотке изменился на  $8 \text{ А}$  (по линейному закону).

## Практическое занятие №6

**ТЕМА:** Расчёт магнитопровода

**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. 5.2).

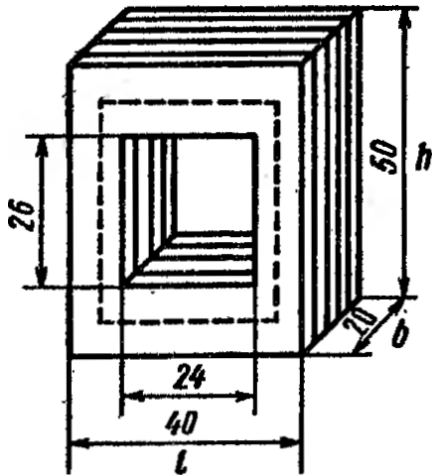


Рис. 6.1

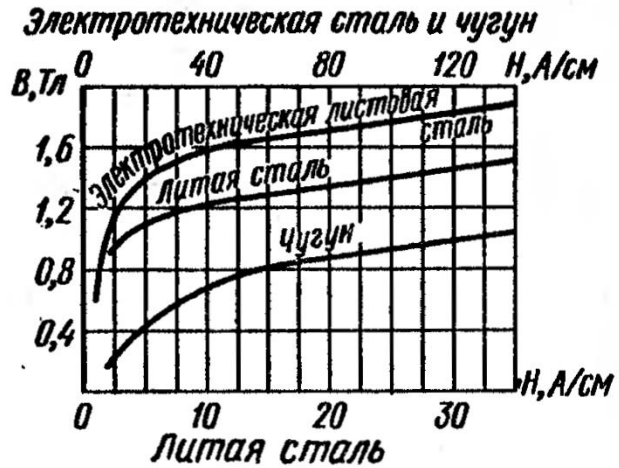


Рис. 6.2

**ЗАДАЧА 6.2.** На рис. 6.1 представлены геометрические размеры сердечника, имеющего зазоры  $\delta=2$  мм каждый. Верхняя часть выполнена из листовой электротехнической стали, нижняя из литой стали (см. рис. 6.1). 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.

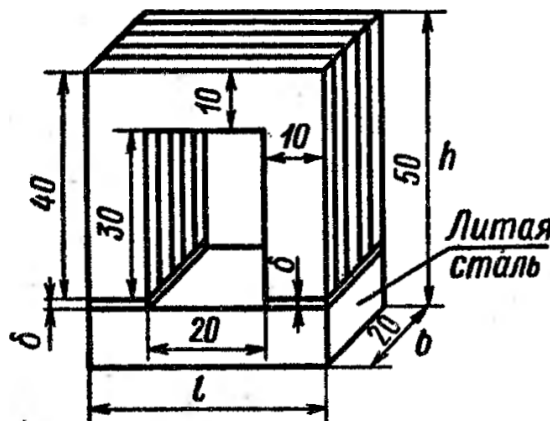


Рис. 6.3

**ЗАДАЧА 6.4.** Найти магнитные потоки в ветвях:  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  если известно, что:  $W_1=400; W_2=500; W_3=1000$ ; Сталь: Э11;  $l=24$  см;  $S=8$  см<sup>2</sup>;  $F_1=2000$  А;  $F_2=1000$  А;  $F_3=0$  А;  $\delta_3=1$  мм;  $\delta_1=\delta_2=0$  мм;  $l_1=1,5l$ ;  $l_2=l$ ;  $l_3=2l$ ;  $S_1=S_3=S$ ;  $S_2=1,5S$ .

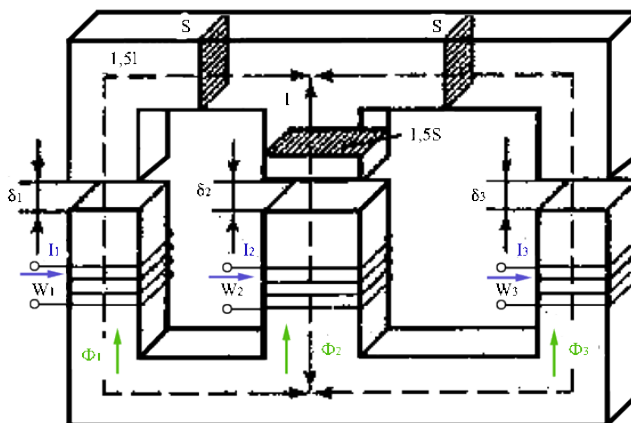


Рис. 6.4

**ЗАДАЧА 6.5.** 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;  $S = 15$  см<sup>2</sup>.

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

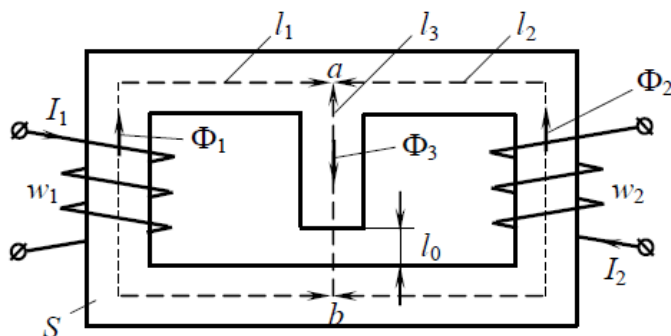


Рис. 6.5

Таблица 6.1

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

**ЗАДАЧА 6.6.** Магнитопровод неразветвленной однородной магнитной цепи составлен из 100 листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Размеры маг-

нитопровода указаны в мм. Определить намагничивающую силу  $F = Hl$ , при которой магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi = 3 \cdot 10^{-3}$  Вб.

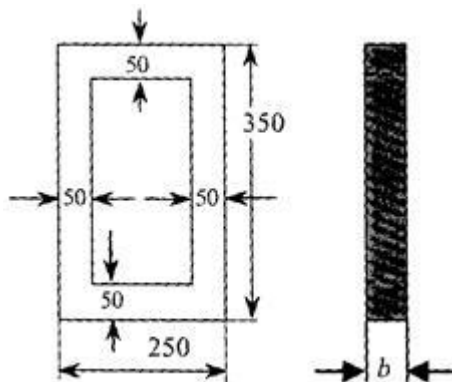


Рис. 6.6

**ЗАДАЧА 6.7.** Определить ток в катушке, имеющей 250 витков, и магнитную проницаемость сердечника, на котором расположена катушка, выполненном из литой стали, если магнитный поток, созданный током катушки в сердечнике,  $\Phi = 8 \cdot 10^{-4}$  Вб. Размеры однородной магнитной цепи даны в мм.

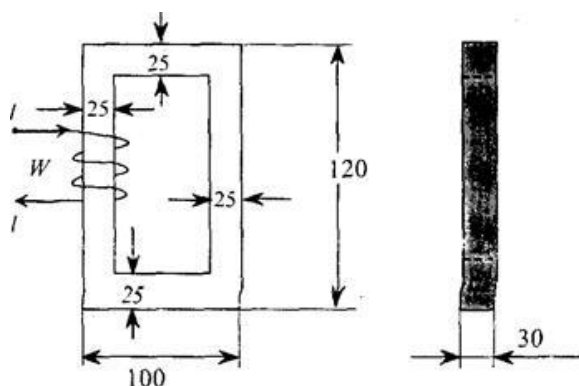


Рис. 6.7.

**ЗАДАЧА 6.8.** По катушке с числом витков  $W = 300$  проходит ток 2 А. Катушка расположена на сердечнике из электротехнической стали, размеры которого даны в мм. Определить магнитный поток  $\Phi$  в магнитопроводе однородной магнитной цепи.

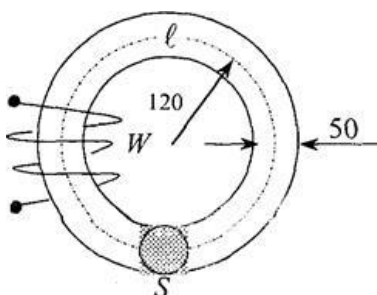


Рис. 6.8.



**ЗАДАЧА 6.9.** Однородная магнитная цепь из листовой электротехнической стали имеет две обмотки  $W_1 = 200$  и  $W_2 = 150$ , подключенных согласно к зажимам  $a$  и  $b$ . Сопротивление обмоток соответственно  $R_1 = 0,52$  Ом и  $R_2 = 0,38$  Ом. К зажимам  $a$  и  $b$  приложено напряжение  $U = 6$  В. Определить магнитный поток в магнитной цепи, пренебрегая рассеянием. Размеры магнитопровода даны в мм. Расчет произвести по закону полного тока для магнитной цепи.

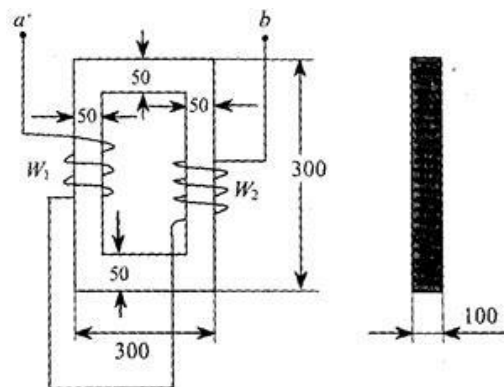


Рис. 6.9.

### Практическая работа №7

**ТЕМА** Решение задач на определение основных параметров.

**Цель занятия:** научить обучающихся методике определения основных параметров переменной ЭДС

**Продолжительность занятий** - 4 часа

**ЗАДАЧА 7.1.** В цепь с переменным синусоидальным напряжением, действующее значение которого  $U = 220$  В, с частотой переменного тока 50 Гц включена катушка, обладающая активным сопротивлением  $R = 4$  Ом и индуктивным сопротивлением  $X_L = 2$  Ом (рис. 6.1).

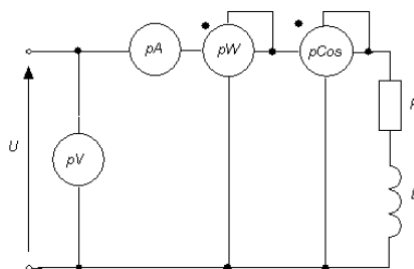


Рис. 7.1

Определите показания приборов, включенных в цепь, а также реактивную и полную мощности цепи. Постройте векторные диаграммы тока и напряжений.

**ЗАДАЧА 7.2.** Для неразветвленной цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостными сопротивлениями по данным, указанным в таблице 7.1, определить следующие величины (если они не заданы):

- 1) полное сопротивление цепи  $Z$ ;
- 2) ток цепи  $I$ ;
- 3) приложенное напряжение  $U$ ;
- 4) угол сдвига фаз между током и напряжением  $\varphi$ ;
- 5) полную  $S$ , активную  $P$  и реактивную  $Q$  мощности.

Построить в масштабе векторную диаграмму цепи с кратким описанием ее построения.

Проверить решение задачи путем сравнения приложенного напряжения и угла сдвига фаз цепи, полученным по диаграмме и результатам решения или по данным задачи.

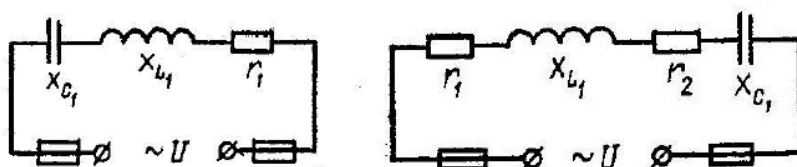


Рис. 7.2

Таблица 7.1

Вариант	Номер рисунка	$r_1$ , Ом	$r_2$ , Ом	$X_{L1}$ , Ом	$X_{C1}$ , Ом	$I, U, S, P, Q$
1	12	6	-	10	2	$S=90\text{ВА}$
2	13	20	12	30	6	$P=160\text{Вт}$
3	12	12	-	10	19	$Q=-81\text{вар}$
4	13	3	1	6	3	$U=20\text{В}$
5	12	3	-	10	6	$U=60\text{В}$
6	13	8	8	20	8	$I=5\text{А}$
7	12	12	-	20	4	$S=80\text{ВА}$
8	13	9	6	10	30	$U=150\text{В}$
9	12	8	-	10	4	$U=100\text{В}$
10	13	6	3	15	3	$U=75\text{В}$

**ЗАДАЧА 7.3.** Для последовательно – параллельной электрической цепи переменного тока (рис. 7.3, а) определить токи  $I, I_1, I_2$  на всех участках цепи, активную  $P$ , реактивную  $Q$  и полную  $S$  мощности цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов. Напряжение питания  $U = 127 \text{ В}$ , активные и реактивные сопротивления цепи:  $R = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_1 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $X_L = 10 \text{ Ом}$ ,  $X_{L1} = 10 \text{ Ом}$ ;  $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$ ;  $X_C = 2 \text{ Ом}$ ;  $X_{C1} = 20 \text{ Ом}$ ;  $X_{C2} = 30 \text{ Ом}$ .

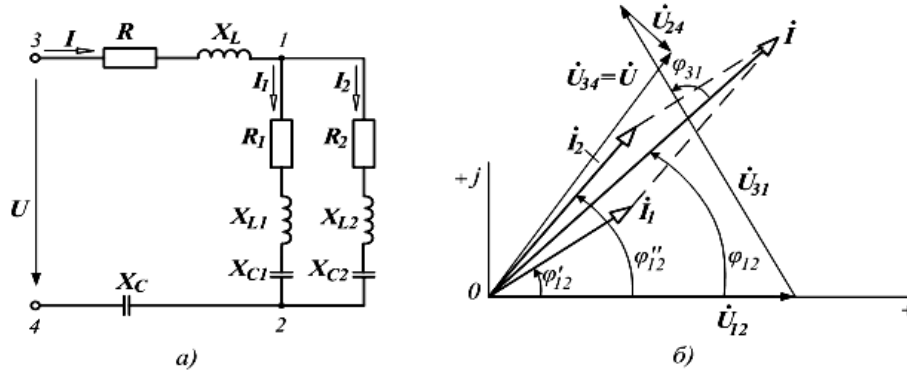


Рис.7.3

**ЗАДАЧА 7.4.** В трехфазную четырехпроводную сеть включены «звездой» лампы накаливания мощностью  $P_{л} = 150$  Вт каждая (рис. 7.4.a) В фазу А включили 30 ламп, в фазу В – 50 ламп и в фазу С – 20 ламп. Линейное напряжение сети  $U_{ном} = 380$  В. Определить токи в фазах и начертить векторную диаграмму, из которой найти значение тока в нулевом проводе.

**ЗАДАЧА 7.5.** В трехфазную сеть включили «треугольником» три одинаковых катушки. Активное сопротивление катушки  $R = 6$  Ом, индуктивное  $X_L = 8$  Ом. Линейное напряжение в сети  $U_{ном} = 220$  В. Определить фазные и линейные токи; активную, реактивную и полную мощность цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму. Определить логически, как изменится ток, активная мощность и угол сдвига фаз при увеличении частоты тока.

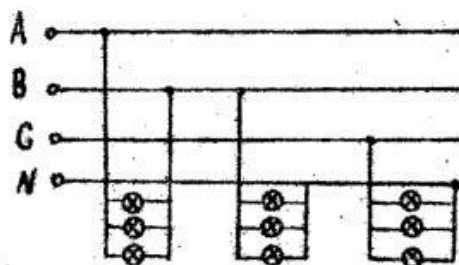
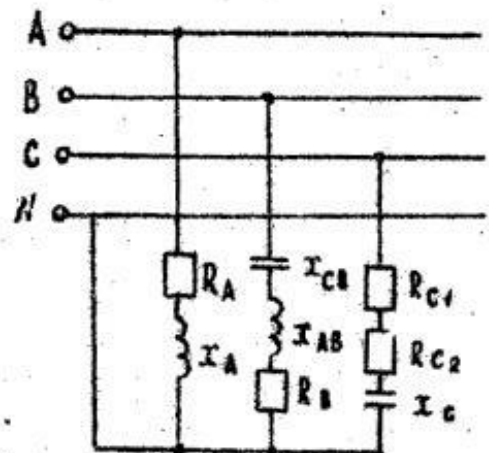


Рис.7.4

**ЗАДАЧА 7.6.** В трехфазную четырехпроводную сеть с линейным напряжением включили «звездой» разные по характеру сопротивления (рис.7.6). Определить линейные токи и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Используя векторную диаграмму цепи, определить ток в нулевом проводе. Какие сопротивления надо включить в фазы В и С приведенной схемы, чтобы ток в нулевом проводе стал равным нулю при неизменной нагрузке в фазе А.



Дано:  $R_A = 6 \text{ Ом}$ ;  $X_A = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_B = 16 \text{ Ом}$ ;  $X_{C.B} = 20 \text{ Ом}$ ;  $R_{C1} = 1 \text{ Ом}$ ;  $X_{L.B} = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_{C2} = 2 \text{ Ом}$ ;  $X_{C.C} = 4 \text{ Ом}$ ;  $U_{л} = 220 \text{ В}$ .

Рис. 7.6

**ЗАДАЧА 7.7.** В каждую фазу включена симметричная нагрузка: индуктивность и активное сопротивление, включенные под фазное напряжение  $U_{\text{ф}}$ . Номинальное напряжение сети  $U_{\text{ном1}}$ . Выбрать схему соединения («звездой» или «треугольником») в зависимости от  $U_{\text{ном}}$  и начертить ее. Определить линейный ток, активную  $P$ , реактивную  $Q$  и полную  $S$  мощности цепи. Как нужно соединить фазы потребителя («звездой» или «треугольником») для включения его в сеть с номинальным напряжением  $U_{\text{ном2}}$ ? Вычислить линейные токи при этом способе включения. Дано:  $R_{\Phi} = 8 \text{ Ом}$ ;  $X_{\Phi} = 6 \text{ Ом}$ ;  $U_{\Phi} = 220 \text{ В}$ ;  $U_{\text{ном1}} = 380 \text{ В}$ ;  $U_{\text{ном2}} = 220 \text{ В}$ .

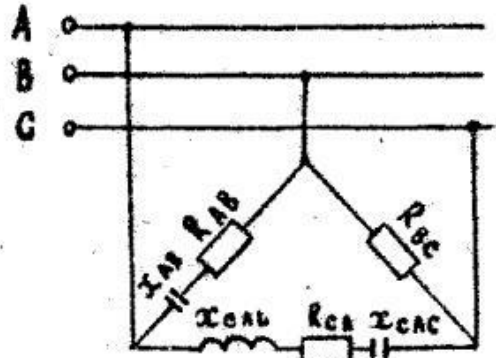


Рис. 7.7

**ЗАДАЧА 7.8.** В трехфазную трехпроводную сеть с линейным напряжением  $U_{\text{ном}}$  включили «треугольником» разные по характеру сопротивления (рис.7.7). Определить фазные токи и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Из векторной диаграммы определить численные значения линейных токов. Как изменятся значения фазных и линейных токов и взаимное расположение векторов токов и напряжений при увеличении частоты тока в сети в два раза? Дано:  $R_{AB} = 8 \text{ Ом}$ ;  $X_{AB.C} = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_{BC} = 10 \text{ Ом}$ ;  $X_{CA.L} = 20 \text{ Ом}$ ;  $R_{CA} = 16 \text{ Ом}$ ;  $X_{CA.C} = 8 \text{ Ом}$ ;  $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$

**ЗАДАЧА 7.9.** К трехфазной сети с линейным напряжением  $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$  подключены двигатель и однофазные силовые потребители (рис.7.8). Обмотки трехфазного двигателя мощностью  $P = 10 \text{ кВт}$  и  $\cos \varphi = 0,76$  соединены «треугольником». Однофазные силовые потребители с параметрами:  $R_A = R_B = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_C = 8 \text{ Ом}$ ;  $X_A = X_B = 9 \text{ Ом}$ ;  $X_C = 6 \text{ Ом}$  – соединены «звездой». Определить: показания амперметров  $A_1, A_2, A_3$  и  $A_4$ ; показания вольтметров. В линейном проводе  $C$  сгорел предохранитель (обрыв линейного провода  $C$ ). Как при этом изменится показание вольтметра  $V_1$ , если оборвется и нулевой провод? Как изменится показание вольтметра  $V_2$ ?

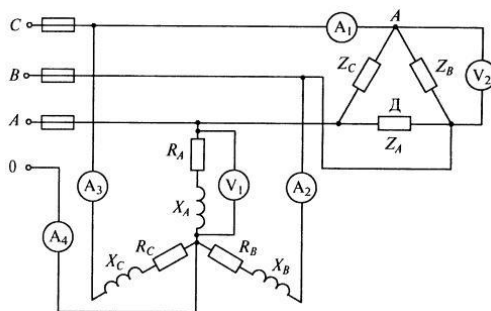


Рис.7.8

**ЗАДАЧА 7.10.** К трехфазной линии с линейным напряжением  $U_{л}$  подключены приемники электрической энергии, соединенные по схеме. Начертить схему соединения (таблица 7.2).

Определить: полное сопротивление каждой фазы приемника; фазное напряжение; линейные и фазные токи. Построить векторную диаграмму токов и напряжений. Данные в таблице 7.3.

Таблица 7.2

Вариант	$U_{л}, В$	$R, Ом$	$X_L, Ом$	$X_C, Ом$	Схема соединения	Последовательное соединение элементов между фазами		
						А и В	В и С	А и С
1	42	18,19	10,5	10,5	Треугольник	R, C	R, L	R, L
2	127	55	31,75	31,75		R, L	R, C	R, C
3	220	95,26	55	55		R	R, L	R, C
4	380	164,5	95	95		C	R, L	R, C
5	660	285,79	165	165		L	R, C	R, L

Таблица 7.3

Вариант	$U_{л}, В$	$R, Ом$	$X_L, Ом$	$X_C, Ом$	Схема соединения	Последовательное соединение элементов между фазой		
						А и 0	В и 0	С и 0
6	42	18,19	10,5	10,5	Звезда с нулевым проводом	R, C	R, L	R, L
7	127	55	31,75	31,75		R, L	R, C	R, C
8	220	95,26	55	55		R	R, L	R, C
9	380	164,5	95	95		C	R, L	R, C
10	660	285,79	165	165		L	R, C	R, L

**ЗАДАЧА 7.11.** По заданной векторной диаграмме для трехфазной цепи (рис. 7.9) определить характер нагрузки каждой фазы и вычислить ее сопротивление. Начертить соответствующую схему цепи. Нагрузка включена в звезду. Определить активную и реактивную мощности, потребляемые цепью. Значения напряжений, токов и фазных углов приведены на диаграмме. Векторы линейных напряжений не показаны.

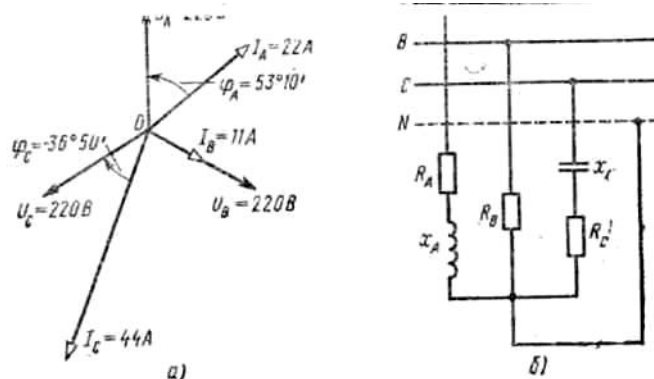


Рис.7.9

**ЗАДАЧА 7.12.** В трехфазную четырехпроводную сеть включили звездой несимметричную нагрузку: в фазу  $A$  - конденсатор с емкостным сопротивлением  $x_A = 10 \text{ Ом}$ ; в фазу  $B$  - активное сопротивление  $R_B = 8 \text{ Ом}$  и индуктивное  $x_B = 6 \text{ Ом}$ , в фазу  $C$  - активное сопротивление  $R_C = 5 \text{ Ом}$ . Линейное напряжение сети  $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$ . Определить фазные токи, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и найти графически ток в нулевом проводе. Схема цепи дана на рис.7.10.

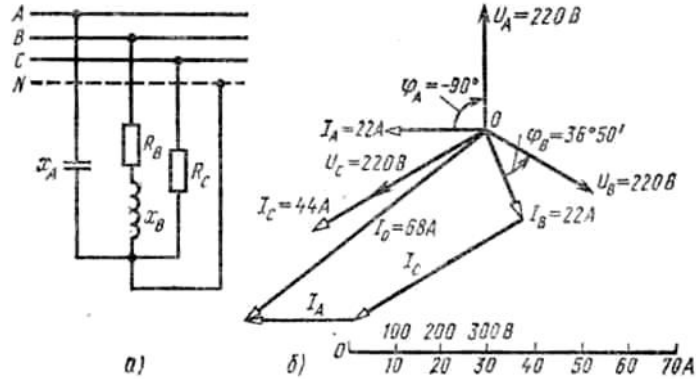


Рис. 7.10

**ЗАДАЧА 7.13.** Трёхфазный потребитель электроэнергии с активными и реактивными сопротивлениями  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = R_3 = 5 \text{ Ом}$  и  $X_L = X_C = 5 \text{ Ом}$  фаз соединён «треугольником» (рис 7.13) и включён в трёхфазную сеть с линейным напряжением  $U_{\text{л}} = 100 \text{ В}$  при симметричном питании.

Определить:

1. Показания амперметра  $A$  при отключении (обрыве) линейного провода  $C$  (выключатель  $B$  разомкнут); 2. Фазные  $I_{\phi}$  и линейные  $I_{\text{л}}$  токи, а также активную  $P$ , реактивную  $Q$  и полную  $S$  мощности каждой фазы и всей электрической цепи (при замкнутом выключателе  $B$ ). Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

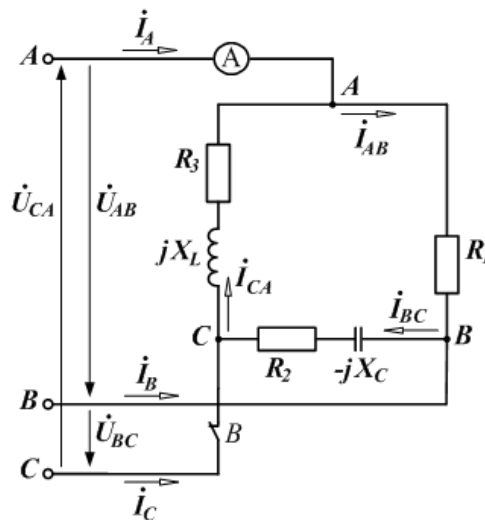


Рис.7.13

Для трёхфазной электрической цепи (рис. 7.14) определить линейные токи  $I_L$  и активную мощность  $P$ , потребляемую цепью, если линейное симметричное напряжение питающей сети  $U_L = 220 \text{ В}$ , а активные и реактивные сопротивления:  $R = 5 \text{ Ом}$ ,  $X_C = 5 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 5 \text{ Ом}$ . Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

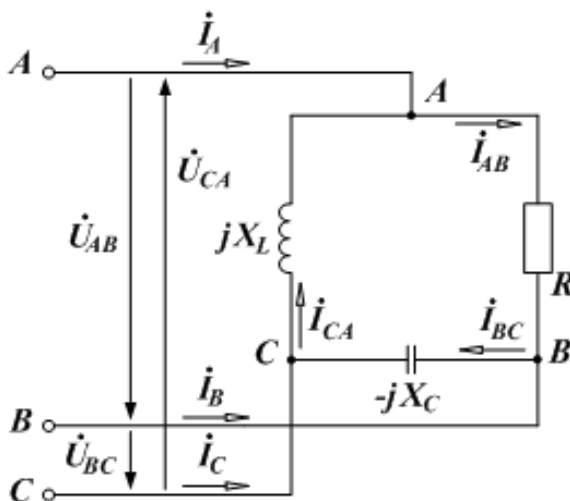


Рис. 7.14

### 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 №8

**ТЕМА:** Расчёт сопротивление провода по заданной силе тока.

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

**Продолжительность занятий** – 2 часа.

**ЗАДАЧА 8.1.** К входным зажимам двухпроводной линии приложено напряжение  $U=300 \text{ В}$ . Сопротивление потребителя  $R= 50 \text{ Ом}$ , 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  $S=6 \text{ мм}^2$ .

**ЗАДАЧА 8.2.** Напряжение на нагрузке, подключенной к двухпроводной линии из алюминиевых проводов,  $U=100 \text{ В}$ . Потеря напряжения в линии  $\Delta U=27 \text{ В}$  при токе нагрузки  $I=10 \text{ А}$ . Определить сечение проводов, если потребитель находится от источника ЭДС на расстоянии  $l=770 \text{ м}$ .

**ЗАДАЧА 8.3.** От источника с ЭДС  $E=250 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r=3,6 \text{ Ом}$  питается нагрузка через двухпроводную линию из медных проводов сечением  $S=10 \text{ мм}^2$ . Определить сопротивление нагрузки, потребляемую ею мощность, сопротивление проводов и КПД линии, если потребитель удален от источника на  $l=1800 \text{ м}$  и потеря напряжения в линии  $\Delta U=30 \text{ В}$ .

**ЗАДАЧА 8.4** Определить ток нагрузки и потерю напряжения в линии при отключении и закорачивании нагрузки, находящейся на конце двухпроводной линии из медных проводов сечением  $S=12,5 \text{ мм}^2$  и длиной  $l=320 \text{ м}$ , если на входе линии подключен источник с ЭДС  $E=120 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r=1,5 \text{ Ом}$ .

**ЗАДАЧА 8.5.** Для питания потребителя электроэнергии мощностью  $20 \text{ кВт}$  при напряжении  $220 \text{ В}$  используется двухжильный медный кабель длиной  $100 \text{ м}$ , 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 №9***

**ТЕМА: Решение задач на расчёт параметров трёхфазных цепи.**

**Цель работы** Закрепить пройденный материал и получить навыки расчета трёхфазных цепей

**Продолжительность занятий** – 6 часа.

**ЗАДАЧА 9.1.** В симметричной трехфазной цепи (рис. 9.1, а) линейное напряжение  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ,  $R = 30 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 40 \text{ Ом}$ . Определить токи, активную, реактивную и полную мощности цепи: 1) в нормальном режиме работы; 2) при обрыве в фазе А.



**ЗАДАЧА 9.2.** В четырехпроводной трехфазной цепи (рис. 9.2, а)  $R_a = 6$  Ом,  $X_a = 8$  Ом,  $R_b = 12$  Ом,  $X_b = 16$  Ом,  $R_c = 5$  Ом. Линейное напряжение  $U_{л} = 380$  В. Определить токи и мощность цепи.

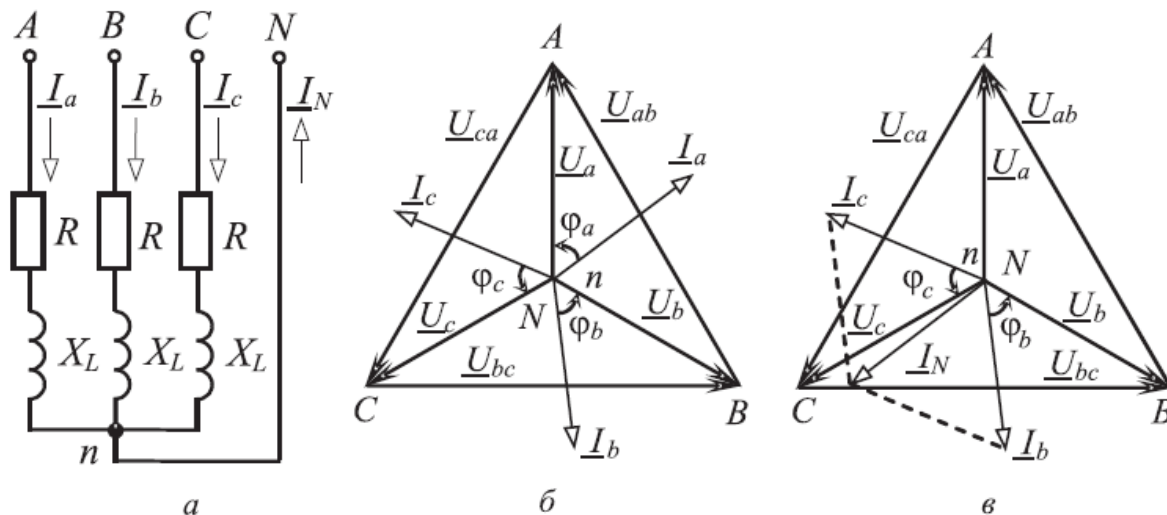


Рис.9.1

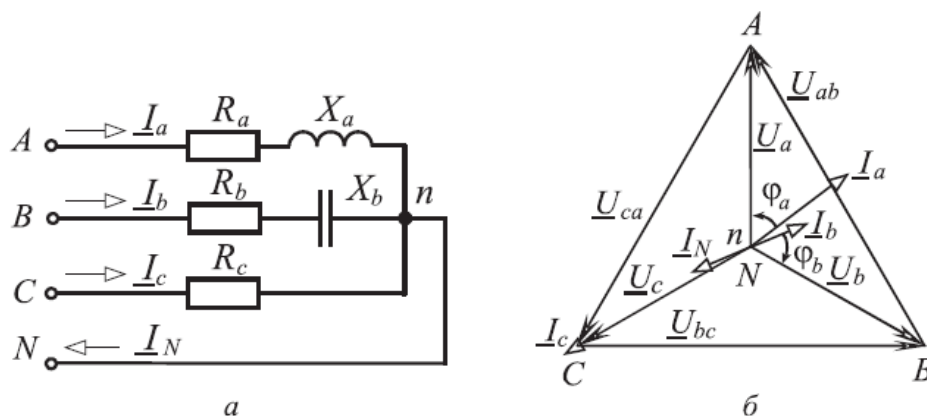


Рис.9.2

**ЗАДАЧА 9.3.** В цепи (рис. 9.3, а)  $U_{л} = 220$  В,  $R = 6$  Ом,  $X_L = 8$  Ом. Определить токи и мощности трехфазной цепи: 1) в симметричном режиме; 2) при обрыве линейного провода фазы А; 3) при коротком замыкании фазы А.

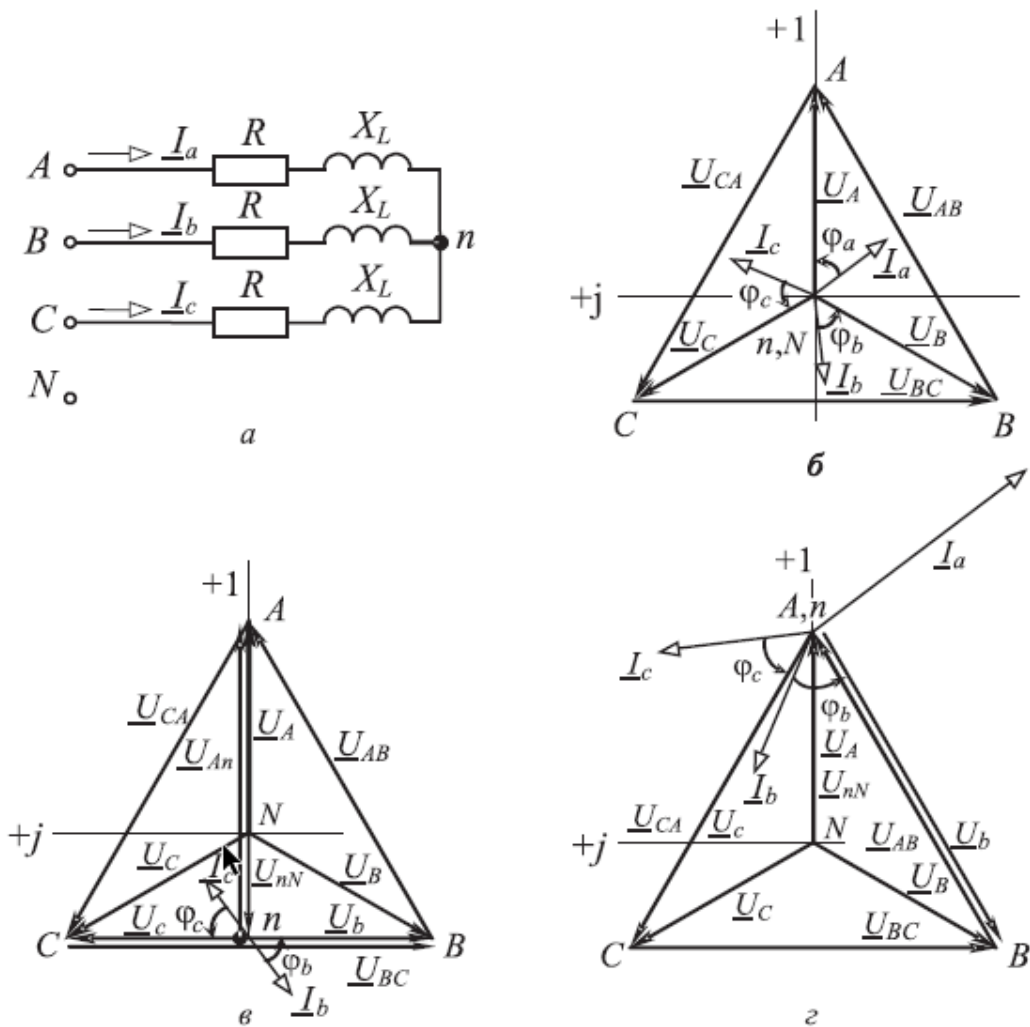


Рис.9.3

**ЗАДАЧА 9.4.** В трехфазную цепь с линейным напряжением  $U_{л} = 220$  В включены конденсатор емкостью  $C = 31,8$  мкФ и две лампы накаливания сопротивлением  $R = 100$  Ом каждая (рис. 3.4, а). Частота  $f = 50$  Гц. Рассчитать напряжения и токи конденсатора и ламп, построить векторную диаграмму.

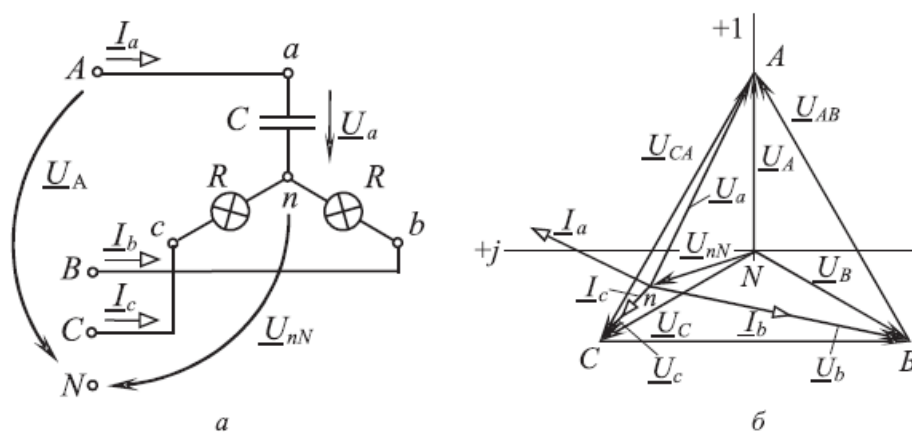


Рис.9.4

**ЗАДАЧА 9.5.** Три вольтметра используются для контроля сопротивления изоляции незаземленной трехфазной цепи (рис. 9.5, а). Линейное напряжение  $U_{л} = 380$

В. Емкость каждой фазы по отношению к земле  $C = 0,319$  мкФ. Частота  $f = 50$  Гц. Сопротивление изоляции каждой фазы по отношению к земле в нормальном состоянии  $R_{и} = 2 \cdot 10^5$  Ом. Сопротивления вольтметров  $R_V = 50$  кОм. Определить показания вольтметров: 1) при нормальном состоянии изоляции; 2) при понижении сопротивления изоляции фазы  $A$  в 4 раза.

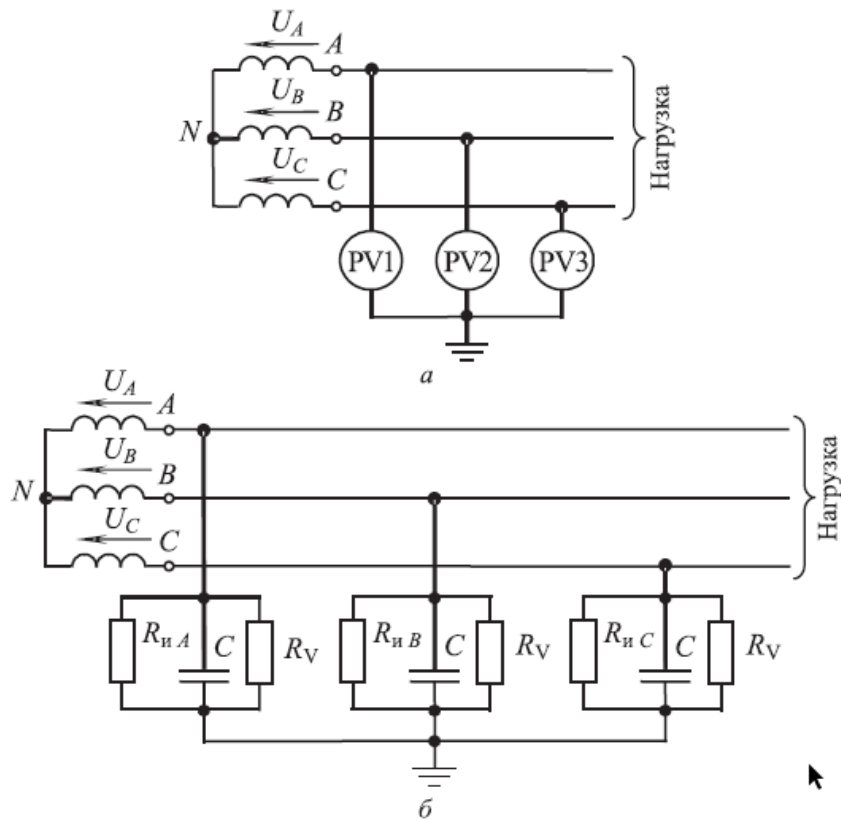


Рис. 9.5

**ЗАДАЧА 9.6.** В цепи (рис. 9.6, а)  $U_{л} = 380$  В,  $R_b = X_C = 100$  Ом, сопротивление переменного резистора  $R_a$  изменяется от нуля до 500 Ом. Построить диаграммы  $I_a(R_a)$  и  $U_a(R_a)$ .

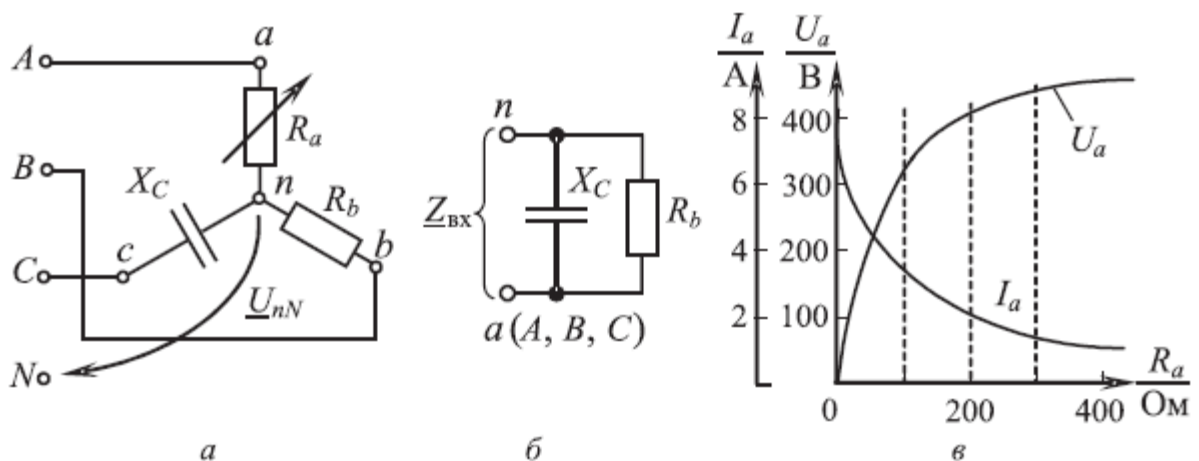


Рис.9.6

**ЗАДАЧА 9.7.** В цепи (рис. 9.7)  $U_{л} = 220$  В,  $R = 6$  Ом,  $X_L = 8$  Ом. Определить линейные токи и активную мощность цепи: 1) при нормальном режиме работы; 2) при обрыве в фазе  $ab$ ; 3) при обрыве линейного провода  $A$ .

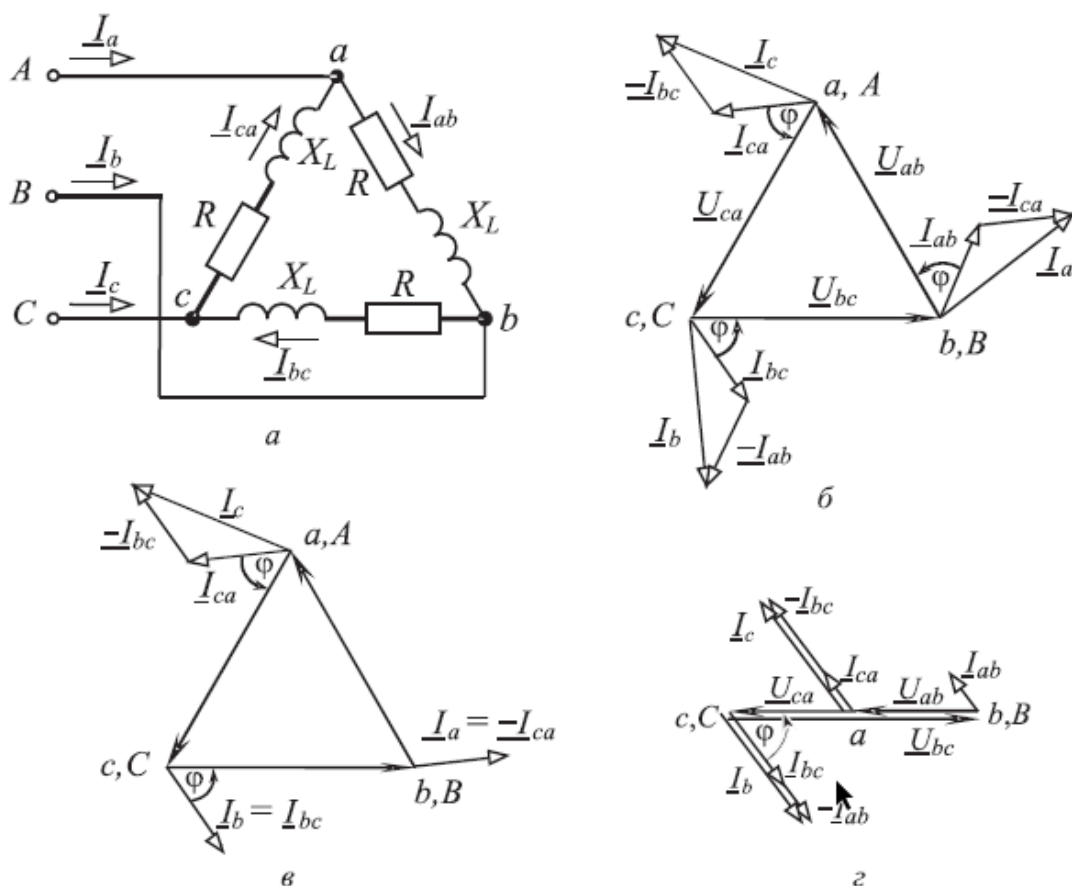


Рис. 9.7

**ЗАДАЧА 9.8.** Приемник, каждая из фаз которого обладает сопротивлением  $Z$ , включен треугольником на линейное напряжение сети  $U_{л}$ . Как изменятся ток и мощность приемника при подключении его звездой?

**ЗАДАЧА 9.9.** В цепи (рис. 9.8, а)  $U_{л} = 380$  В,  $R_1 = X_C = 100$  Ом,  $R_2 = 80$  Ом,  $X_L = 60$  Ом. Определить линейные токи, активную и реактивную мощности цепи.

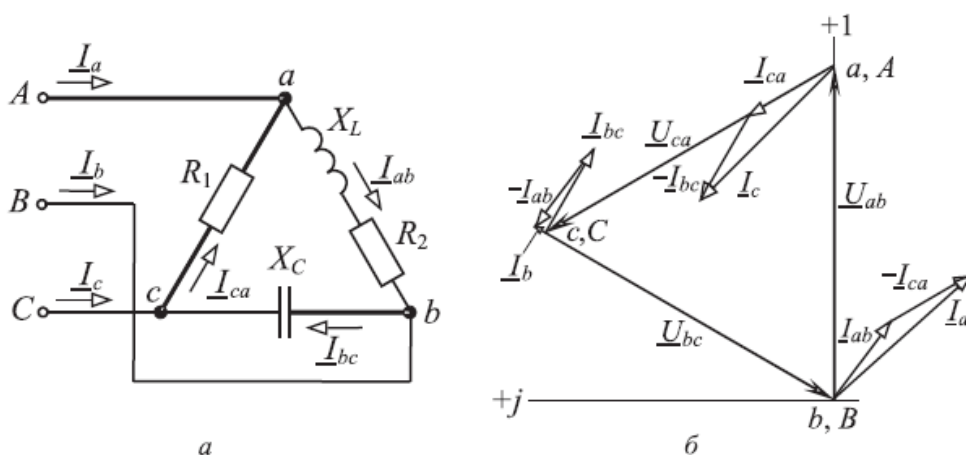


Рис.9.8

**ЗАДАЧА 9.10.** Симметричный приемник, соединенный треугольником и имеющий сопротивление фазы  $Z_{\phi} = 15 + j18 \text{ Ом}$ , подключен к генератору с симметричной системой напряжений ( $U_{л.г} = 380 \text{ В}$ ) с помощью ЛЭП, провода которой имеют сопротивление  $Z_{л} = 1 + j2 \text{ Ом}$  (рис. 9.9, а). Определить линейные и фазные токи цепи, а также фазное напряжение нагрузки. Построить векторную диаграмму.

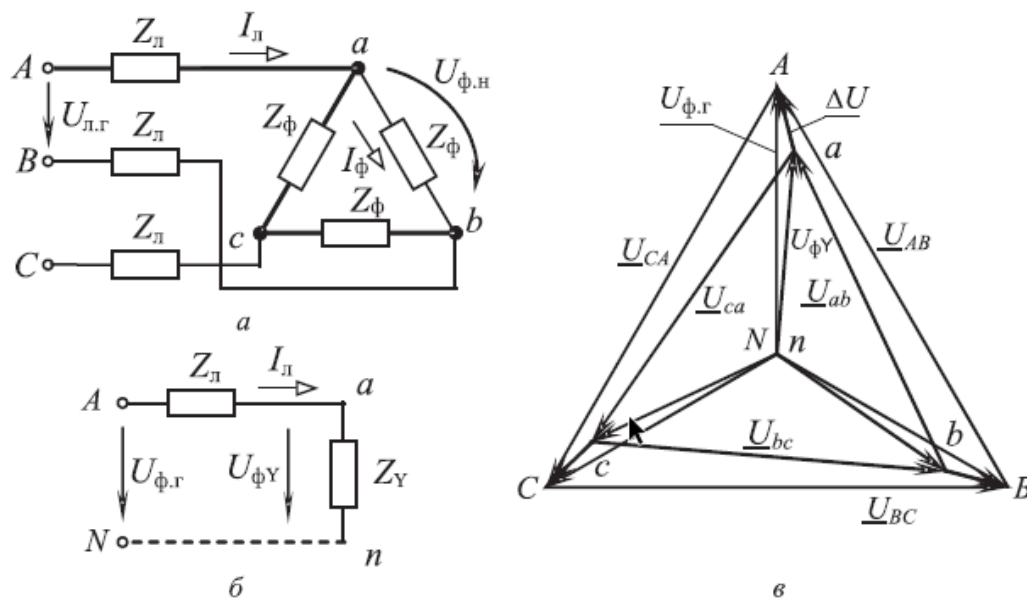


Рис.9.9

**ЗАДАЧА 9.11.** Два трехфазных активно-индуктивных симметричных приемника, подключенных параллельно к сети напряжением  $U_{л} = 220 \text{ В}$ , потребляют мощности  $P_1 = 10 \text{ кВт}$  и  $P_2 = 7,5 \text{ кВт}$  при коэффициентах мощности  $\cos\phi_1 = 0,82$  и  $\cos\phi_2 = 0,5$ . Определить ток в общей цепи и коэффициент мощности всей цепи.

**ЗАДАЧА 9.12.** От сети трехфазного тока с  $U_{л} = 380 \text{ В}$  и  $f = 50 \text{ Гц}$  питается симметричная активно-индуктивная нагрузка, мощность которой  $P = 100 \text{ кВт}$  и  $\cos\phi_n = 0,6$ . Определить емкость соединенных звездой конденсаторов, необходимых для повышения  $\cos\phi$  до 0,9 (рис. 9.10, а). Как изменится емкость при включении конденсаторов треугольником для получения необходимого  $\cos\phi$ ?

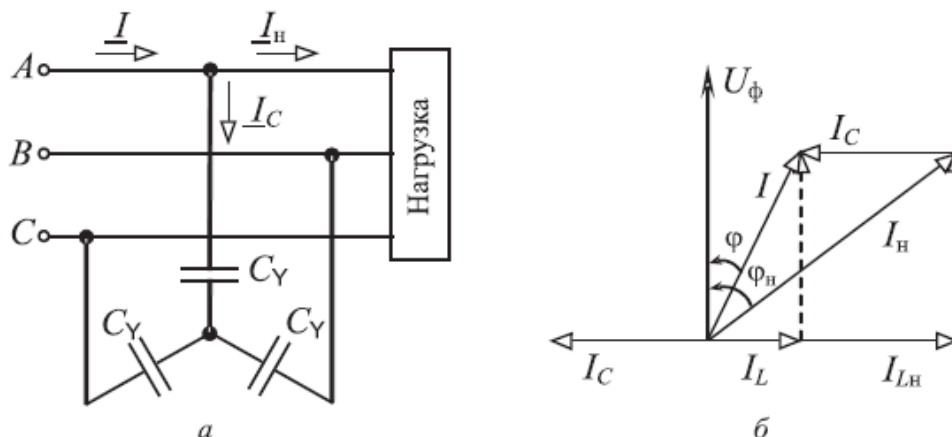


Рис.9.10

**ЗАДАЧА 9.13.** В трехфазной цепи (рис. 9.11)  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ,  $R_a = 44 \text{ Ом}$ ,  $R_b = 22 \text{ Ом}$ ,  $R_c = 14,7 \text{ Ом}$ ,  $R = 26 \text{ Ом}$ ,  $X = 26 \text{ Ом}$ . Определить показания всех амперметров.

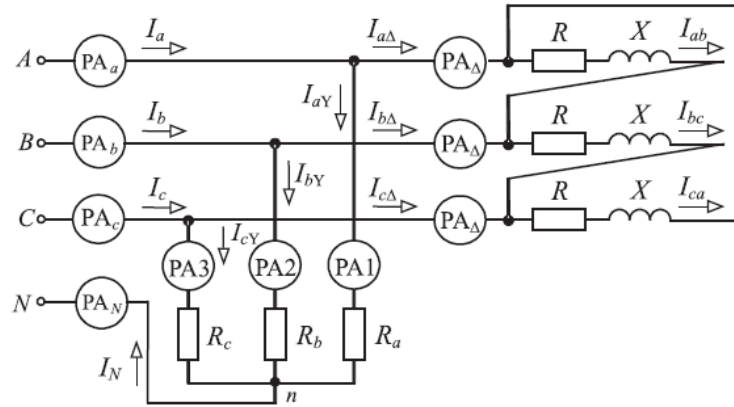


Рис.9.11

**ЗАДАЧА 9.14.** В цепи (рис. 9.12, а)  $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$ ,  $Z = 80 + j60 \text{ Ом}$ . Определить показания ваттметров  $PW1$ ,  $PW2$  и мощность  $P$ , потребляемую приемником.

**ЗАДАЧА 9.15.** В цепи (рис. 9.13, а)  $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$ ,  $R = 20 \text{ Ом}$ ,  $X = 15 \text{ Ом}$ . Определить показание ваттметра и реактивную мощность трехфазной цепи.

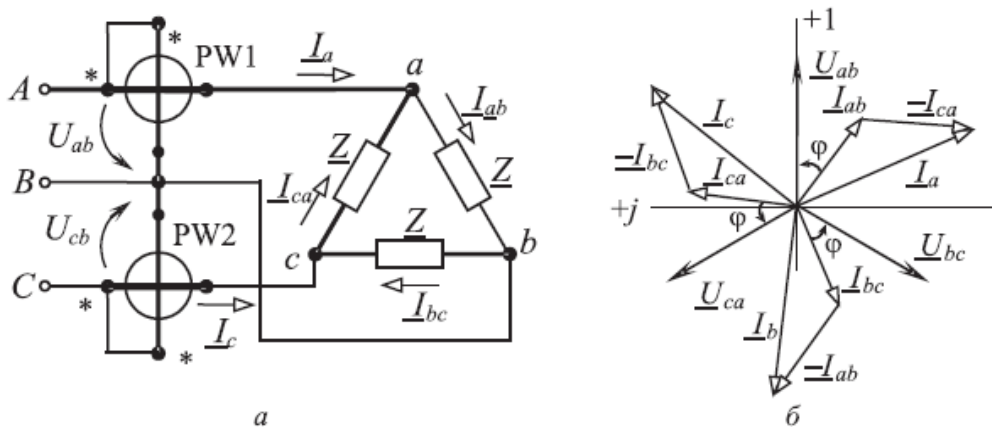


Рис. 9.12

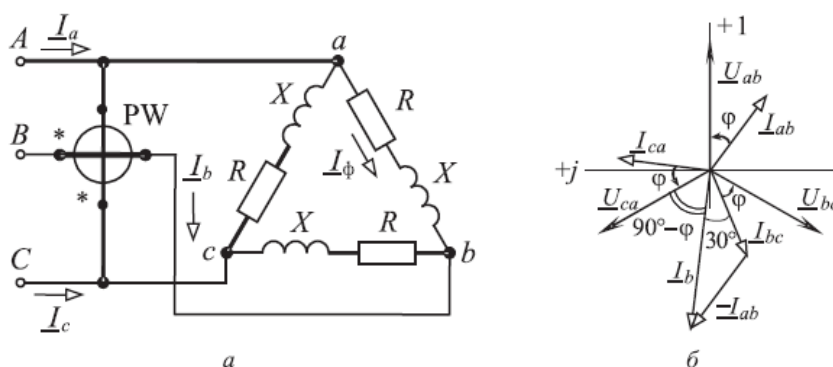


Рис.9.13

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**ЗАДАЧА 9.16.** Обмотки трехфазного генератора соединены звездой. Начальная фаза линейного напряжения  $U_{BC}$  принята равной нулю. Чему равна начальная фаза фазного напряжения  $U_B$ ?

**ЗАДАЧА 9.17.** В трехфазную сеть с линейным напряжением 220 В включен симметричный приемник, сопротивления каждой фазы которого  $R = 2 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 9,8 \text{ Ом}$ . Определить линейный ток и активную мощность, потребляемую приемником, при соединении его фаз: а) звездой; б) треугольником. Построить векторные диаграммы.

**ЗАДАЧА 9.18.** Шесть резисторов одинакового сопротивления включают в трехфазную сеть по приведенным на рис. 9.14 схемам. Определить отношение активных мощностей для указанных схем. Принять мощность для схемы, приведенной на рис. 9.14, а, за единицу.

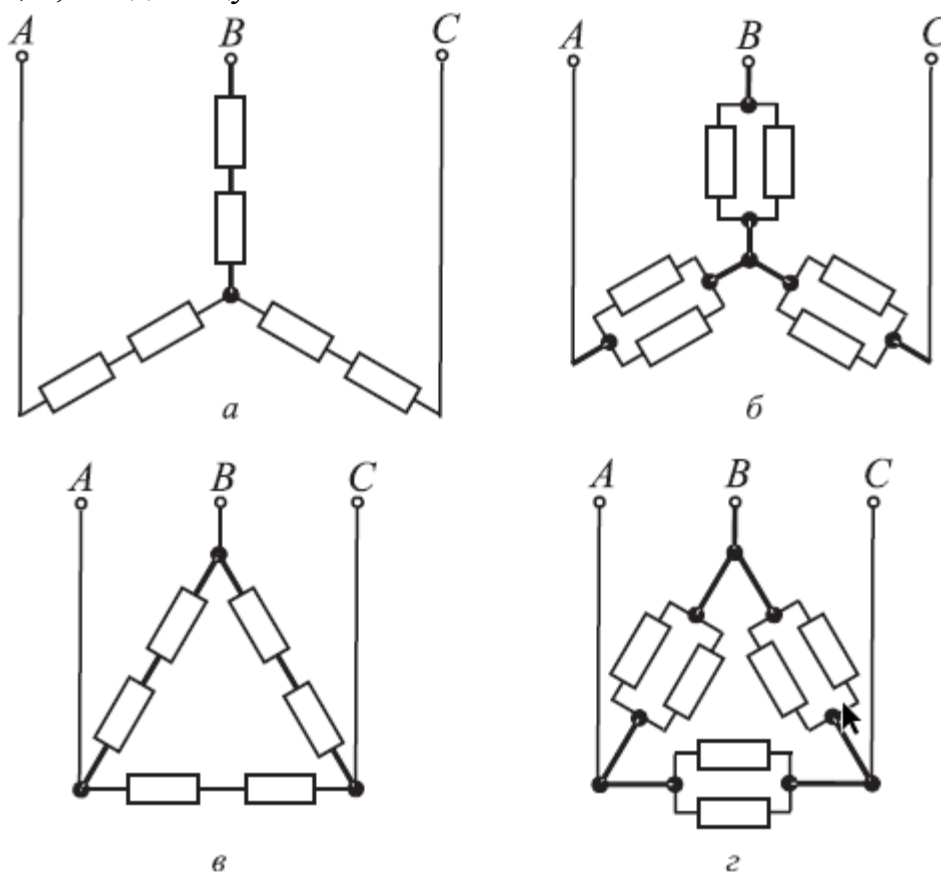


Рис.9.14

**ЗАДАЧА 9.19.** В фазы  $A$  и  $B$  четырехпроводной цепи включены резисторы сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$ , в фазу  $C$  – конденсатор сопротивлением  $X_C = 20 \text{ Ом}$ ; линейное напряжение цепи  $U_{л} = 220 \text{ В}$ . Определить ток в нейтральном проводе и активную мощность трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму.

**ЗАДАЧА 9.20.** В фазу  $A$  четырехпроводной цепи включена катушка индуктивности ( $R_a = 0$ ), в фазу  $B$  – резистор, в фазу  $C$  – конденсатор. Сопротивления фаз равны  $100\ \text{Ом}$  каждая,  $U_{\text{л}} = 380\ \text{В}$ . Определить ток в нейтральном проводе, активную и реактивную мощности трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму.

**ЗАДАЧА 9.21.** Линейные токи симметричного трехфазного приемника, соединенного звездой без нейтрального провода, равны  $10\ \text{А}$ . Как изменятся токи: а) при коротком замыкании; б) при обрыве в фазе  $A$ ?

**ЗАДАЧА 9.22.** В цепи (рис. 3.16)  $R = X_C = X_L = 10\ \text{Ом}$ ,  $U_{\text{л}} = 173\ \text{В}$ . Определить токи, активную, реактивную и полную мощности цепи.

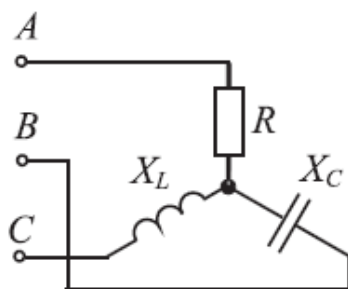


Рис.9.15

**ЗАДАЧА 9.23.** В цепи (рис. 3.16)  $U_{\text{л}} = 220\ \text{В}$ ,  $R_1 = 22\ \text{Ом}$ ,  $R_2 = R_3 = 11\ \text{Ом}$ . Определить линейные токи и мощности цепи. Построить векторную диаграмму.

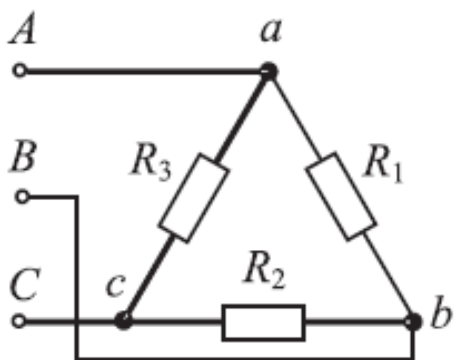


Рис. 916

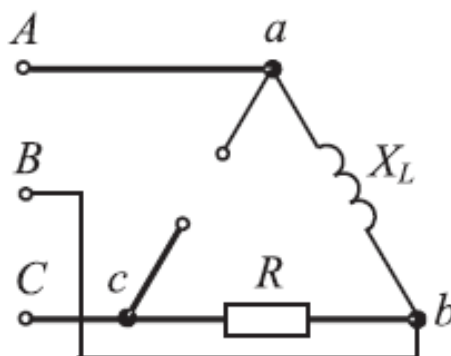


Рис. 9.17

**ЗАДАЧА 9.24.** В цепи (рис. 9.17)  $U_{\text{л}} = 220\ \text{В}$ ,  $R = X_L = 100\ \text{Ом}$ . Определить линейные токи и построить векторную диаграмму.

**ЗАДАЧА 9.25.** В цепи (рис. 9.18)  $U_{\text{л}} = 220\ \text{В}$ ,  $R = X_C = 100\ \text{Ом}$ . Определить линейные токи и построить векторную диаграмму.



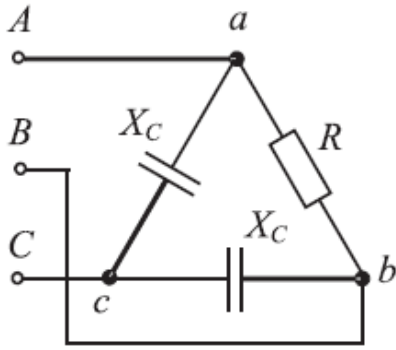


Рис. 9.18

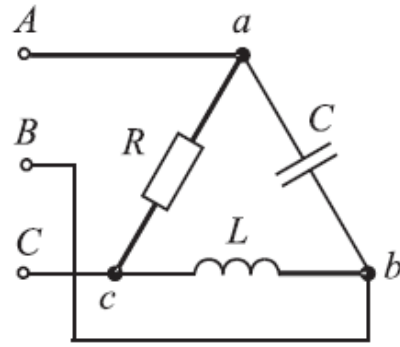


Рис. 9.19

**ЗАДАЧА 9.26.** Определить линейные токи в цепи (рис. 9.19), если все фазные токи  $I_{\text{ф}} = 1 \text{ А}$ .

**ЗАДАЧА 9.27.** В цепи (см. рис. 9.18)  $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$ ,  $R = X_C = 100 \text{ Ом}$ . Определить линейные токи: а) при обрыве в фазе  $ca$ ; б) при обрыве линейного провода  $Cc$ .

**ЗАДАЧА 9.28.** Симметричный активно-индуктивный трехфазный приемник потребляет мощность  $P = 20 \text{ кВт}$  при  $\cos\phi = 0,5$ . Линейное напряжение сети  $220 \text{ В}$ , частота  $f = 50 \text{ Гц}$ . Рассчитать емкость конденсаторов одной фазы, необходимых для повышения коэффициента мощности цепи до  $0,92$  при соединении их: а) звездой; б) треугольником.

**ЗАДАЧА 9.29.** Симметричный трехфазный приемник  $Z_{\text{ф}} = 5 + j7 \text{ Ом}$ , соединенный звездой, подключен к генератору линией, сопротивление фазы которой  $Z_{\text{л}} = 1 + j1 \text{ Ом}$ . Каково должно быть линейное напряжение генератора, чтобы линейное напряжение приемника  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ?

**ЗАДАЧА 9.30.** Трехфазный приемник соединен линией с генератором, линейное напряжение которого  $380 \text{ В}$ . Фазы приемника сопротивлением  $Z_{\text{ф}} = 210 + j165 \text{ Ом}$  соединены треугольником. Сопротивление каждого из линейных проводов линии  $Z_{\text{л}} = 10 + j5 \text{ Ом}$ . Определить напряжение на нагрузке.

**ЗАДАЧА 9.31.** В цепи (рис. 9.20)  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ,  $X_C = 110 \text{ Ом}$ . Определить показания ваттметров, активную, реактивную и полную мощности цепи.

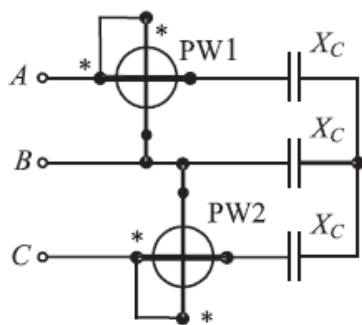


Рис. 9.20

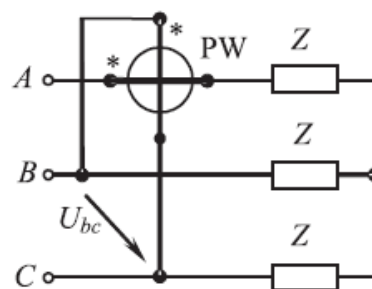


Рис. 9.21

**ЗАДАЧА 9.32.** В цепи (рис. 9.21)  $U_{л} = 220$  В,  $Z = 10 + j7,8$  Ом. Определить показание ваттметра, активную и реактивную мощности цепи.

**ЗАДАЧА 9.33.** Измерение активной мощности, потребляемой от сети трехфазным симметричным приемником, проводилось двумя ваттметрами. Показания ваттметров  $PW1 = 2$  кВт,  $PW2 = 4$  кВт. Начертить электрическую схему цепи и определить коэффициент мощности приемника.

### Практическое занятие № 10

**ТЕМА:** Измерение электрических величин.

**ЦЕЛЬ:** Получить навыки измерения напряжений, токов и мощности

**Продолжительность занятия – 2 часа**

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

#### Краткие теоретические сведения

1. Электромагнитные вольтметр  $V$  и амперметры  $A_1$  и  $A_2$ , включённые в схему (см. рис. 1.3), дали соответственно показания:  $U=(50+N)$  В,  $I_1=(2+0,1N)$  А и  $I_2=(1+0,1N)$  А при частоте питающего напряжения  $f$ , равной 0,5 (варианты 1–15) и 0,7 (варианты 16–30) кГц. При какой частоте  $f^*$  показания амперметров будут одинаковы? Что покажет амплитудный вольтметр, включённый вместо электромагнитного вольтметра и каковы будут показания магнитоэлектрического амперметра, включённого вместо электромагнитного амперметра  $A_1$ ?

2. Определите показания амперметров электромагнитной системы, измеряющих токи, формы которых приведены на рис. 10.1, а амплитудные значения этих токов одинаковы и равны  $I_m=(2+0,2N)$  А. Что покажут в этом случае амперметры магнитоэлектрической и электродинамической систем? Свой ответ обоснуйте.

3. Определите показания электромагнитных приборов, включённых в схемы, представленные на рис. 10.2(а, б), если к входным клеммам этих схем приложено:

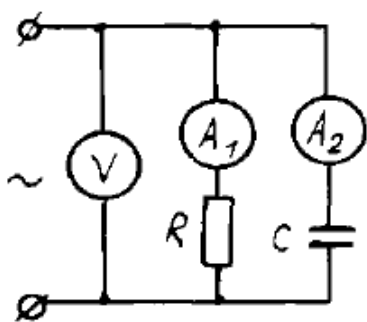


Рис. 10.1 Схема включения приборов

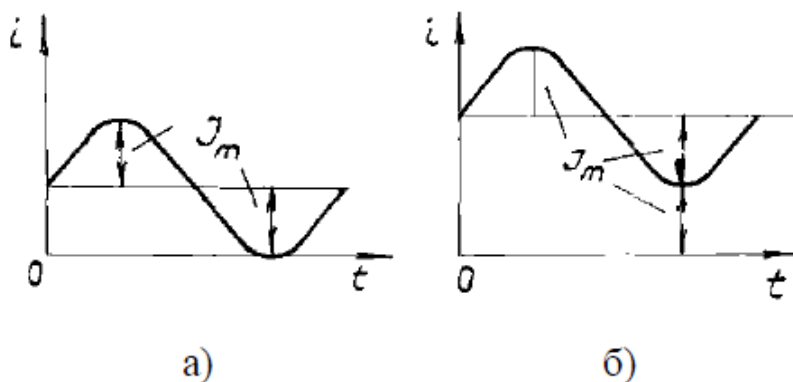


Рис. 10.2 Формы тока, протекающего через приборы

– синусоидальное напряжение, действующее значение которого  $U=(5+N)$  В, а полные сопротивления цепей равны соответственно  $2e^{j45}$  и  $2e^{-j60}$ ;

– постоянное напряжение  $U=(10+N)$  В.

4. Ток в цепи имеет форму отдельных периодически повторяющихся импульсов (см. рис. 1.6), продолжительность каждого из которых составляет 0,1 мс, а период их повторения  $T=20$  мс. Определите показания магнитоэлектрического и электродинамического амперметров, включённых в эту цепь, если амплитуда импульса тока  $I_m=(50+2N)$  А.

5. Питание схемы, показанной на рис. 10.3, осуществляется синусоидальным напряжением промышленной частоты. Определите показания амперметров  $A_2$  и  $A_3$ , если показания амперметров  $A_1$ ,  $A_4$  и  $A_5$  соответственно равны  $(6+0,1N)$ ,  $(5+0,1N)$  и  $(2+0,2N)$  А. Приборы каких систем можно использовать в данном случае? По каталогам проведите выбор приборов, укажите их типы, классы точности и диапазоны измерения.

6. Для определения параметров катушки ( $R$  и  $L$ ) собрана схема, показанная на рис. 1.8. Проведены измерения напряжения  $U$  на катушке и силы тока  $I$ , протекающего по её обмотке:

а) при частоте  $f_1=0$ ,  $U_1=(60+N)$  В,  $I_1=(0,5+0,1N)$  А;

б) при частоте  $f_2=500$  Гц,  $U_2=(60+N)$  В,  $I_2=(0,1+0,01N)$  А.

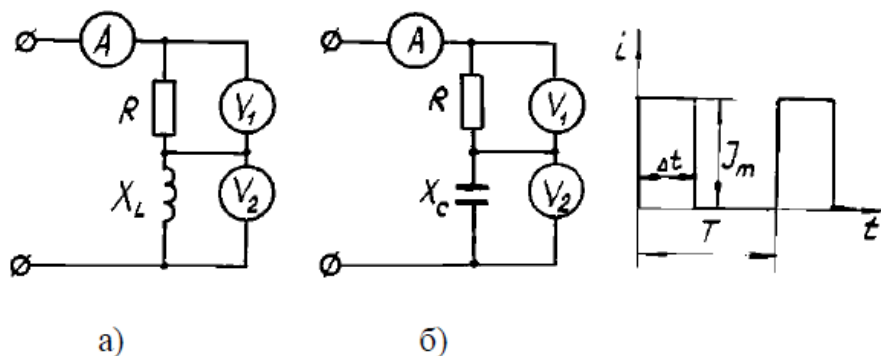


Рис. 10.3. Схемы включения приборов

Рис. 10.4. Форма тока в цепи

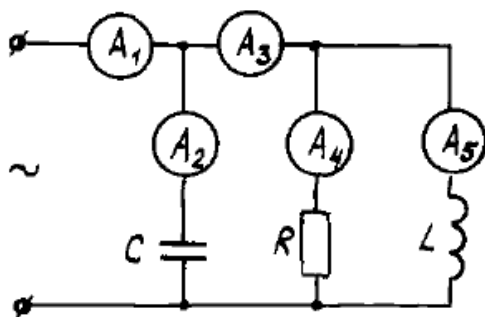


Рис. 10.5. Схема включения амперметров

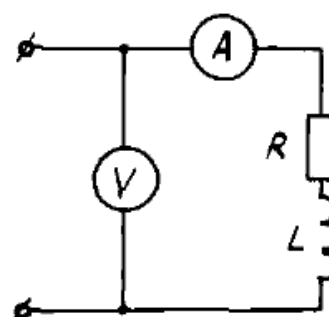


Рис. 10.6. Схема для определения параметров катушки

По результатам выполненных измерений найдите активное сопротивление  $R$  и индуктивность катушки  $L$ ; определите показания амперметра, если частота  $f=1$  кГц, а напряжение  $U=100$  В; подберите по справочникам или каталогам приборы с нужными диапазонами измерений

При решении задач 1–6 примите допущение, что включение электроизмерительных приборов в цепь не изменяет её режима, т.е. сопротивления амперметров считайте равными нулю, а вольтметров – бесконечно большими. Следует учитывать также, что амперметры и вольтметры в зависимости от их системы показывают разные значения измеряемых величин:

– показания приборов магнитоэлектрической системы соответствуют среднему за период значению измеряемой величины, т.е. с их помощью измеряются постоянные составляющие тока или напряжения;

– показания приборов тепловой, электромагнитной и электродинамической систем соответствуют действующему значению измеряемой величины.

При решении задачи 1 необходимо, прежде всего, выразить активное и ёмкостное сопротивления через известные величины  $U$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  и  $f$ , а затем, приравняв  $R$  и  $X_C$  (т.е. выполнив условие  $I_1=I_2$ ) при частоте  $f^*$ , найти соотношение между частотами  $f$  и  $f^*$ , которое имеет вид  $f^*=fI_1/I_2$ .

Ответы по 30 вариантам этой задачи сведены в табл. 1.8 (округление сделано до единиц герц).

Таблица 10.1

N	$f^*$ , Гц	N	$f^*$ , Гц	N	$f^*$ , Гц	N	$f^*$ , Гц	N	$f^*$ , Гц
1	955	7	794	13	717	19	941	25	900
2	917	8	778	14	708	20	933	26	894
3	885	9	763	15	700	21	926	27	889
4	857	10	750	16	969	22	919	28	884
5	833	11	738	17	959	23	912	29	879
6	813	12	727	18	950	24	906	30	875

Для решения задачи 2 следует вычислить действующие значения измеряемых токов по формуле:

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_{\sim}^2},$$

где  $I_0$  – постоянная составляющая тока, а  $I_{\sim}$  – действующее значение переменной составляющей тока, определяемое по соотношению  $I_m/\sqrt{2}$  А.

Показания амперметров будут соответственно равны  $I_m\sqrt{1,5}$  и  $3I_m/\sqrt{2}$  А.

При решении задачи 3, когда питание цепи производится синусоидальным током, необходимо воспользоваться известными соотношениями:

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

$$\varphi = \arctg(X/R),$$

где  $R$  и  $X$  – активное и реактивное сопротивления соответствующей ветви.

Таблица 10.2

N	Показания приборов, А		N	Показания приборов, А		N	Показания приборов, А	
	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>		A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>		A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
1	5,5	5,6	11	7,8	7,4	21	10,1	9,4
2	5,8	5,7	12	8,1	7,6	22	10,3	9,6
3	6,0	5,9	13	8,3	7,8	23	10,5	9,8
4	6,2	6,1	14	8,5	8,0	24	10,8	10,1
5	6,5	6,3	15	8,7	8,2	25	11,0	10,3
6	6,7	6,4	16	9,0	8,4	26	11,2	10,5
7	6,9	6,6	17	9,2	8,6	27	11,4	10,7
8	7,1	6,8	18	9,4	8,8	28	11,7	10,9
9	7,4	7,0	19	9,6	9,0	29	11,9	11,1
10	7,6	7,2	20	9,9	9,2	30	12,1	11,3

Таблица 10.3

N	R, Ом	L, мГн	I, мА	N	R, Ом	L, мГн	I, мА
1	101,7	174	91	16	36,2	92	172
2	88,6	162	98	17	35,0	90	176
3	78,8	152	104	18	33,9	88	180
4	71,1	144	110	19	32,9	86	185
5	65,0	136	116	20	32,0	84	189
6	60,0	130	122	21	31,2	83	192
7	55,8	124	128	22	30,4	81	196
8	52,3	119	133	23	29,6	80	200
9	49,3	115	139	24	29,0	78	203
10	46,7	110	144	25	28,3	77	207
11	44,4	107	149	26	27,7	76	210
12	42,4	103	154	27	27,2	74	214
13	40,6	100	159	28	26,7	73	217
14	38,9	97	163	29	26,2	72	220
15	37,5	95	168	30	25,7	71	223

Амперметр и вольтметры в схеме рис. 5(а) покажут соответственно  $I=U/2$  А и  $U_1=U_2=U/2$  В, а в схеме рис. 5(б) –  $I=U/2$  А,  $U_1=0,5U$  В и  $U_2=0,5U$  В. Если питание схем производится постоянным напряжением, то показания приборов следующие: в схеме рис. 5(а) –  $I=U$  А,  $U_1=10$  В,  $U_2=0$ ; в схеме рис. 5(б) –  $I=0$ ,  $U_1=0$ ,  $U_2=U$  В.

Показания магнитоэлектрического и электродинамического амперметров по задаче 4 соответственно равны  $(0,25+0,01N)$  и  $(5+0,2N)/2$  А.

Решение задачи 5 начните с построения векторной диаграммы токов в ветвях схемы. Ответы по 30 вариантам этой задачи (округление сделано до десятых долей ампера) приведены в табл. 10.2.

При решении задачи 6 следует учесть, что сопротивление катушки  $R=UI/I$ , а её индуктивность

$$L = \sqrt{Z^2 - R^2} / 2\pi f_2,$$

Показания амперметра при значениях  $f$  и  $U$ , указанных в условии задачи, вычисляются по формуле:

$$I = U / \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}.$$

Ответы по 30 вариантам задачи сведены в табл. 1.10, где значения сопротивлений округлены до десятых долей ома, а индуктивности и силы тока – до единиц миллигенри и миллиампера.

### **Определение показаний аэлектроизмерительных приборов магнитоэлектрической (мэ), электромагнитной (эм) систем.**

*Цель:* рассчитать параметры основных режимов работы электрической цепи.

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

Определите показания амперметров магнитоэлектрической (мэ) и электромагнитной (эм) систем, включённых последовательно в электрическую цепь, ток в которой изменяется:

– по законам

$$i(t) = N\sqrt{2} \sin\omega t, \text{ A},$$

$$i(t) = N + N\sqrt{6} \sin\omega t, \text{ A};$$

– по кривым, показанным на рис. 1.9 (а,...,е).

Определите показания вольтметров магнитоэлектрической и электродинамической (эд) систем, измеряющих напряжения, которые изменяются:

– по законам

$$u(t) = 0,5N\sqrt{2} \sin\omega t, \text{ B},$$

$$u(t) = 5N + N\sqrt{3} \sin\omega t + N\sin 3\omega t, \text{ B};$$

– по кривым, показанным на рис 1.10, (а,...,е).

Таблица 10.4

Номер рисунка	Показание приборов	Графики изменения токов и напряжений					
		а	б	в	г	д	е
1.9	$I_{мэ}, \text{ A}$	0	0	0	$1,5N$	$N$	$0,4N$
	$I_{эм}, \text{ A}$	$N$	$0,5N3^{0,5}$	$N2^{0,5}$	$3N$	$2N3^{-0,5}$	$2N$
1.10	$U_{мэ}, \text{ B}$	0	0	$0,5N$	$4,2N$	$8N/7$	$3N$
	$U_{эд}, \text{ B}$	$5N1,5^{0,5}$	$2,5N3^{-0,5}$	$N2,5^{0,5}$	$3N5,8^{0,5}$	$8N7^{-0,5}$	$2N3^{0,5}$

Показания магнитоэлектрического (электромагнитного) амперметра при измерении им токов, изменяющихся по указанным законам, будут соответственно равны 0 и  $N$  ( $N$  и  $2N$ ) А, а показания магнитоэлектрического (электродинамического) вольтметра при измерении им напряжений, изменяющихся по указанным законам,  $-0$  и  $5N$  ( $0,5N$  и  $3N$ ) В.

Ответы по задачам 10.5 и 10.6 (рис. 10.5 и 10.6) сведены в табл. 10.4.

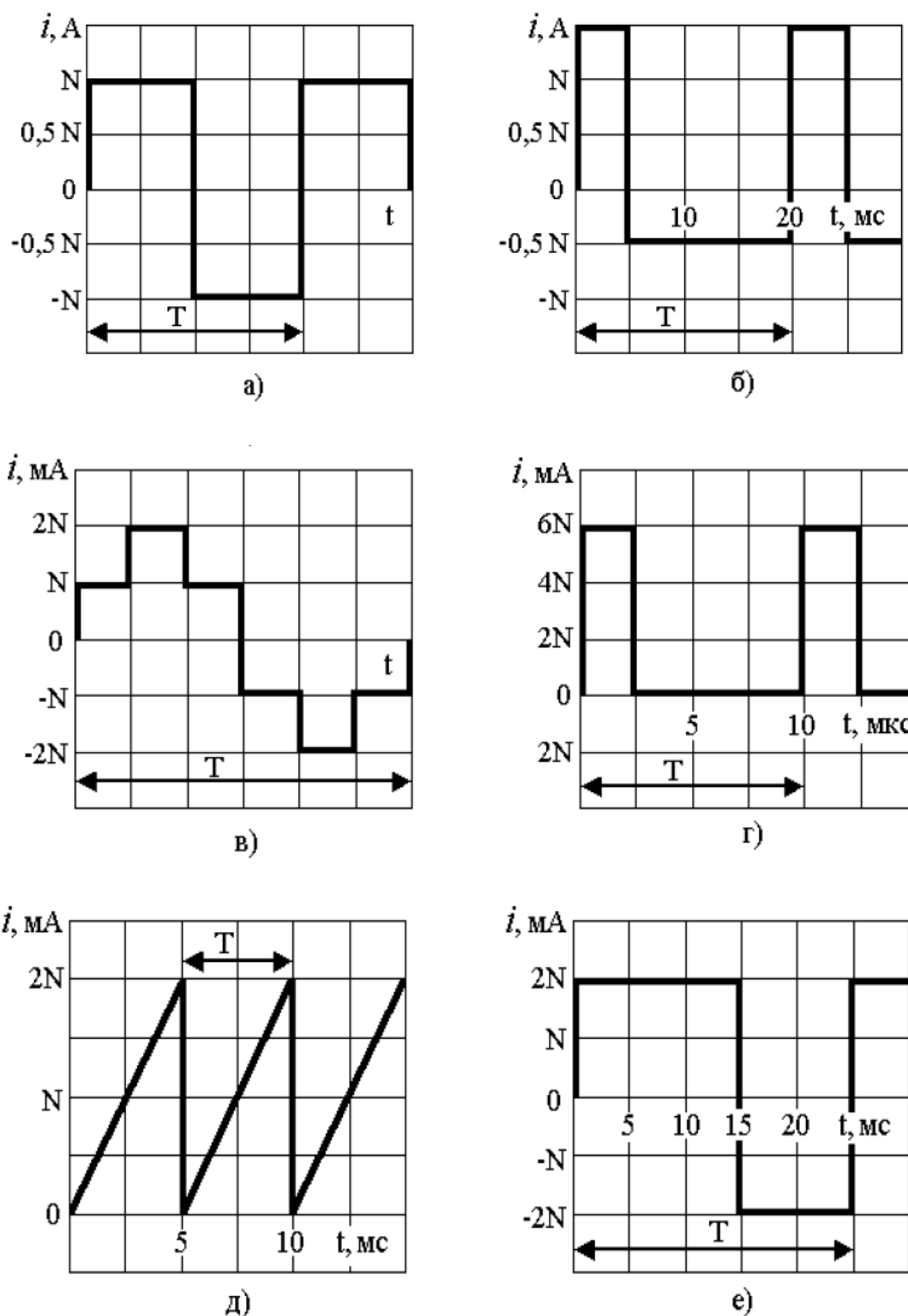
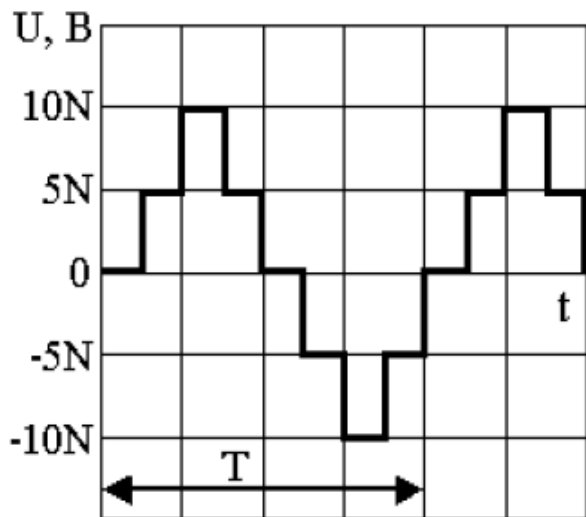
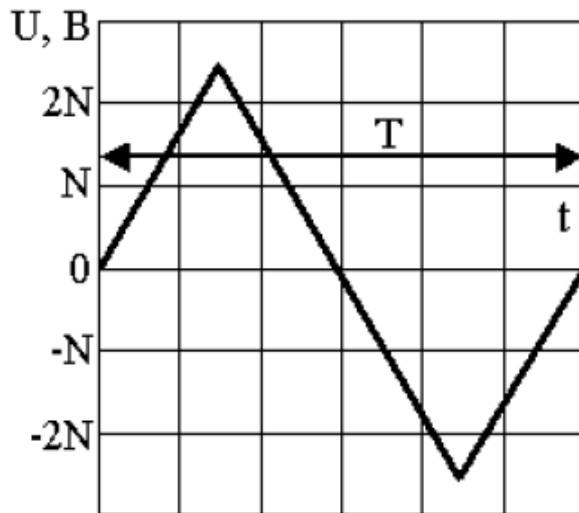


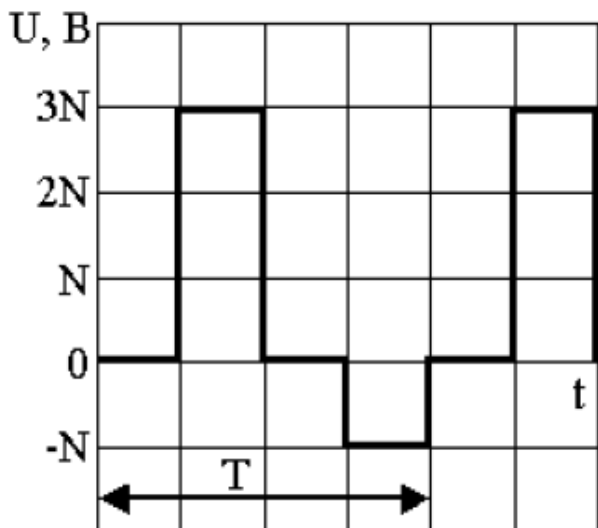
Рис. 10.7. Формы токов, протекающих по амперметрам



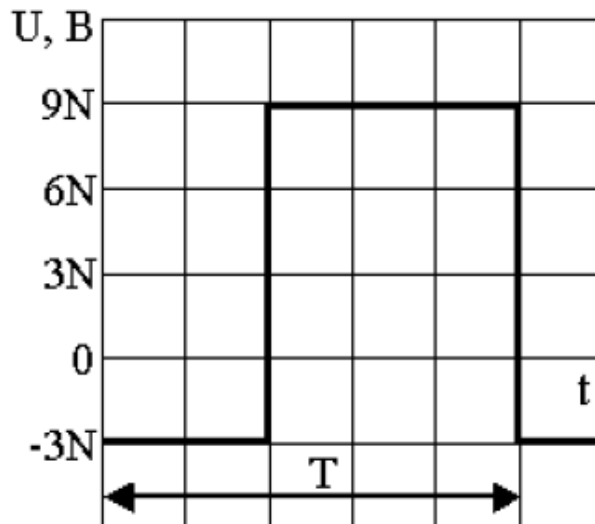
a)



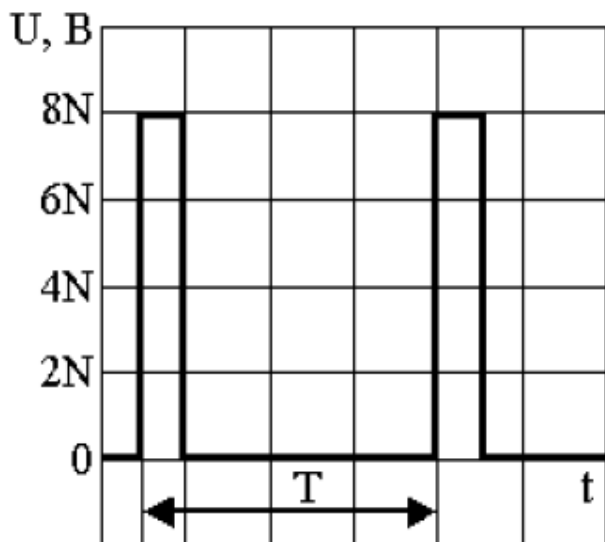
б)



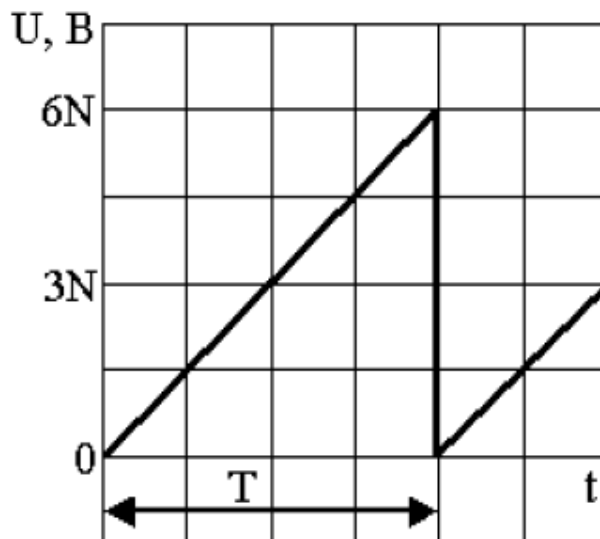
в)



г)



д)



е)

Рис. 10.8. Формы напряжений, измеряемых вольтметрами



## Практическое занятие № 11

### ТЕМА: Поверка электроизмерительных приборов.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** приобрести практические навыки по измерению тока, напряжения и мощности в электрических цепях; изучить устройство приборов различных систем; провести поверку амперметра, вольтметра и ваттметра; определить истинный класс точности приборов и дать заключение о их пригодности.

#### ЗАДАЧА №1

#### ПОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

##### 2.1.1. Задание

Технический амперметр магнитоэлектрической системы с номинальным током  $I_p$ , числом номинальных делений  $\alpha = 100$  имеет оцифрованные деления от нуля до номинального значения, проставленные на каждой пятой части шкалы (стрелки обесточенных амперметров занимают нулевое положение).

Поверка технического амперметра осуществлялась образцовым амперметром той же системы.

Исходные данные для выполнения задачи указаны в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Числовые данные для задачи №1

Поверяемый параметр	Единицы измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра
			8
Абсолютная погрешность	А	-	-0,06
			-0,03
			+0,08
			-0,02
			+0,05
Номинальный ток $I_n$	А	8	20

Указать условия поверки технических приборов.

Определить поправки измерений.

Построить график поправок.

Определить приведенную погрешность.

Указать к какому ближайшему стандартному классу точности относится данный прибор.

Написать ответы на вопросы:

Что называется измерением?

Что такое мера и измерительный прибор? Как они подразделяются по назначению?

Что такое погрешность? Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

Решение

При эксплуатации приборов могут иметь место повреждения, изменения и износ отдельных частей прибора, что приводит к нарушению нормальной работы прибора и появлению недопустимых погрешностей. Это делает необходимым производить поверку приборов не только при выпуске их с завода (первичная поверка), но и периодически во время их эксплуатации.

Поверкой прибора называется определение погрешностей прибора и установление его пригодности к применению или определение, находятся ли его погрешности в допустимых границах.

2. Поправка прибора  $\delta A$  – это разность между действительным значением измеряемой величины и показанием прибора, т.е.

$$\delta A = A - A_1$$

Поправка равна абсолютной погрешности, взятой с обратным знаком.

$$\Delta A = - \delta A$$

3. График поправок.

4. Приведенная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к верхнему пределу измерения прибора.

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_H} \cdot 100 \%$$

5. В зависимости от степени точности показывающие и самопишущие электроизмерительные приборы согласно ГОСТ 13600-68 делятся на девять классов: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Число, обозначающее класс является наибольшей приведенной погрешностью прибора на всех отметках рабочей части его шкалы.

Результаты решения задачи №1 записаны в табл.2

Таблица 11.2

Оцифрованные деления шкалы, $\Delta A$	Абсолютная погрешность $\Delta A$ , $\Delta A$	Поправки измерений $\delta A$ , $\Delta A$	Приведенная погрешность $\gamma$ , %	Ближайший стандартный класс
4	-0,06	+0,06	0,3	0,5
8	-0,03	+0,03	0,15	0,2
12	+0,08	-0,08	0,4	0,5
16	-0,02	+0,02	0,1	0,1
20	+0,05	-0,05	0,25	0,5

3. График поправки

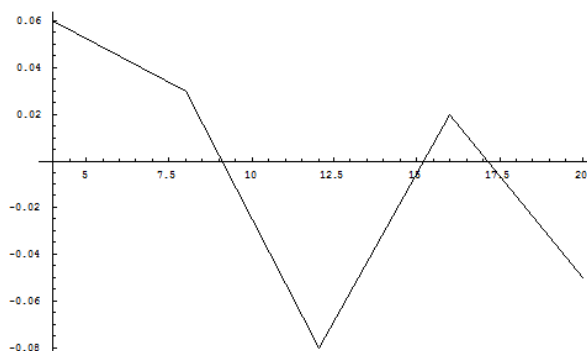


Табл. 11.2.

## Паспортные данные приборов.

№ п/п	Наименование	Система	Класс точности	Пределы измерения	Обозначения в схеме	Кол-во
1	Вольтметр	Электромагнитная	0,5	300 В	V <sub>Э</sub>	1
2	Вольтметр		1,5	250 В	V	1
3	Амперметр		0,5	2,5 А	A	1
4	Амперметр		1,5	2 А	A <sub>Э</sub>	1
5	Ваттметр	Ферродинамическая	2	300 Вт	W	1

Табл. 11.3.

### Поверка амперметра.

№ п/п	Измерено			Вычислено				
	I <sub>n</sub> , А	I <sub>Э1</sub> , А	I <sub>Э2</sub> , А	I, А	Δ I, А	C, А	γ, %	γ <sub>пр</sub> %
1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0	0,0	0,00
2	0,7	0,71	0,71	0,71	-0,01	0,01	-1,41	-1,43
3	1	1,01	1	1,01	-0,01	0,01	-0,99	-1,00
4	1,3	1,32	1,31	1,32	-0,02	0,02	-1,52	-1,54
5	1,5	1,52	1,51	1,52	-0,02	0,02	-1,32	-1,33
6	1,6	1,6	1,6	1,6	0,0	0	0,00	0,00

Рассчитать:

1. Действительное значение измеряемого тока: 
$$I_D = I_{Э} = \frac{I_{Э1} + I_{Э2}}{2};$$

2. Абсолютную погрешность измерения: 
$$\Delta I = I_n - I_D;$$

3. Поправку к прибору: 
$$C = -\Delta I;$$

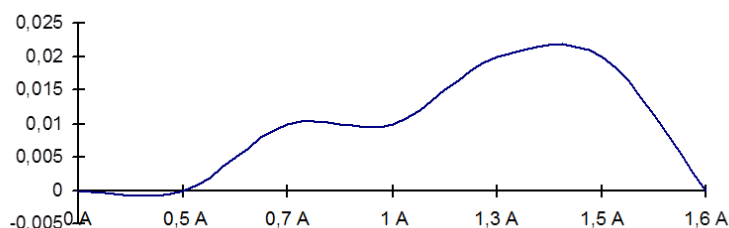
4. Относительную погрешность измерения: 
$$\gamma_{пр\%} = \frac{\Delta I}{I_D} * 100;$$

5. Относительную приведённую погрешность измерения:

$$\gamma_{пр\%} = \frac{\Delta I}{I_H} * 100$$

ния:

График зависимости C=F(I) для амперметра:

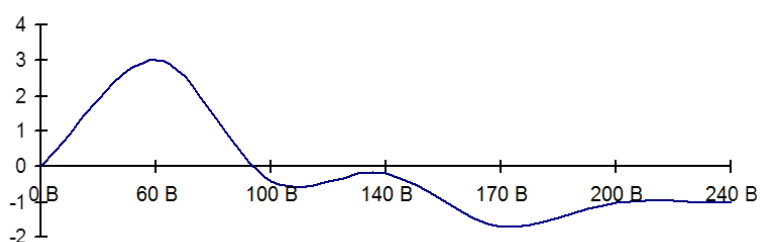


Собрали схему согласно схеме поверки вольтметра (из методики).

## Поверка вольтметра.

№ п/п	Измерено				Вычислено			
	$U_n, В$	$U_{Э1}, В$	$U_{Э2}, В$	$U_d, В$	$DU, В$	$C, В$	$i, \%$	$i_{пр} \%$
1	60	63,6	62,4	63,00	-3	3	-4,76	-5
2	100	100,8	100	100,4	-0,4	0,4	-0,4	-0,4
3	140	141,4	139	140,2	-0,2	0,2	-0,14	-0,14
4	170	169	167,6	168,3	1,7	-1,7	1,01	1
5	200	200	198	199	1	-1	0,5	0,5
6	240	239	239	239	1	-1	0,42	0,42

График зависимости  $C=F(U)$  для вольтметра:

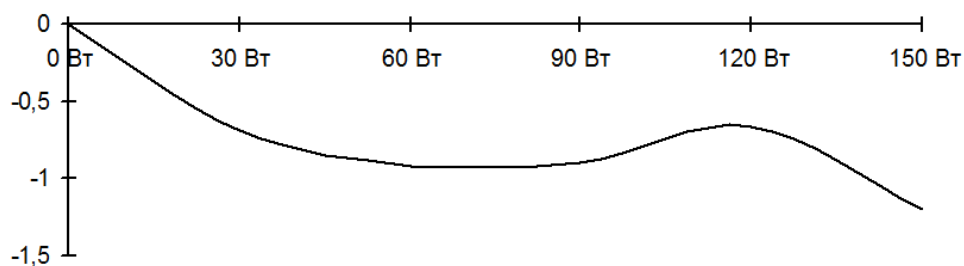


Собрали схему согласно схеме поверки ваттметра (из методики).

## Поверка ваттметра.

№ п/п	Измерено					Вычислено						
	$P_n, Вт$	$U_{Э1}, В$	$I_{Э1}, А$	$U_{Э2}, В$	$I_{Э2}, А$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	$P_d, Вт$	$\Delta P, Вт$	$C, Вт$	$\gamma, \%$	$\gamma_{пр} \%$
1	30	45	0,65	44,5	0,66	29,25	29,37	29,31	0,69	-0,69	2,35	2,3
2	60	70	0,85	69	0,85	59,5	58,65	59,08	0,92	-0,92	1,56	1,53
3	90	90	0,99	90	0,99	89,1	89,1	89,1	0,9	-0,9	1,01	1
4	120	108	1,11	108	1,1	119,88	118,8	119,34	0,66	-0,66	0,55	0,55
5	150	124	1,2	124	1,2	148,8	148,8	148,8	1,2	-1,2	0,81	0,8

График зависимости  $C=F(P)$  для ваттметра:



Вывод:

В результате проведенной лабораторной работы мы провели поверку амперметра, вольтметра, ваттметра по схемам поверки, предложенным из методики. Из результатов поверки следует, что эти приборы не соответствуют своим классам точности (так как максимальная приведенная погрешность больше класса точности), а, следовательно, не могут быть использованы в работе ответственных схем.

1. Что называется измерением?

Измерение есть процесс сравнения измеряемой величины с величиной того же рода, условно принятой за единицу. Результат измерения выражают числом, показывающим отношение измеряемой величины к единице измерения.

2. Что такое мера и измерительный прибор? Как они подразделяются по назначению?

Вещественное воспроизведение единицы измерения, ее дробного или кратного значения называют мерой.

Устройство, служащее для сравнения измеряемой величины с единицей измерения или мерой, называют измерительным прибором.

3. Что такое погрешность? Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

Погрешность – это отклонение измеренного значения величины от его действительного значения.

Абсолютной погрешностью измерения называется разность между найденными значениями измеряемой величины и ее действительным значением.

Относительной погрешностью измерения называется выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины.

Приведенной погрешностью измерительного прибора считают выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к верхнему пределу измерения прибора.

### *Практическое занятие № 12*

#### **ТЕМА: Измерение сопротивления изоляции проводов**

**ЦЕЛЬ:** изучить требования, предъявляемые к изоляции электроустановок и научиться измерять её сопротивление с помощью мегаомметра.

#### 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Надлежащее состояние изоляции электроустановок является одним из решающих факторов, определяющих электробезопасность. В свою очередь, состояние изоляции электроустановок зависит от уровня технической эксплуатации электрохозяйства.

В процессе эксплуатации электроустановок изоляция изменяет свои свойства вследствие нагревания рабочими и пусковыми токами, токами короткого замыкания и теплом от посторонних источников, в результате динамических усилий, коммутационных и атмосферных перенапряжений, механических воз-

действий (при прокладке, вибрации, изгибах и др.), действия окружающей среды (с повышенной или пониженной влажностью, с содержанием химически активной среды и т.д.) и просто стареет.

Низкий уровень сопротивления или повреждение изоляции является одной из причин электротравматизма, пожаров и аварий. Поэтому в каждом случае применения электрической аппаратуры, кабелей, проводов и т.п. нужно строго следить за тем, чтобы используемое электрооборудование по своим электротехническим данным соответствовало условиям эксплуатации.

Требования изоляции находят свое выражение в нормировании параметров, характеризующих её свойства при выпуске с завода и в процессе эксплуатации, а также в регламентировании условий испытания. Эти требования определены в правилах устройства электроустановок (ПУЭ), правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) и РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования».

В практике эксплуатации электроустановок имеют место:

- испытание изоляции токоведущих частей повышенным напряжением промышленной частоты;
- постоянный непрерывный контроль состояния изоляции;
- периодический контроль (измерение) изоляции.

Испытание изоляции повышенным напряжением получило массовое применение пока лишь в установках напряжением выше 1000 В при проверке всех видов изоляции высоковольтной аппаратуры, оборудования подстанций и кабельных линий.

Постоянный контроль применяется при эксплуатации электроустановок, находящихся в особоопасных условиях труда (предприятия горнорудной, химической и др. отраслей промышленности), а также при эксплуатации передвижных электроустановок.

Под периодическим контролем изоляции понимают измерение её активного сопротивления в установленные правилами сроки, а также в случае обнаружения дефектов. Сопротивление изоляции обычно измеряют специальными приборами – мегаомметрами.

Для измерения сопротивления изоляции сетей обмоток электродвигателей, трансформаторов и др. электрических установок широко применяются мегаомметры типа М 1001 М, с помощью которых определяется величина сопротивления изоляции как между двумя различными токоведущими проводниками, так и между проводником и землей.

Источником тока в мегаомметрах типа М 11001 М служит генератор постоянного тока, который приводится во вращение при помощи рукоятки и может давать напряжение до 1000 В. Последовательно с генератором включен магнитоэлектрический прибор логотрической системы для измерения напряжения. Прибор снабжен шкалой, позволяющей по отклонению стрелки определить сопротивление изоляции.

Испытанию повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами.

Перед проведением испытаний изоляции электрооборудования (за исключением вращающихся машин, находящихся в эксплуатации) наружная поверх-

ность изоляции должна быть очищена от пыли и грязи, кроме тех случаев, когда испытания проводятся методом, не требующим отключения электрооборудования.

## 1.1 СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ

Периодические измерения производятся мегаомметром на напряжение 2500 В в течение 1 минуты. У силовых кабелей на напряжение 1 кВ и ниже значение сопротивления изоляции должно быть не ниже 0,5 МОм. У силовых кабелей на напряжение выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется.

Периодические испытания изоляции кабелей до 1000В проводятся при капитальном (К), текущем ремонте (Т) и межремонтных испытаниях (М). Сроки проведения К, Т, М устанавливает руководитель потребителя в соответствии с системой планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Периодичность испытания кабелей на напряжение до 35 кВ повышенным напряжением – 1 раз в год в течение первых 5 лет эксплуатации, а в дальнейшем: – 1 раз в 2 года для кабельных линий, у которых в течение первых 5 лет не наблюдалось пробоев при испытаниях и в эксплуатации 1 раз в год, если в этот период отмечались пробой изоляции – 1 раз в 3 года для кабельных линий на закрытых территориях (подстанции, заводы и др.).

Кабели с резиновой изоляцией на напряжение до 1000 В испытаниям повышенным выпрямленным напряжением не подвергаются.

Испытательное напряжение принимается в соответствии с ПТЭЭП.

## 1.2 ПЕРЕНОСНЫЕ И ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ.

Переносные и передвижные электроприемники проверяются тщательным внешним осмотром; обращается внимание на исправность заземления и изоляции проводов, отсутствие оголённых токоведущих частей и соответствие инструмента условиям работы.

Электроинструмент должен быть проверен в отношении исправности заземляющего провода и отсутствия замыкания на корпус. Периодический контроль электроприемников напряжением от 100 до 380 В производится мегаомметром на 500-1000 В не реже 1 раза в 6 месяцев.

Сопротивление изоляции должно соответствовать указаниям изготовителей, но не менее 0,5 МОм.

Испытание повышенным напряжением проводится при (К) и если сопротивление изоляции окажется меньше допустимого. Испытательное напряжение принимается в соответствии с ПТЭЭП.

## 1.3 СИЛОВЫЕ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ.

Испытание изоляции производится перед подключением электроустановки к питающей сети при вводе её в эксплуатацию и затем не реже одного раза в 3 года для помещений с нормальной средой; не реже 1 раза в год для помещений с повышенной опасностью и особо опасных.

Сопrotивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Периодические измерения производятся мегаомметром на напряжение 1000 В в течение 1 минуты.

Если сопротивление изоляции окажется менее 1 МОм, изоляция должна быть испытана в течение 1 минуты переменным напряжением 1000 В от специального испытательного трансформатора.

Если в результате испытания повышенным напряжением сопротивление изоляции не уменьшилось, то проводка может быть оставлена в эксплуатации до её замены во время планового или капитального ремонта.

Кроме того испытание повышенным напряжением производится при (К).

При измерении сопротивления изоляции в силовых электропроводах должны быть отключены электроприёмники, аппараты, приборы и т.п. При измерении сопротивления изоляции в осветительных цепях должны быть удалены лампы.

## 1.4 СТАЦИОНАРНЫЕ ЭЛЕКТРОПЛИТЫ

Сроки проведения периодических испытаний не реже 1 раза в год, при нагретом состоянии плиты. Допустимое сопротивление изоляции не менее 1 МОм. Напряжение мегаомметра 1000 В. Испытание повышенным напряжением производится при (К). Продолжительность испытания и повышенное напряжение принимается согласно ПТЭЭП.

### 12.1.5 ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.

Для электродвигателей напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмотки статора проверяется при (К и Т), сроки которых устанавливаются в соответствии с системой ППР. Сопротивление изоляции 1 МОм при температуре 10-30°С и 0,5 МОм при температуре 60°С.

Сопротивление изоляции измеряется при номинальном напряжении обмотки до 500 В включительно мегаомметром на напряжение 500 В, при номинальном напряжении обмотки свыше 500 В до 1000 В – мегаомметром на напряжение 1000 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 1000 В – мегаомметром на напряжение 2500 В.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты производится при (К), однако по решению руководителя потребителя испытание электродвигателей на напряжение до 1000 В может не производиться. Испытательное напряжение для электродвигателей мощностью менее 40 кВт и напряжением до 660 В составляет 1 кВ. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

## 1.6 ПОНИЖАЮЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Периодические испытания изоляции понижающих трансформаторов напряжения проводятся в сроки проведения (К, М) и устанавливаются руководителем потребителя в соответствии с системой ППР.



Сопrotивление изоляции первичных обмоток трансформаторов напряжением до 35 кВ должно быть не менее 100 МОм. Производится мегаомметром на напряжение 2500 В.

Сопrotивление изоляции вторичных обмоток совместно с подключенными цепями должно быть не менее 1 МОм, при отключенных вторичных цепях – не менее 50 МОм. Измерение производится мегаомметром на напряжение 1000 В.

Испытания изоляции первичных обмоток повышенным напряжением частоты 50 Гц проводятся для трансформаторов напряжения с изоляцией всех выводов обмотки высокого напряжения этих трансформаторов на номинальное напряжение.

Значения испытательного напряжения основной изоляции приведены в ПТЭЭП.

Длительность испытания трансформаторов напряжения с фарфоровой внешней изоляцией – 1 мин, с органической изоляцией – 5 мин.

Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями принимается равным 1 кВ.

Продолжительность приложения испытательного напряжения – 1 мин.

## 2 ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Для выполнения работы необходимо иметь:

- 1 Электродвигатель АО-4
- 2 Понижающий трансформатор ТБС-2
- 3 Электрическая дрель ИЭ 1008
- 4 Кабель КРПТ
- 5 Мегаомметр М 4100/4

## 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение сопротивления изоляции цепей и аппаратов проводится мегаомметром М 4100/4.

Мегаомметры применяются для измерения сопротивления изоляции цепей, не находящихся под напряжением. Поэтому перед измерением в реальных условиях необходимо убедиться в отсутствии напряжения на исследуемых электрических цепях, а также принять меры, чтобы под испытательное напряжение, подаваемое мегаомметром, не попал обслуживающий персонал или посторонние лица.

Перед измерением сопротивления изоляции необходимо убедиться в исправности мегаомметра.

Лабораторная работа выполняется лаборантом, имеющим 3 группу допуска по электробезопасности под контролем преподавателя.

Для проверки исправности прибора поступают так:

– вращают ручку генератора при разомкнутых зажимах и следят за тем, чтобы стрелка устанавливалась на отметку "∞" шкалы. В противном случае прибор неисправен.

Ручку генератора следует вращать со скоростью 120 об/мин.

Измерение сопротивления изоляции электропроводов производится между двумя точками электрооборудования, указанного в таблицах приложения.

Длительность каждого испытания – 1 минута.

Сопротивление изоляции электродрели измеряется между любой из жил питания и корпусом.

Сопротивление изоляции понижающего трансформатора измеряется между выводами обмоток высшего и низшего напряжения относительно корпуса и между обмотками непосредственно.

При испытании изоляции кабеля производится измерение сопротивления изоляции каждой жилы относительно всех остальных. Кабель считается выдержавшим испытание, если не произошло пробоя изоляции, не было резких бросков стрелки прибора в сторону меньшего сопротивления, не наблюдалось постоянное снижение сопротивления изоляции в процессе испытания.

Испытание обмотки статора электродвигателя производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание изоляции всей обмотки относительно корпуса.

#### 4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по настоящей работе должен содержать методику проведения измерений, результаты измерения сопротивления изоляции, электродрели, понижающих трансформаторов, кабеля и обмотки статора электродвигателя. Данные измерений занести в таблицы, которые даны в приложениях. В выводах дать заключение о соответствии изоляции проверенного электрооборудования установленным нормам.

##### Контрольные вопросы

1. Виды контроля сопротивления изоляции.
2. Методика проведения измерений сопротивления электрической изоляции.
3. Периодичность испытания изоляции силовых и осветительных электропроводок, обмоток статора электродвигателей, переносного электроинструмента, понижающих трансформаторов, силового кабеля.
4. Нормируемая величина сопротивления изоляции силовых и осветительных электропроводок, обмоток статора электродвигателей, переносного электроинструмента, понижающих трансформаторов, силового кабеля.
5. Как правильно измерить сопротивление изоляции силовой и осветительной проводки?
6. В каких случаях изоляция осветительных и силовых проводок испытываются повышенным напряжением? Каким образом проводится испытание?

Таблица 12.1

## Испытание изоляции понижающих трансформаторов

Тип трансформатора	Обмотка ВН–корпус	Обмотка НН–корпус	Обмотки ВН–НН	Заключение об исправности
ТБС–2				

Таблица 12.2

## Измерение сопротивления изоляции электродрели

Испытываемый электроинструмент	Жила 1–корпус	Жила 2–корпус	Жила 3–корпус	Заклучение об исправности
ИЭ 1008				

Таблица 12.3

## Испытание изоляции кабеля

Марка кабеля	Фаза А–0	Фаза В–0	Фаза С–0	Заклучение об исправности изоляции кабеля
КРПТ				

Таблица 12.4

## Испытание обмотки статора электродвигателей

Марка двигателя	Фаза А–корпус +	Фаза В–корпус +	Фаза С–корпус +	Заклучение об исправности эл. двигателя
АО–4				

Таблица 12.5

## Измерение сопротивления изоляции силовой проводки

Испытываемый объект	Фаза А–земля	Фаза В–земля	Фаза С–земля	Фаза А–фаза В	Фаза В–фаза С	Фаза А–фаза С	Заклучение об исправности изоляции силовой проводки
Силовая проводка							

**Практическое занятие № 13****ТЕМА: Расширение пределов измерения приборов**

**ЦЕЛИ:** Приобретение навыков решения задач расширения пределов измерения приборов непосредственной оценки.

Выведите формулы для расчёта сопротивлений резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  многопредельного шунта для расширения пределов измерения магнитоэлектрического микроамперметра (см. схему на рис. 131) с током полного отклонения  $I_A$  и внутренним сопротивлением  $R_A$ . Новые пределы измерения токов:  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  ( $I_1 < I_2 < I_3$ ). Рассчитайте значения сопротивлений шунтирующих резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Исходные данные для расчёта приведены в табл. 131. Сопротивление  $R_A$

примите равным 200N Ом. Определите цену деления С и чувствительность S прибора на каждом пределе измерения.

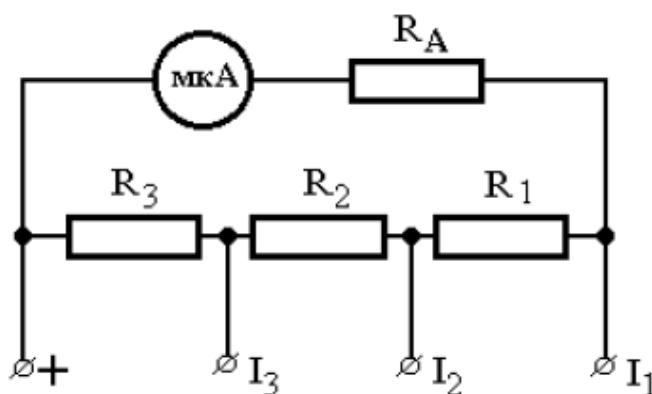


Рис. 13.1. Схема многопредельного амперметра

Таблица 13.1

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

Формулы для расчёта имеют вид:

$$R_1 = R_A(k_2 - k_1) / k_2(k_1 - 1);$$

$$R_2 = R_A k_1(k_3 - k_2) / k_2 k_3(k_1 - 1);$$

$$R_3 = R_A k_1 / k_3(k_1 - 1),$$

где  $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$  – коэффициенты шунтирования, соответственно равные  $I_1/I_A$ ,  $I_2/I_A$  и  $I_3/I_A$ .

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

Таблица 13.2

N	R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	R <sub>3</sub> , мОм	N	R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	R <sub>3</sub> , мОм
1	22	0,22	0,4	11	726	7,30	29,3
2	44	0,44	0,9	12	792	7,97	32,0
3	66	0,67	1,3	13	858	8,63	34,7
4	88	0,89	1,8	14	924	9,30	37,3
5	110	1,11	2,2	15	990	9,96	40,0
6	297	2,99	15,0	16	1056	10,6	42,7
7	347	3,48	17,5	17	1122	11,3	45,3
8	396	3,98	20,0	18	1188	12,0	48,0
9	446	4,48	22,5	19	1254	12,6	50,7
10	495	4,98	25,0	20	1320	13,3	53,3

Таблица 13.3

N	S <sub>1</sub> , дел/мкА	S <sub>2</sub> , дел/мА	S <sub>3</sub> , дел/А	C <sub>1</sub> , мкА/дел	C <sub>2</sub> , мА/дел	C <sub>3</sub> , А/дел
1–5	1	10	20	1	0,1	0,05
6–10	1	10	50	1	0,1	0,02
11–15	1	10	40	1	0,1	0,025
16–20	1	10	40	1	0,1	0,025

Определите 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  $\alpha$ , чтобы измерять ток  $I$  и напряжение  $U$ .

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

Чтобы расширить предел измерения миллиамперметра, необходимо к его рамке подключить шунтирующий резистор, сопротивление которого рассчитывается по формуле  $R_{ш} = R_0(k-1)^{-1}$ , где  $k$  – коэффициент шунтирования, показывающий во сколько раз расширяется предел измерения прибора ( $k = I/I_0$ ). Для создания на базе миллиамперметра вольтметра необходимо включить последовательно с рамкой прибора добавочный резистор с сопротивлением  $R_{д} = R_0(m-1)$ , где  $m = U/(I_0 R_0)$ .

Ответы даны в табл. 13.5.

Таблица 13.4

N	$I_0$ , мА	$R_0$ , кОм	I, А	U, В	$\alpha$ , 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
11	150	1,6	6	600	150
12		1,4	6	600	150
13		1,2	3	600	150
14		1,0	3	400	100
15		0,8	1,5	400	100
16	200	0,7	5	500	100
17		0,6	4	500	100
18		0,5	2	500	100
19		0,4	1	200	50
20		0,3	0,5	200	50

Таблица 13.5

N	$R_{ш}$ , Ом	$R_D$ , 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

11	41,0	2,4	0,04	4	25	0,25
12	35,9	2,6	0,04	4	25	0,25
13	63,2	2,8	0,02	4	50	0,25
14	52,6	1,7	0,03	4	33,3	0,25
15	88,9	1,9	0,015	4	66,7	0,25
16	29,2	1,8	0,05	5	20	0,20
17	31,6	1,9	0,04	5	25	0,20
18	55,6	2,0	0,02	5	50	0,20
19	100	0,6	0,02	4	50	0,25
20	200	0,7	0,01	4	100	0,25

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.

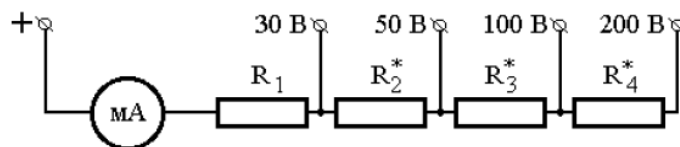


Рис. 13.2. Схема многопредельного вольтметра

Таблица 13.6

N	$U_B, \text{ В}$	$R_1$	$R_2 = R_1 + R_2^*$	$R_3 = R_2 + R_3^*$	$R_4 = R_3 + R_4^*$
		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
11	10,71	919	1871	4252	9014
12	11,44	844	1753	4025	8571

13	12,19	774	1644	3818	8166
14	12,96	710	1543	3627	7793
15	13,75	650	1450	3450	7450
1	2	3	4	5	6
16	14,56	594	1363	3286	7132
17	15,39	541	1282	3134	6837
18	16,24	491	1206	2991	6563
19	17,11	444	1134	2858	6307
20	18,00	400	1067	2733	6067
21	18,91	358	1003	2616	5842
22	19,84	317	943	2505	5630
23	20,79	279	885	2400	5431
24	21,76	242	831	2301	5242
25	22,75	207	779	2207	5064
26	23,76	173	729	2118	4896
27	24,79	141	681	2033	4735
28	25,84	109	636	1952	4583
29	26,91	79	592	1874	4438
30	28,00	50	550	1800	4300

Таблица 13.7

N	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	N	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	Br					Br			
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	11	0.63	1.05	2.10	4.20
6	0.48	0.80	1.60	3.20	12	0.66	1.10	2.20	4.40



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0.69	1.15	2.30	4.60	22	0.96	1.60	3.20	6.40
14	0.72	1.20	2.40	4.80	23	0.99	1.65	3.30	6.60
15	0.75	1.25	2.50	5.00	24	1.02	1.70	3.40	6.80
16	0.78	1.30	2.60	5.20	25	1.05	1.75	3.50	7.00
17	0.81	1.35	2.70	5.40	26	1.08	1.80	3.60	7.20
18	0.84	1.40	2.80	5.60	27	1.11	1.85	3.70	7.40
19	0.87	1.45	2.90	5.80	28	1.14	1.90	3.80	7.60
20	0.90	1.50	3.00	6.00	29	1.17	1.95	3.90	7.80
21	0.93	1.55	3.10	6.20	30	1.20	2.00	4.00	8.00

### Практическое занятие № 14

#### ТЕМА: Упрощенный расчет маломощных трансформаторов

**ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ:** Получить навыки в упрощенном расчёте маломощных трансформаторов.

**Продолжительность занятий** – 2 часа

Работа трансформатора основана на явлении взаимной индукции. Простейший трансформатор состоит из стального сердечника (магнитопровода) и двух расположенных на нем обмоток (рисунок 14.1 а).

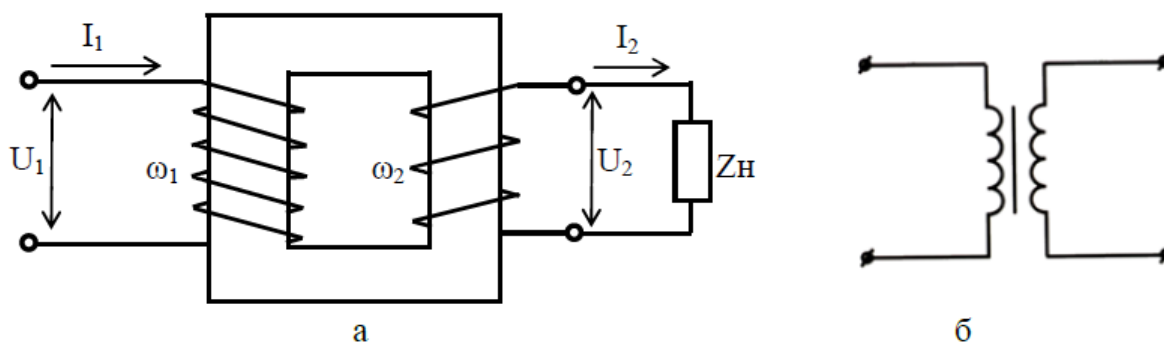


Рис. 14.1

Одна обмотка подсоединяется к источнику переменного тока и называется *первичной*. К другой обмотке, называемой *вторичной*, подключают потребители.

При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике образуется переменный магнитный поток. Этот поток пересекает витки вторичной обмотки и наводит в них переменную ЭДС взаимной индукции. Если вторичная обмотка замкнута на потребитель, то по цепи потребителя начинает проходить переменный ток.

Если во вторичной обмотке число витков больше чем в первичной, то напряжение вторичной обмотки превышает напряжение первичной обмотки и

трансформатор будет повышающий. Если в первичной обмотке число витков больше чем во вторичной, то напряжение вторичной обмотки меньше напряжения первичной обмотки и трансформатор будет понижающий.

### *Основные параметры трансформатора*

1 Номинальная мощность  $S_H$  – это полная мощность, которую трансформатор может непрерывно отдавать в течение своего срока службы при номинальном напряжении и номинальных температурных условиях

$$S_H = U_{2H} \cdot I_{2H}, \text{ ВА}$$

2 Номинальное первичное напряжение  $U_{1H}$  – напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка

3 Номинальное вторичное напряжение  $U_{2H}$  – напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостого хода трансформатора при номинальном первичном напряжении.

4 Коэффициент трансформации

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_{1H}}{U_{2H}} = \frac{I_{2H}}{I_{1H}}$$

где  $\omega$ - число витков первичной и вторичной обмоток;

– действующее значение ЭДС электромагнитной индукции в обмотках трансформатора.

5 Номинальный первичный  $I_{1H}$  и вторичный  $I_{2H}$  токи в обмотках трансформатора при номинальной мощности и номинальных напряжениях обмоток

$$I_{1H} = \frac{S_H}{U_{1H} \cdot \eta_H}, \text{ А}$$

$$I_{2H} = \frac{S_H}{U_{2H}}, \text{ А}$$

6 Коэффициент нагрузки трансформатора. Трансформатор чаще всего работает с нагрузкой, меньше номинальной, поэтому

$$K_{НГ} = \frac{S_2}{S_H}$$

где  $S_2$ - фактическая полная мощность нагрузки,

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}, \text{ ВА}$$

7 Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке  $S_2$

$$I_1 = I_{1H} \cdot K_{НГ}, \text{ А}$$

$$I_2 = I_{2H} \cdot K_{НГ}, \text{ А}$$

Общая мощность потерь энергии в трансформаторе:

- при номинальной нагрузке

$$\Delta P_H = P_{CT} + P_{MH}, \text{ Вт}$$

- при фактической нагрузке

$$\Delta P = P_{CT} + P_M = P_{CT} + P_{MH} \cdot K_{НГ}^2, \text{ Вт}$$

где  $P_{CT}$  - мощность потерь в стали сердечника;

$P_M$  - мощность потерь в обмотках трансформатора при фактической нагрузке;

$P_{MH}$  - мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке.

Если известно сопротивление меди первичной (R1) и вторичной (R2) обмоток трансформатора, то при любой нагрузке можно определить мощность потерь в обмотках

$$P_M = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2, \text{ Вт}$$

9 Коэффициент мощности нагрузки

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2}$$

где  $P_2$ ,  $Q_2$ ,  $S_2$  – активная, реактивная и полная мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора.

10 Коэффициент полезного действия трансформатора

- при номинальной нагрузке

$$\eta_H = \frac{P_{2H}}{P_{1H}} = \frac{P_{2H}}{P_{2H} + \Delta P_H} = \frac{S_H \cdot \cos \varphi_2}{S_H \cdot \cos \varphi_2 + P_{CT} + P_{MH}}$$

- при фактической нагрузке

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{S_H \cdot \cos \varphi_2 \cdot K_{НГ}}{S_H \cdot \cos \varphi_2 \cdot K_{НГ} + P_{CT} + P_{MH} \cdot K_{НГ}^2}$$

### *Порядок выполнения расчета*

1 Выписать исходные данные согласно варианту (таблица 14.1) и вычертить схему цепи (рисунок 14.1 а).

2 Ознакомиться с параметрами однофазного трансформатора.

3 Выполнить расчет неизвестных параметров, отмеченных в таблице 14.1 прочерками.

4 В заключении кратко описать принцип действия и виды трансформаторов

### *Пример расчета*

Дано:

-номинальная мощность  $S_H=100 \text{ ВА}$ ;

-номинальное первичное напряжение  $U_{1H}=220 \text{ В}$ ;

-номинальное вторичное напряжение  $U_{2H}=22 \text{ В}$ ;

-активная мощность нагрузки  $P_2=48 \text{ Вт}$ ;

- реактивная мощность нагрузки  $Q_2=36 \text{ вар}$ ;
- мощность потерь в стали сердечника  $P_{ст}=7,3 \text{ Вт}$ ;
- мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке  $P_{мн}=5,66 \text{ Вт}$ .

Определить:

- коэффициент трансформации трансформатора;
- полную мощность нагрузки;
- коэффициент мощности нагрузки;
- коэффициент нагрузки трансформатора;
- КПД трансформатора при номинальной нагрузке;
- номинальные токи в обмотках трансформатора;
- токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке;
- потери мощности в трансформаторе при фактической нагрузке;
- КПД трансформатора при фактической нагрузке.

Порядок расчета

1 Коэффициент трансформации трансформатора

$$K = \frac{U_{1H}}{U_{2H}} = \frac{220}{22} = 10$$

Таблица 14.1

**Исходные данные для расчета**

Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S_H$	ВА	-	1270	-	500	1500	4000	400	-	-	600
$S_2$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$U_{1H}$	В	100	-	-	-	5800	-	-	300	180	100
$U_{2H}$		10	100	220	127	120	127	-	-	36	10
$K$		-	2,5	8,18	-	-	-	0,4	4,4	-	-
$K_{нг}$		-	-	-	-	-	-	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
$I_{1H}$	А	-	-	-	1,7	-	-	2,6	-	-	12,5
$I_{2H}$		25	-	3,5	-	-	-	-	-	3,5	-
$I_1$		-	-	-	-	-	9,6	-	-	-	-
$I_2$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\eta_H$		-	0,95	0,94	-	-	-	0,92	-	-	0,96
$\eta$		-	-	-	-	-	0,97	-	-	-	-
$P_2$	Вт	375	700	-	260	850	2100	-	-	72	432
$P_{ст}$		2,32	9,8	-	18,2	42,15	-	21,2	14	4,1	11
$P_{мн}$		4,8	-	2,4	17	27,9	50	10,4	7,3	1,69	-

2 Полная мощность нагрузки, питающейся энергией от вторичной обмотки трансформатора

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{48^2 + 36^2} = 60 \text{ ВА}$$

3 Коэффициент мощности нагрузки

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{48}{60} = 0,8$$

4 Коэффициент нагрузки трансформатора

$$K_{НГ} = \frac{S_2}{S_H} = \frac{60}{100} = 0,6$$

5 КПД трансформатора при номинальной нагрузке

$$\eta_H = \frac{P_{2H}}{P_{1H}} = \frac{S_H \cdot \cos \varphi_2}{S_H \cdot \cos \varphi_2 + P_{СТ} + P_{МН}} = \frac{100 \cdot 0,8}{100 \cdot 0,8 + 7,3 + 5,66} = 0,86$$

6 Номинальные токи в обмотках трансформатора

$$I_{1H} = \frac{S_H}{U_{1H} \cdot \eta_H} = \frac{100}{220 \cdot 0,86} = 0,528 \text{ А}$$

$$I_{2H} = \frac{S_H}{U_{2H}} = \frac{100}{22} = 4,55 \text{ А}$$

7 Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке

$$I_1 = I_{1H} K_{НГ} = 0,528 \cdot 0,6 = 0,317 \text{ А};$$

$$I_2 = I_{2H} K_{НГ} = 4,55 \cdot 0,6 = 2,73 \text{ А}.$$

8 Потери мощности в трансформаторе при фактической нагрузке

$$\Delta P = P_{СТ} + P_{МН} K_{НГ}^2 = 7,3 + 5,66 \cdot 0,6^2 = 9,34 \text{ Вт}$$

9 КПД трансформатора при фактической нагрузке

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{48}{48 + 9,34} = 0,837$$

### *Содержание отчета*

- 1 Тема и цель занятия
- 2 Задание
- 3 Исходные данные
- 4 Схема включения трансформатора
- 5 Расчетная часть
- 6 Вывод

### *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:** Расчёт конденсаторов для работы трёхфазного асинхронного двигателя

**ЦЕЛЬ:** Расчёт конденсаторов для работы трёхфазного асинхронного двигателя  
*Оборудование:* методические указания, учебник [2], микрокалькулятор, линейка.

### Краткие теоретические сведения

Неподвижная часть асинхронного двигателя называется *статор*, подвижная – *ротор* (рисунок 15.1). Сердечник статора набирается из листовой электротехнической стали и запрессовывается в станину. Станина (1) выполняется литой, из немагнитного материала. Чаще всего станину выполняют из чугуна или алюминия. На внутренней поверхности листов (2), из которых выполняется сердечник статора, имеются пазы, в которые закладывается *трёхфазная обмотка* (3).

Обмотка статора выполняется в основном из изолированного медного провода круглого или прямоугольного сечения, реже – из алюминия.

Обмотка статора состоит из трёх отдельных частей, называемых *фазами*. Начала фаз обозначаются буквами  $C_1, C_2, C_3$ , концы –  $C_4, C_5, C_6$ .

Начала и концы фаз выведены на клеммную коробку, закреплённую на станине. Обмотка статора может быть соединена по схеме звезда или треугольник. Выбор схемы соединения обмотки статора зависит от линейного напряжения сети и паспортных данных двигателя. В паспорте трёхфазного двигателя задаются линейные напряжения сети и схема соединения обмотки статора.

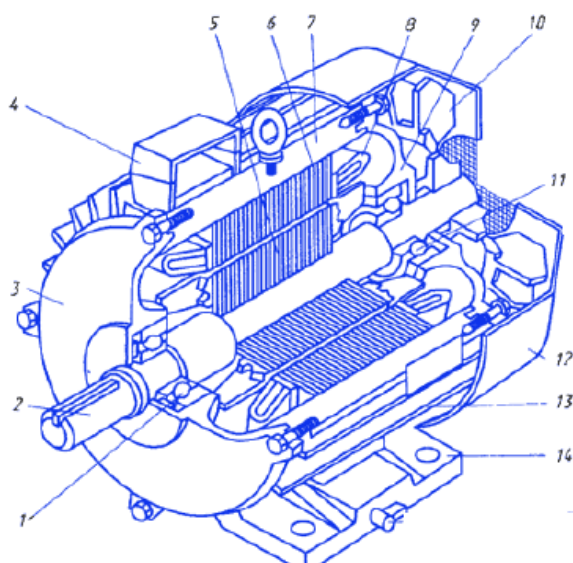


Рисунок 15.1 – Асинхронный двигатель. 1, 11 – подшипники; 2 – вал; 3, 9 – подшипниковые щиты; 5 – ротор; 6 – статор; 10 – вентилятор; 12 – колпак; 13 – ребра; 14 – лапы

*Сердечник ротора* набирается из листов электротехнической стали, на внешней стороне которых имеются пазы, в которые закладывается обмотка ротора. Обмотка ротора бывает двух видов: *короткозамкнутая* и *фазная*. Соответственно этому асинхронные двигатели бывают с короткозамкнутым ротором и фазным ротором (с контактными кольцами). Короткозамкнутая обмотка ротора состоит из стержней, которые закладываются в пазы сердечника ротора. С торцов эти стержни замыкаются торцевыми кольца-

ми. Такая обмотка напоминает «беличье колесо» и называют её типа «беличьей клетки».

Двигатель с короткозамкнутым ротором не имеет подвижных контактов. За счёт этого такие двигатели обладают высокой надёжностью. Обмотка ротора выполняется из меди, алюминия, латуни и других материалов.

**Цель:** Научиться рассчитывать конденсаторы при конденсаторном торможении асинхронных двигателей.

**План занятия:**

1. Повторить теоретический материал.
2. Согласно заданию (таблица 15.1), рассчитать емкость и выбрать конденсатор для торможения.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 15.1

**Исходные данные**

Пред- последняя цифра варианта	$P_H$ , кВт	$U_H$ , В	Последняя цифра варианта	Схема соединения	$I_0$ , %
0	3	220	0	Y	55
1	5,5	380	1	$\Delta$	60
2	7,5	660	2	1	50
3	11	220	3	Y	45
4	15	380	4	$\Delta$	65
5	18,5	660	5	1	55
6	22	220	6	Y	60
7	30	380	7	$\Delta$	50
8	37	660	8	1	45
9	45	220	9	Y	65

Для асинхронного двигателя приведены данные:

- номинальная мощность двигателя  $P_H$ , кВт;
- номинальное линейное напряжение  $U_{Hл}$ , В;
- ток холостого хода  $I_0$ , %.

**Рассчитать:** - емкость и выбрать конденсатор для торможения двигателя.

**Порядок расчета** 1. Определить фазное напряжение  $U_\phi$ , в зависимости от схемы соединения обмоток статора.

2. Определить номинальный ток двигателя  $I_H$ , А:

$$I_H = \frac{P_H}{3 \cdot U_\phi}$$



где  $P_H$  – номинальная мощность двигателя, Вт;  
 $U_\Phi$  – номинальное фазное напряжение, В;  
3. Определить ток холостого хода  $I_0$ , А:

$$I_0 = I_H \cdot I_{0\%}$$

где  $I_H$  – номинальный ток, А;  
 $I_{0\%}$  – ток холостого хода, %.

4. Определить емкость конденсатора  $C_P$ , мкФ:

$$C_P = 1840 \cdot \frac{I_0}{U_H}$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение, В;  
 $I_0$  – ток холостого хода, А.

5. Для эффективности торможения при трехфазном включении конденсатора принять емкость  $C_H$ , мкФ:

$$C_H = 4 \cdot C_P$$

где  $C_P$  – рабочая емкость конденсатора, мкФ.

6. Для эффективности торможения при однофазном включении конденсатора принять емкость  $C_{H2}$ , мкФ:

$$C_{H2} = 2,1 \cdot C_H$$

где  $C_H$  – емкость конденсатора при трехфазном включении, мкФ.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие виды торможения существуют?
2. Какие виды торможения двигателей постоянного тока существуют?
3. Какие виды торможения асинхронных двигателей существуют?
4. Как осуществляется конденсаторное торможение асинхронного двигателя?
5. Как осуществляется динамическое торможение для двигателя постоянного тока?
6. Как осуществляется динамическое торможение для асинхронного двигателя?
7. Как осуществляется торможение противовключением асинхронного двигателя?
8. Как осуществляется торможение противовключением двигателя постоянного тока?



## Практическое занятие №16

**ТЕМА: Расчёт пусковых устройств асинхронного двигателя**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Научить правильному выбору пусковых устройств асинхронного двигателя.

**Продолжительность занятия - 2 часа**

**Выбор контакторов.** Контактторы выбираются по роду тока – постоянного или переменного; по числу полюсов – одно-, двух-, трехполюсные и более; по числу и виду вспомогательных контактов, с замыкающими и размыкающими контактами.

Контакторы выбираются по номинальному напряжению и току главных контактов, который должен быть больше или равен номинальному току коммутируемой цепи. Необходимо определиться также с напряжением питания втягивающей катушки.

Технические данные контакторов переменного тока приведены в табл. 16.1, где указаны данные о количестве и виде блок-контактов: замыкающих *КЗ* и размыкающих *КР*.

Таблица 16.1

**Параметры контакторов переменного тока**

Тип	Главная цепь			Блок-контакты	Напряжен. катушки, В
	Напряжение, В	Ток, А	Число полюсов		
КТ6000	380	80;100;125; 160;250;400; 630;1000	2; 3; 4; 5	3з + 3р	220; 380
КТП-6000	380	80;100;120; 160;250	2; 3; 4	2з + 2р	220; 380

Данные наиболее распространенных контакторов переменного тока типа *ПМ12*, применяемых в магнитных пускателях, приведены в табл. 16.1. Число главных контактов у этих контакторов равно трем, напряжение главных контактов до 660 В, катушки выпускаются на напряжение питания 220 и 380 В.

**Выбор командоконтроллера.** Командоконтроллеры выбираются по напряжению и номинальному току контактов, числу коммутирующих цепей и количеству положений рукоятки.

Номинальный ток командоконтроллера должен быть больше или равен току, потребляемому всеми электрическими аппаратами, включенными в эту цепь. Обычно это обмотки контакторов. Параметры командоконтроллеров приведены в табл. 16.2.

**Выбор реле.** Все реле выбираются по роду и величине напряжения питания обмотки, по коммутируемому току и напряжению, по количеству и виду контактов.

### Параметры командоконтроллеров

Тип	Количество контактных устройств	Число положений	Номинальный ток при ПВ 40 %, А	Переменное напряжение, В
ККП-1167	12	11	25	До 500 В
ККП-1171	12	9		
ККП-1206	12	8		
ККП-1257	12	3		
ККП-1170	11	11		
ККП-1172	11	9		
ККП-1163	10	11		
ККП-1162	10	7		
ККП-1141	10	5		
ККП-1319	10	3		
ККП-1165	9	9		
ККП-1150	9	7		
ККП-1168	6	11		
ККП-1166	6	7		
ККП-1131	6	5		
ККП-1143	6	3		

Реле времени, кроме того, должны обеспечивать необходимые пределы регулирования выдержки времени.

Реле максимального тока выбираются по номинальному току, который во избежание перегрева катушки следует выбирать на двойной номинальный ток двигателя. Требуемый ток срабатывания (втягивания) реле должен попадать в диапазон регулировки этого тока для данного реле. Необходимо учесть также число и вид контактов.

Реле минимального тока выбираются по тем же критериям, что и реле максимального тока.

Основные параметры реле различных видов приведены в табл. 16.3–16.4, где количество замыкающих (з), размыкающих (р) и переключающих (п) контактов записывается в виде дроби.

### Реле управления

Тип реле	Напряжение питания, В	Коммутир. ток, А	Коммутир. напряж., В	Количество контактов з/р/п
РП-16	=12–220 ~100–220	5	=220 ~220	4/3/-
РПУ-2	=12–220 ~12–415	6	=220 ~380	2–8/2–8/4
РП-25	~220,380	5	~250	3/3/-
РП-21	~220	6	=220 ~380	4/2/4
РЭ-16	=220 ~220	10	=440 ~660	4/2/-

## Реле максимального тока

Тип реле	Ток срабатывания, А	Ном. ток, А	Коммутируемый		Число контактов з/р/п
			ток, А	напряж. В	
РЭВ 200	$(110-350\%)I_{НОМ}$	6;16;25;40; 63;100;160; 320;400;630	10	660	1/1/-
РТ-40	0,05-200	0,4-16	2	250	1/1/-
РЭ 12-2	$(110-350\%)I_{НОМ}$	6;16;25;40; 63;100;160; 320;400;630	16	=440 ~660	2/1/-

Таблица 16.5

## Реле времени

Тип реле	Диапазон выдержек времени	Питающ. напряж., В	Коммутир. ток, А	Коммутир. напряжен., В	Число контактов з/р/п
ВС-33	0,2 с-60 ч	24-240	4	=220 ~380	1/1/1
РВ-03	0,1-20 с	100-380	2,5	=220 ~380	-/2/1
РЭВ-811	0,25-1,5 с	220-380	4	=220 ~380	2/2/-
РЭВ-812	0,8-2,8 с	220-380	4	=220 ~380	2/2/-
РЭВ-813	2-3,8 с	220-380	4	=220 ~380	2/2/-
РЭВ-814	3-5,5 с	220-380	4	=220 ~380	2/2/-
РЭВ-881	4,5-9 с	220-380	4	=220 ~380	2/2/-
РЭВ-882	7-13 с	220-380	4	=220 ~380	2/2/-

Таблица 16.6

## Реле минимального тока

Тип реле	Ток срабатывания, А	Ном. ток, А	Коммутируемый		Число контактов з/р/п
			ток, А	напряж., В	
РЭ13-5	$(30-65\%)I_{НОМ}$	4;6;16;25;40; 63;100;160; 320;400;630	4	=220 ~380	-/1
РЭ12-5	$(30-65\%)I_{НОМ}$	4;6;16;25;40; 63;100;160; 320;400;630	4	=220 ~380	1/1/-

## **Практическое занятие №17**

**ТЕМА: Выбор контакторов и магнитных пускателей для управления и защиты электрических двигателей.**

**ЦЕЛЬ:** Познакомить обучающихся с методикой выбора аппаратов.

**Продолжительность занятия – 2 часа**

Магнитный пускатель (МП) – самый распространенный электрический аппарат для пуска электрических двигателей. Его основные достоинства: дистанционное управление пусками, простота схем, защита от снижения напряжения и перегрузки, приемлемые массогабаритные параметры, которые можно назвать внешними свойствами, поскольку они в определенной мере влияют на качество всей системы. Внешние свойства МП постоянно совершенствуются (к примеру, в России недавно была запатентована схема МП с защитой от обрыва фазы сети). Крупные производители, представляющие эту продукцию в России: ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры», ООО «Уралэлектроконтактор», ОАО «Новосибирский завод низковольтной аппаратуры», ОАО «Чебоксарский электроаппаратный завод» (Россия), НПО «Этал» (Украина), Schneider Electric (Франция), General Electric (США), Moeller (Германия), Chint Group Co (Китай). По оценкам отдела развития «Торгового дома «ЧЭАЗ», российский рынок магнитных пускателей составляет около \$90 млн. в год. Емкость рынка определялась по методике, изложенной в статье В. Березова в №2(20) «Новостей Электротехники»

### **Величина коммутируемого тока**

Наиболее общим и распространенным требованием, которое предъявляет потребитель при выборе МП, является величина коммутируемого тока, и по этому параметру весь рынок можно разделить на несколько групп:

в первую группу входят МП с токами (речь идет о предельных значениях токов) до 100 А, и сюда относятся пускатели серии ПМЛ на токи 10-80 А, серии ПМУ на токи 9-95 А;

вторая группа – МП с токами до 400 А, представителями которой являются пускатели серии ПМА на токи 40-160 А, серии ПМ12 на токи 10-250 А (Россия) и зарубежные пускатели Chint Group Co серии NC1 и NC3 на токи 9-370 А;

третью группу образуют МП с токами до 1000 А, представителями которой являются пускатели фирмы Moeller серии DIL на токи 20-855 А;

четвертую группу образуют МП с токами выше 1000 А, куда относятся МП GE Power Controls серии CL и СК на токи 25-1250 А и МП ЧЭАЗ-Benedikt на токи 10-1200 А.

Помимо прочего, для коммутации токов от 100 А до 1000 А российские производители предлагают контакторы серии КТ-6000, МК6 и вакуумные контакторы серии КВ1 и КТ12 для общепромышленного использования. В приведенной таблице представлены показатели пускателей первой группы, как наиболее массовой (см. таблицу 17.1).

Таблица 17.1

№1	№2	№3	№4	№5	№6	>№7
						
<i>PM12-025</i>	<i>PML-2000A</i>	<i>PMY25</i>	<i>NC1-25</i>	<i>DILOAM</i>	<i>CL03A</i>	<i>K3-24A00</i>

Номер пускателя	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Номенклатура пускателей	PM12-025	PML-2000A	PMY25	NC1-25	DILOAM	CL03A	K3-24A00
Производитель	Кашинский з-д, Новосибирский з-д	Этал	Уралэлектро- контактор- Teleme-canique	Chint Group Co	Moeller	General Electric	ЧЭАЗ- Benedikt
Ток, А	25	25	25	25	22,5	25	24
Мощность двигателя, кВт	-	11	11	11	11	11	11
Мощность, потребляемая катушками при включении, ВА	74-100	74-100	90	110	100	88	90-115
при удержании, ВА	6,1-8,9	6,2-9	7,5	11	10	9	9-13
Масса, кг	0,49	0,533	0,53	-	0,42	0,49	0,48
Габариты, ВхШхL, мм	76x53x92	77x66x89	84x56x93	86x57x95	91x45x79	87x55x98	74x45x87,5
Механическая износостойкость, частота включений в час	3600	3600	3600	3600	9000	9000	7000
Общий ресурс, млн. циклов	20	16	16	10	10	15	10
Коммутационная износостойкость, частота включений в час	1200	1200	-	1200	1000	1200	600
Время срабатывания: замыкание, мс	17-27	17-27	15-24	-	9-19	10-19	10-25
размыкание, мс	-	-	5-19	-	5-13	5-25	8-15
Мин. вкл. способность: напряжение В,	24	-	17	-	-	17	-
ток, А	10	-	5	-	-	5	-
Ориентировочная стоимость, руб.	200	200	340	300	1300	980	850

### Особенности импортных пускателей

Анализ характеристик, заявленных производителями, показывает, что все пускатели имеют практически совпадающие параметры (отличия незначительны). Однако на практике, особенно при использовании магнитных пускателей в системах АСУ, предпочтение всё чаще отдается импортным аппаратам, т.к. их

вспомогательные контакты обеспечивают так называемый «сухой контакт», используемый в устройствах микропроцессорной техники.

Помимо этого, к несомненным преимуществам импортных пускателей следует отнести:

- исполнение пускателей с катушками постоянного тока, что заявляется отечественными производителями в соответствующих технических условиях, но практически не подтверждается ввиду малого спроса на такие аппараты (исключение составляет ОАО «ВНИИР», которое поставляет пускатели ПМ12 с катушками постоянного тока);
- очень широкий набор не только типовых аксессуаров для пускателей (вспомогательные контактные блоки, тепловые реле, ограничители перенапряжений), но и всевозможных приспособлений, значительно упрощающих монтаж и обслуживание аппаратов.

### **Неоднозначная оценка параметров**

Сегодняшний потребитель при выборе пускателей ориентируется на два основополагающих показателя: режим работы и мощность нагрузки. Однако по этим критериям нельзя однозначно отдать предпочтение тому или иному аппарату.

При жестких ограничениях на размеры предпочтение следует отдать МП № 7 и № 5, габариты которых почти в полтора раза меньше, чем у остальных, при прочих равных параметрах.

По мощности, потребляемой катушками при включении, наиболее экономичным является пускатель № 6, при этом экономия составляет от 13 до 30%.

По общему ресурсу работы предпочтение следует отдать МП № 1, 2, 3, 6.

По ориентировочной стоимости лидируют пускатели № 1 и № 2, так как стоимость остальных МП существенно выше

### **Коэффициент технической готовности**

Отдельного рассмотрения заслуживает такой важный показатель надежности, как коэффициент технической готовности. Этот показатель учитывает не только интенсивность отказов, но и время, требуемое для восстановления работоспособности пускателя, характеризуя вероятность того, что в нужный момент аппарат сработает и система выполнит требуемые задачи.

К сожалению, сегодня изготовители не указывают в технических характеристиках изделия такие показатели, как среднее время наработки на отказ или частоту отказов. Поэтому для расчетов были приняты некоторые допущения и использованы следующие исходные данные:

- все рассматриваемые МП работают в одинаковых режимах и совершают 300 включений в сутки;
- среднее время наработки на отказ российского пускателя – 2 года, а импортного – 2,5 года (разница обусловлена отступлениями в технологии при изготовлении МП на российских предприятиях);
- время восстановления для каждого из МП составляет 5 часов;
- период простоя определяется сроками поставки, сложившимися на рынке, и для российского МП составляет 7 суток, для украинского – 15 суток, для зарубежного – 40-60 суток;
- срок службы всех МП составляет 10 лет.

При таких исходных данных для МП российского производства № № 1, 3, 7 коэффициент готовности равен 0,9905, для МП украинского производства № 2 – 0,9812, а для импортных пускателей №№ 4, 5, 6 – 0,9383. Таким образом, на объектах повышенной важности, где требуется высокая надежность, целесообразнее применять МП №№ 1,3,7.

### *Практическое занятие №18*

**ТЕМА: Выбор автоматических выключателей .**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Научить правильному выбору элементов аппаратуры управления и защиты обеспечит надежную и долговечную работу электропривода.

#### **1. Выбор пусковых резисторов.**

Методика расчета величины пусковых резисторов для различных типов двигателей имеется в специальной литературе.

Резисторы выбираются по длительно допустимому току резисторов. Если номинальный ток выбранного двигателя, в различных режимах, не превышает длительно допустимого тока резистора, то его температура находится в допустимых пределах. Пусковые резисторы АД выбираются по величине номинального тока ротора выбранного двигателя.

Технические данные нормализованных фехралевых блоков резисторов типа БРФ приведены в табл. 18.1.

Технические данные нормализованных константовых блоков резисторов типа БРК приведены в табл. 18.2.

**2. Выбор автоматического выключателя.** Автоматический воздушный выключатель выбирается по двум условиям:

1)  $I_{ном.расц} \geq I_{н1}$ ;

2)  $I_{кз} \geq I_{пуск}$ ,

где  $I_{ном.расц}$  – номинальный ток расцепителя автомата;  $I_{н1}$  – номинальный ток статора, который является длительно протекающим в цепи ток;  $I_{кз}$  – ток срабатывания электромагнитного расцепителя в зоне КЗ;  $I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя.

Номинальный ток статора выбранного двигателя рассчитывается по формуле

$$I_{н1} = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{1н} \cdot \cos\varphi \cdot \eta},$$

где  $P_n$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $U_{1н}$  – номинальное напряжение статора, В;  $\cos\varphi$  – коэффициент мощности двигателя;  $\eta$  – к.п.д. двигателя.

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя при КЗ  $I_{кз}$  равен произведению уставки срабатывания в зоне КЗ на номинальный ток расцепителя  $I_{ном.расц}$ .



Пусковой ток асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором может составлять  $(5-7) \cdot I_n$ . Если нет данных о величине пускового тока, то принимается, что  $I_{пуск} = 5 \cdot I_n$ .

Таблица 18.1

### Параметры блоков резисторов БРФ

Ток продолжительного режима, А	Сопротивления ступеней, Ом					
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
228	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205
204	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
160	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375
128	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
114	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
102	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
80	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
64	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
57	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
51	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
40	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465
36	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615
29	0,8	0,85	0,8	0,85	0,8	0,85
24	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975

Таблица 18.2

### Параметры блоков резисторов БРК

Ток продолжительного режима, А	Сопротивления ступеней, Ом					
	1-2 2-3	3-4 4-5	5-6 6-7	7-8 8-9	9-10 10-11	11-12
23,2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,5
15,8	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0
13,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0
11,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0
9,1	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	8,6

Для двигателя с фазным ротором пусковой ток не превышает 1,2–2,5 номинального значения.

Данные некоторых автоматических выключателей приведены в табл.18.3.

Таблица 18.3

### Параметры автоматических выключателей

Тип	Номинальный ток расцепителя, А	Ном. напряжение, В	Число полюсов	Уставка срабатывания в зоне КЗ
ВА13-29	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	~ 660 = 440	2; 3	3; 6; 12
ВА 57-35	63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	~ 660 = 440	3	6; 8; 10; 12
ВА 52-39	250; 320; 400; 500; 630	~ 660 = 440	2; 3	6; 10



## Практическое занятие №19

### ТЕМА: Выбор средств защиты цепей общего назначения

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Научить правильному выбору средств защиты цепей общего назначения.

**Выбор плавких предохранителей.** Плавкие вставки выбирают с учетом значения пускового тока, чтобы они не плавилась при пуске двигателя и защищали от токов КЗ. Условия выбора номинального тока плавких вставок предохранителей для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

$$I_{\text{ном.вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha},$$

где  $I_{\text{пуск}}$  – пусковой ток двигателя;  $\alpha$  – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки вставки:

–  $\alpha = 2,5$  при легких условиях пуска. Двигателями с легким пуском считаются двигатели вентиляторов, насосов, металлорежущих станков и т.п., пуск которых заканчивается за 3–5 с, пускаются эти двигатели редко, менее 15 раз в 1 ч;

–  $\alpha = 1,6–2$  при тяжелых условиях пуска. К двигателям с тяжелым пуском относятся двигатели подъемных кранов, центрифуг, шаровых мельниц, пуск которых продолжается более 10 с, а также двигатели, которые пускаются очень часто – более 15 раз в 1 ч. К этой категории относят и двигатели с более легкими условиями пуска, но особо ответственные, для которых совершенно недопустимо ложное перегорание вставки при пуске.

Пусковой ток асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором может составлять  $(5–7) \cdot I_{\text{н}}$ . Если нет данных о величине пускового тока, то принимается, что  $I_{\text{пуск}} = 5 \cdot I_{\text{ном}}$ .

Для двигателя с фазным ротором  $I_{\text{ном.вст}} \geq (1–1,25)I_{\text{ном}}$ .

Данные плавких предохранителей приведены в табл. 19.1.

Таблица 19.1

### Параметры плавких предохранителей

Тип предохранителя	Номинальный ток, А	Ток вставки, А
НПН2-60	63	6; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63
ПН2-100	100	31,5; 40; 50; 63; 80; 100
ПН2-250	250	80; 100; 125; 160; 200; 250
ПН2-400	400	200; 250; 315; 355; 400
ПН2-600	600	315; 400; 500; 600

**Выбор теплового реле.** Номинальный ток теплового реле выбирают исходя из номинальной нагрузки электродвигателя, т. е. по номинальному току статора  $I_{\text{н1}}$ . Уставка тока несрабатывания теплового реле составляет  $(1,2–1,3)$  но-

минального значения тока двигателя, т. е. тепловое реле срабатывает при 20–30 % перегрузке в течение 20 мин.

Постоянная времени нагрева электродвигателя зависит от длительности токовой перегрузки. При кратковременной перегрузке в нагреве участвует только обмотка электродвигателя, и постоянная нагрева составляет 5–10 мин. При длительной перегрузке в нагреве участвует вся масса электродвигателя, и постоянная нагрева составляет 40–60 мин. Поэтому применение тепловых реле целесообразно лишь тогда, когда длительность включения электродвигателя больше 30 мин. Данные тепловых реле приведены в табл. 19.2.

Таблица 19.2

### Параметры тепловых реле

Тип	Номинальн. ток, А	Номинальное напряжение, В		Диапазон регулирования тока несрабатывания, А
		перемен. тока	постоян. тока	
РТТ-1	25	до 660	до 440	0,2–25,0
РТТ-2	40	до 660	до 440	10,0–40,0
РТТ-3	160	до 660	до 440	50,0–160,0
РТЛ-1	25	до 660	до 440	0,1–25,0
РТЛ-2	80	до 660	до 440	23,0–80,0
РТЛ-3	270	до 660	до 440	165,0–270,0
РТЛ-4	410	до 660	до 440	250,0–410,0
РТЛ-4	510	до 660	до 440	310,0–510,0

### Практическое занятие №20

**ТЕМА:** Меры защиты от прямого и косвенного прикосновения

**ЦЕЛЬ:** Самостоятельно изучить комплекс мероприятий по защите от прямого и косвенного прикосновения согласно «Правил устройства электроустановок».

**Записать термины и определения**

Проводящая часть \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Токоведущая часть \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Открытая проводящая часть \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Сторонняя проводящая часть \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Прямое прикосновение** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Косвенное прикосновение** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Защита от прямого прикосновения** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Защита при косвенном прикосновении**

---

---

---

---

Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН)

---

---

---

---

Уравнивание потенциалов \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Защитное уравнивание потенциалов \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Выравнивание потенциалов \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Защитное автоматическое отключение питания \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Основная изоляция \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дополнительная изоляция \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Двойная изоляция \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Усиленная изоляция \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Защитное электрическое разделение цепей \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

---

---

---

Заземляющее устройство \_\_\_\_\_

---

---

**Ответьте на вопросы.**

Как по условиям электробезопасности разделяются на электроустановки \_\_\_\_\_

---

---

Какие мероприятия должны обеспечивать безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц \_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_

---

---

2) \_\_\_\_\_

---

---

3) \_\_\_\_\_

---

---

4) \_\_\_\_\_

---

---

5) \_\_\_\_\_

---

---

Какие меры для защиты от поражения электрическим током, при прямом прикосновения, должны быть применены по отдельности или в сочетании?

---

---

---

---

Какую степень защиты должно иметь Ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ?

---

---

---

---

Как возможен вход за ограждение или вскрытие оболочки ?

---

---

---

---

Какие меры защиты должны быть применены по отдельности или в сочетании от поражения электрическим током в случае при косвенном прикосновении повреждения изоляции?

---

---

---

---

---

---

---

---

В каких случаях выполняется защита при косвенном прикосновении?

Укажите объекты на которые распространяются требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

4) \_\_\_\_\_

Как должны быть присоединены открытые проводящие части электроустановок до 1 кВ при выполнении автоматического отключения питания?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**2. Защитное заземление**

Запишите термины и определения

Защитное заземление \_\_\_\_\_

---

---

---

Назначение защитного заземления \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Открытая проводящая часть \_\_\_\_\_

---

---

---

Заземлитель \_\_\_\_\_

---

---

---

Искусственный заземлитель \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Естественный заземлитель \_\_\_\_\_

---

Заземляющий проводник \_\_\_\_\_

---

---

### *Практическое занятие №21*

**ТЕМА: Измерение сопротивления заземляющего устройства**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** 1. Изучить требования, предъявляемые к изоляции электроустановок и научиться измерять её сопротивление с помощью мегомметра.  
2. Освоить методы измерения сопротивления заземляющих устройств и электрического сопротивления земли и способа проверки исправности заземляющих проводников.

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Согласно ГОСТ 12.1.030–81 и ПУЭ для защиты от поражения током при повреждении изоляции должна применяться одна из мер электробезопасности: защитное заземление, зануление, защитное отключение, малое напряжение, электрическое разделение сети, двойная изоляция, выравнивание потенциалов и др.

Благодаря универсальности и сравнительной простоте выполнения наибольшее распространение получили защитное заземление и зануление.

**ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ** это преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Применяется в сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Задача защитного заземления заключается в устранении опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу, оказавшемуся под напряжением.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении напряжения между корпусом, оказавшемся под напряжением, и землёй до безопасного значения.

**ЗАНУЛЕНИЕ** это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Зануление применяется в 3–х фазных и четырёхпроводных сетях напряжением до 1000 В с глухозаземлённой нейтралью (380/220 В, 220/127 В).



Задача зануления заключается в устранении опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу, оказавшемуся под напряжением вследствие замыкания на корпус.

Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить повреждённую установку от питающей сети.

Заземление без присоединения к нулевому проводу в сетях с глухим заземлением нейтралью категорически запрещено.

Заземляющие устройства служат для обеспечения нормальной работы электрических сетей ( заземление нейтралей трансформаторов, заземление зарядников ) и для защиты персонала от опасных напряжений, которые могут возникнуть на металлических частях электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, при повреждении изоляции в сети. Заземление электрооборудования должно обеспечивать создание между его корпусом и землёй электрической цепи достаточно малого сопротивления.

В состав заземляющего устройства входят:

а) заземлитель, представляющий собой один или несколько металлических электродов, соединённых параллельно, располагаемых в земле и предназначенных для создания электрического соединения с землёй;

б) заземляющие проводники, служащие для соединения заземляемых частей электроустановки с заземлителем.

Сопротивление, которое оказывает земля току, стекающему с заземляющего устройства, называется сопротивлением растеканию заземлителя.

Вместо этого термина обычно применяется условный сокращённый термин «сопротивление заземлителя». Его не следует смешивать с сопротивлением заземлителя как проводника.

Сопротивление заземлителя  $R_3$  определяется как отношение напряжения на нём относительно земли (т. е. точки нулевого потенциала) к току, протекающему через заземлитель в землю.

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}, \text{ Ом.}$$

Ток с заземлителя растекается на некотором участке земли, где его протекание можно обнаружить с помощью приборов. Эта зона называется полем растекания. Для простых заземлителей в однородном грунте поле растекания заключено в пределах окружности радиусом около 20 м. За пределами поля растекания лежит зона нулевого потенциала, т. е. зона, потенциал каждой точки которой не отличается от потенциала земли, принятого за систему отчёта.

Сопротивление растеканию одиночного заземлителя отличается от сопротивления растеканию того же заземлителя, включённого в состав сложного заземляющего устройства. Простые заземлители, расположенные рядом и объединённые электрически взаимно экранируют друг друга, что приводит к увеличению их сопротивления. Степень повышения сопротивления растеканию простых заземлителей (вертикальный стержень, горизонтальная полоса), испытывающих

взаимное влияние, оценивается коэффициентом использования заземлителей, определяемым по формуле:

$$\eta = \frac{R_1}{R_3 \cdot n},$$

где  $R_1$  – сопротивление растеканию простого одиночного заземлителя;  
 $n$  – число простых заземлителей, объединённых в сложный;  
 $R_3$  – сопротивление растеканию сложного заземлителя.

## ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

1. Измерение сопротивления заземляющих устройств, производится по методу амперметра–вольтметра или с помощью специальных измерителей заземлений (приборов).

При измерениях используются вспомогательный заземлитель (токовый), служащий для создания цепи прохождения тока через испытываемый заземлитель, а также потенциальный заземлитель (зонд), служащий для измерения падения напряжения на испытываемом заземлителе и помещаемый в зону нулевого потенциала.

Вспомогательный заземлитель и зонд выполняются, как правило, в виде стальных стержней диаметром не менее 0,5 см, забиваемых в грунт на глубину около 0,5 м.

Схемы расположения измерительных электродов при испытании заземляющих устройств различного типа приведены на рисунке 21.1.

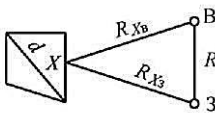
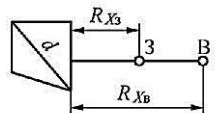
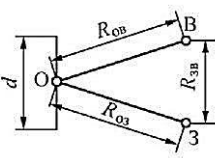
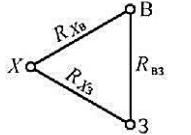
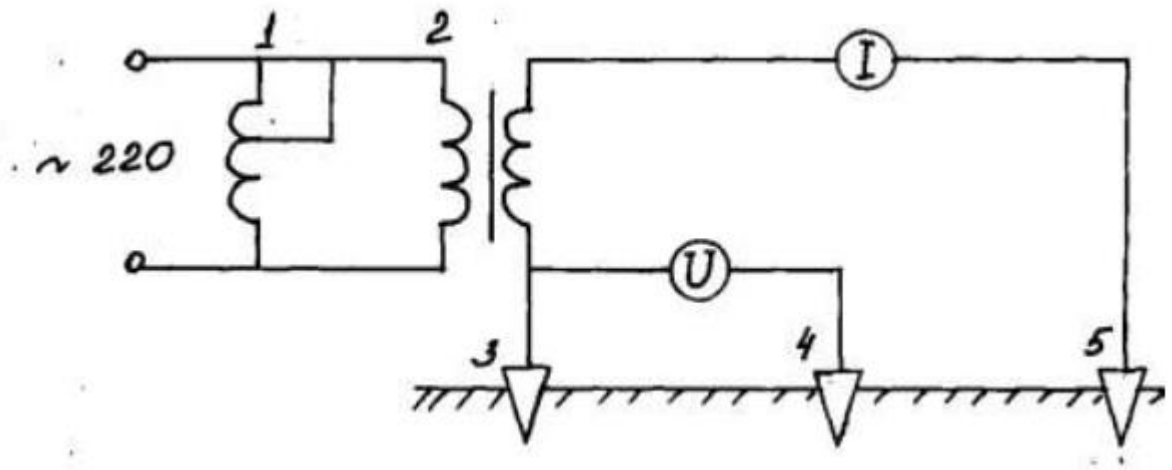
Заземлитель		Расположение вспомогательных заземлителей	Минимальное расстояние, м
Сложный (контурный)	Двухлучевая схема		$80 \leq (R_{XB} = R_{X3} = 2R_{B3}) \geq 2d$
	Однолучевая схема		$160 \leq (2R_{X3} = R_{XB}) \geq 3d$
Лучевой			$(R_{OB} = R_{O3} = 2R_{B3}) \geq \frac{1}{2}d$
Сосредоточенный			$(R_{XB} = R_{X3} = R_{B3}) \geq 20$

Рис. 21.1 – Схемы расположения электродов при измерении сопротивления сложных заземлителей и одиночных горизонтальных полос

2. Метод амперметра–вольтметра применяется в случаях, когда требуется повышенная точность измерений или отсутствуют измерители заземлений.

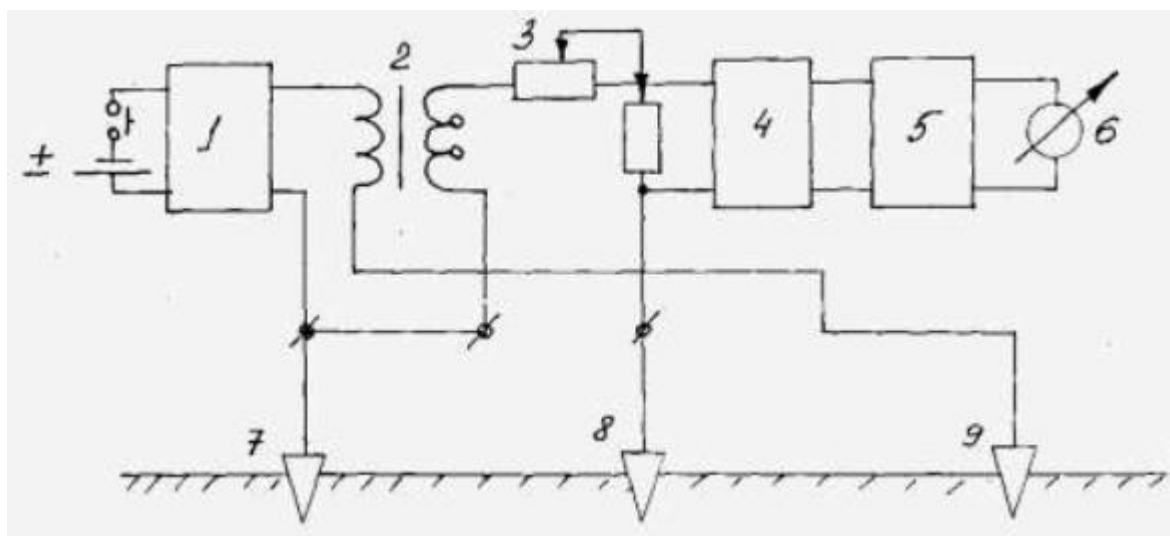
Схема измерения по этому методу представлена на рисунке 2.2. Точность измерения зависит от точности применяемых измерительных приборов.



1 – автотрансформатор; 2 – понижающий трансформатор; 3 – испытуемый заземлитель; 4 – зонд; 5 – вспомогательный заземлитель

Рис. 21.2 – Схема измерения сопротивления заземления по методу амперметра–вольтметра

3. Измеритель М–416 более удобен при измерениях, т. к. имеет малый вес и вращающуюся шкалу, позволяющую фиксировать измеренное значение. М–416 собран на полупроводниках, имеет автономное питание от батареек. Электрическая блок-схема измерителя М – 416 приведена на рисунке 21.3.



1 – преобразователь; 2 – трансформатор; 3 – реохорд; 4 – усилитель; 5 – детектор; 6 – микроамперметр; 7 – испытуемый заземлитель; 8 – зонд; 9 – вспомогательный заземлитель

Рисунок 21.3 – Упрощенная схема измерителя М–416

4. Измеритель М–1103М разработан в искробезопасном исполнении для проверки заземляющих устройств в электроустановках горнодобывающей промышленности. Он также может быть применён для проверки любых других заземлителей с сопротивлением растеканию от 0,1 до 50 Ом.

### **Порядок выполнения работы**

1. Провести измерение сопротивления изоляции электродрели, понижающего трансформатора, силового кабеля, электродвигателя, согласно изложенной выше методики.

2. Измерение сопротивления заземляющих устройств. В этом разделе необходимо произвести измерение сопротивления четырёх вертикальных стержневых заземлителей длиной по 3 м (рисунок 3.1) (№ 1–4), погружённых в землю. От стержней изолированными проводами выполнены выводы на лабораторный стенд.

Произвести измерение сопротивления указанных заземлителей по методу амперметра–вольтметра (рисунок 3.3) и с помощью измерителей заземлений М–416 и М–1103. После измерения сопротивления каждого электрода в отдельности измерить сопротивление сложного заземляющего устройства, полученного путём электрического объединения четырёх стержней № 1–4. Для этого необходимо соединить на щитке зажимы соответствующих электродов.

Порядок измерений указан на крышках соответствующих приборов. При оценке результатов измерения необходимо учитывать коэффициенты, соответствующие положению переключателей диапазонов. Вспомогательный и потенциальный заземлители помещены в грунт стационарно на рекомендуемых расстояниях друг от друга и от испытываемых стержней. При измерениях необходимо пользоваться соответствующими им зажимами «В» и «П» на лабораторном стенде.

Произвести измерение удельного сопротивления грунта методом ВЭЗ с помощью измерителя М–16. Для этого использовать верхние зажимы на лабораторном стенде.

### **Содержание отчета**

Отчет при измерении сопротивления изоляции должен содержать методику проведения измерений, результаты измерения сопротивления изоляции, электродрели, понижающих трансформаторов, кабеля и обмотки статора электродвигателя. Данные измерений занести в таблицы, которые даны в приложении 2-1. В выводах дать заключение о соответствии изоляции проверенного электрооборудования установленным нормам.

Отчёт при измерении сопротивления заземления должен содержать результаты измерения сопротивления четырёх вертикальных стержней и сопротивления сложного заземлителя, полученного в результате их электрического соединения. Начертить схемы расположения измерительных электродов для измерения сопротивления сложного заземлителя, учитывая, что составляющие его электроды расположены в вершинах квадрата со стороной 3м. Начертить схему расположения измерительных электродов при измерении сопротивления одиночно-

го вертикального электрода длиной 3 м. На обеих схемах указать на каких расстояниях должны находиться измерительные и испытываемый заземлители.

Определить коэффициент использования заземляющих стержней, составляющих сложный заземлитель, по формуле, приведённой в описании.

За основу для расчёта принять данные, полученные методом амперметра–вольтметра. При расчёте предварительно вычислить среднее значение сопротивления одиночных стержней.

Для измеренного сопротивления стержня № 1 вычислить удельное сопротивление грунта, пользуясь формулой, приведённой в описании метода пробного электрода. При этом принять  $l = 3$  м,  $a = 0,012$  м.

Вычислить удельное сопротивление грунта, пользуясь данными его измерения с помощью измерителя М-416 по методу ВЭЗ. При вычислении принять  $a = 3$  м.

### **Контрольные вопросы**

1. Виды контроля сопротивления изоляции.
2. Методика проведения измерений сопротивления электрической изоляции.
3. Периодичность испытания изоляции силовых электропроводок, обмоток статора электродвигателей, переносного электроинструмента, понижающих трансформаторов, силового кабеля.
4. Нормируемая величина сопротивления изоляции силовых электропроводок, обмоток статора электродвигателей, переносного электроинструмента, понижающих трансформаторов, силового кабеля.
5. Как правильно измерить сопротивление изоляции силовой и осветительной проводки?
6. В каких случаях обмотки статора электродвигателей и изоляция осветительных и силовых проводок испытываются повышенным напряжением? Каким образом проводится испытание?
7. С какой целью необходимо производить измерение сопротивления заземления?
8. Защитное заземление и зануление. Определение, назначение, задача, принцип действия.
9. Какой способ измерения сопротивления заземляющих устройств применяется в случаях, когда требуется повышенная точность измерений?
10. Какие минимальные расстояния между испытываемым заземлителем, зондом и вспомогательным электродом допускаются при измерении сопротивления одиночных и сложных заземлителей при различных схемах измерения?
11. Каково назначение токового и потенциального вспомогательных электродов?
12. Как произвести измерение сопротивления заземления при помощи приборов М-416 и М-1103?

## Тематика рефератов, сообщений по дисциплине

Тема учебной дисциплины	Тема реферата, сообщения
1	2
<b>Тема 2 Электрические цепи постоянного тока</b>	1. Работа и мощность электрического тока. 2. Тепловое и химическое действие электрического тока.
<b>Тема 3. Магнетизм и электромагнетизм</b>	Вихревые токи, их опасность, практическое применение; Явление самоиндукции; Явление взаимной индукции
<b>Тема 4. Электрические цепи переменного тока</b>	1 Резонанс токов и напряжения. 2. Производство электроэнергии. Электрическая система, электростанции, принцип производства электроэнергии и ее качество. Электрические сети и подстанции. Электроснабжение производственных предприятий и населенных пунктов. Снижение потерь электроэнергии. Основные потребители электроэнергии.
<b>Тема №5. Аналоговые электроизмерительные приборы.</b>	Влияние форм сигнала на показания приборов. Сигнал без постоянной составляющей. Сигнал – сумма переменной и постоянной составляющей. <b>Электроизмерительные приборы индукционной системы</b> ». Назначение, устройство, достоинства и недостатки. Применение <b>электроизмерительных приборов индукционной системы</b> выполнение домашних заданий по теме 4.
<b>Тема 6. Электрические машины и аппараты</b>	Опыт холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Асинхронные двигатели (соединение обмоток асинхронного двигателя, характеристики асинхронного двигателя, пуск асинхронного двигателя, применение асинхронных двигателей) Машины постоянного тока (обмотки якорей и ЭДС машин постоянного тока, способы возбуждения генераторов постоянного тока, пуск двигателя постоянного тока). Приводы электрических аппаратов Электрическая дуга и методы ее гашения Пускорегулирующие и контролирующие электрические аппараты. Выбор низковольтных электрических аппаратов распределения и управления.
<b>Тема 7. Основы электроники</b>	Усилительный каскад на биполярных транзисторах. Линейный и нелинейный режимы работы усилителей. Усилители в интегральном исполнении. Структурная схема усилительного каскада. Процесс усиления. Коэффициент усиления одного каскада. Коэффициент усиления многокаскадного усилителя. Температурная зависимость параметров. Амплитудно-частотной характеристикой

## ФОНД ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

### 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.....

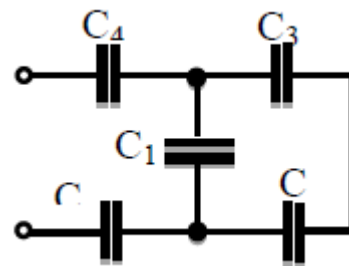


а) увеличения емкости батареи      в) получения одинакового напряжения на конденсаторах

б) **снижения емкости батареи**      г) увеличения заряда батареи

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

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



21 Указать способ соединения конденсаторов C2 и C3

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

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

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

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

- а) слюда      в) керамика
- б) воздух      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      в) толщины диэлектрика
- б) **массы пластин**      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      в) уменьшится в 2 раза
- б) **увеличится в 2 раза**      г) увеличится в 4 раза

28 Полупроводниковые материалы имеют удельное сопротивление...

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

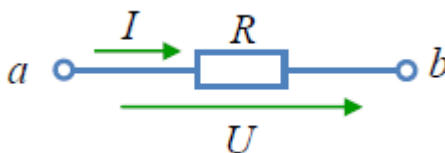
29 Формула закона Ома для участка цепи имеет вид...

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

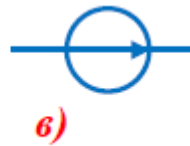
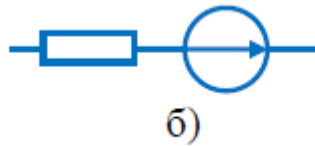
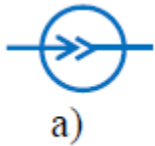
35 При измерении сопротивления цепи стрелка омметра показала ноль. Что произошло с цепью?

- 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 |

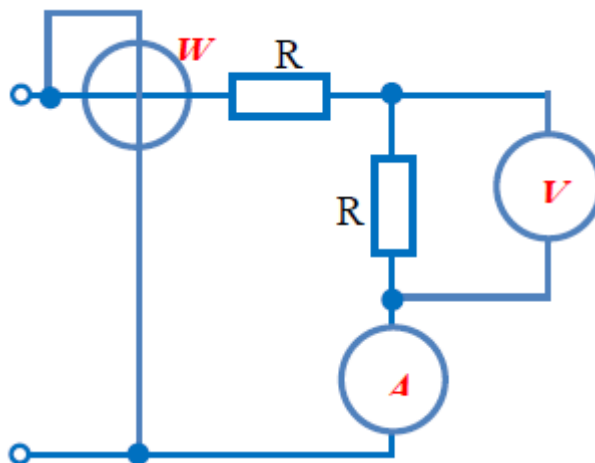
45 Выбрать три величины, произведение которых даст формулу электрической энергии

- 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**

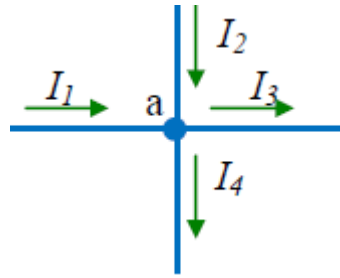
51 Математические выражения первого и второго законов Кирхгофа имеют вид...

- 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.....

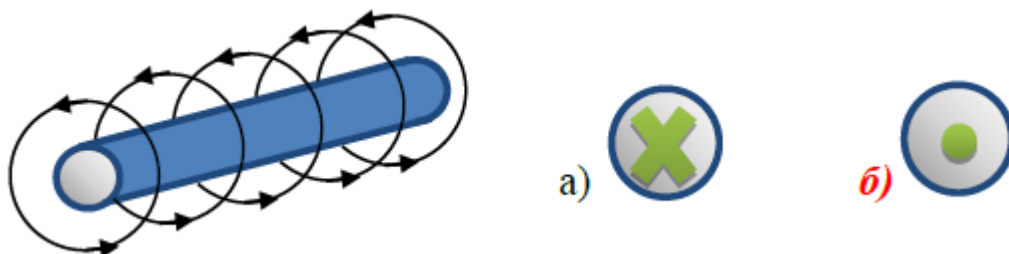
а) от плюса к минусу

б) от юга к северу

в) **от севера к югу**

г) от минуса к плюсу

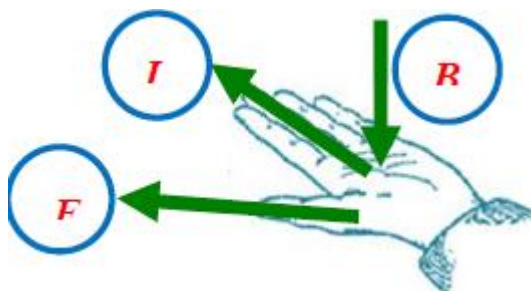
58 Определить направление тока в проводнике



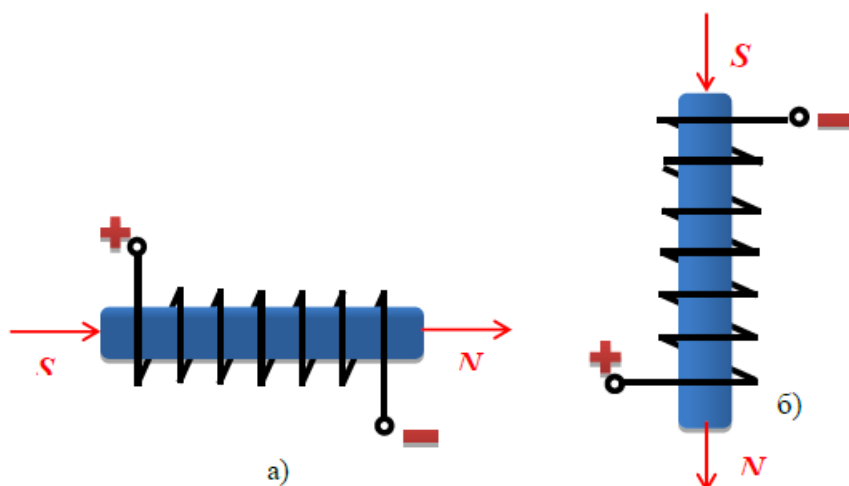
59 К ферромагнетикам не относится материал...

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

60 Указать параметры, необходимые для использования правила левой руки



61 Определить направление магнитного поля

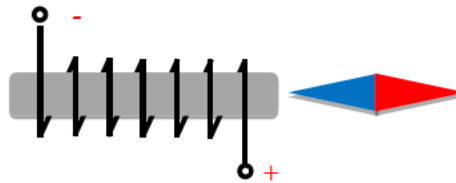


62 Определить направление движения проводника с током в магнитном поле



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

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



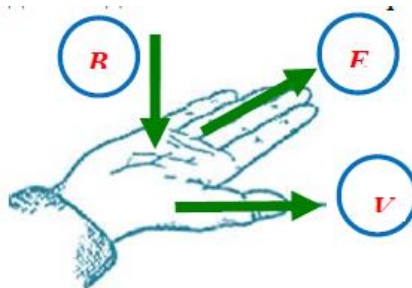
64 Направление электромагнитной силы зависит от...

- 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
<b>500 мГн</b>	<b>2700 мкГн</b>	<b>0,03 Гн</b>	<b>500000 мкГн</b>	<b>0,00112 Гн</b>	<b>77000 мГн</b>

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) взаимной индукцией                      в) магнитной индукцией  
 б) **электромагнитной индукцией**                      г) самоиндукцией

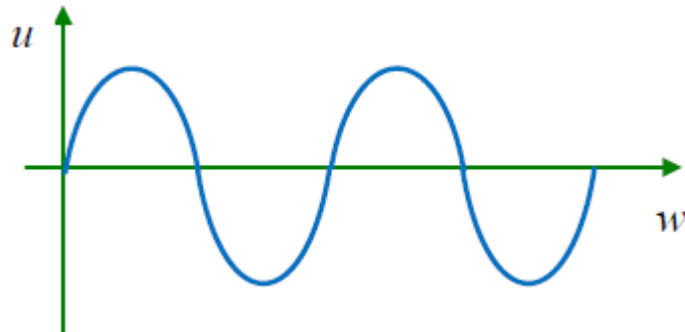
70 Опасностью вихревых токов является

- 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?

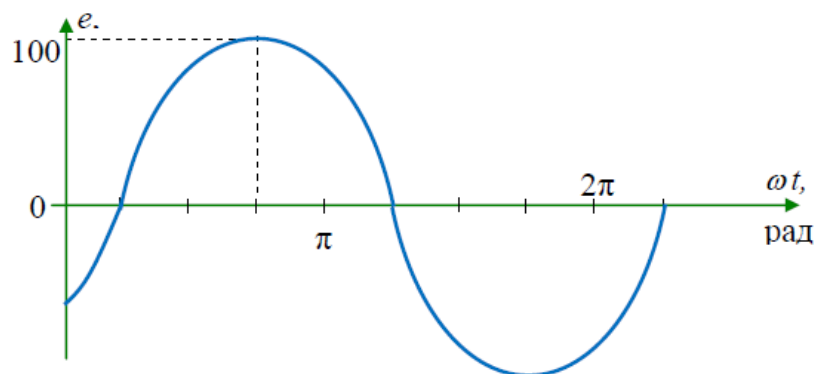


- а) 1      б) **2**      в) 3      г) 4

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

- а)  **$\psi_i$**       б)  $I_m$       в)  $i(t)$       г)  $\omega$

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



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



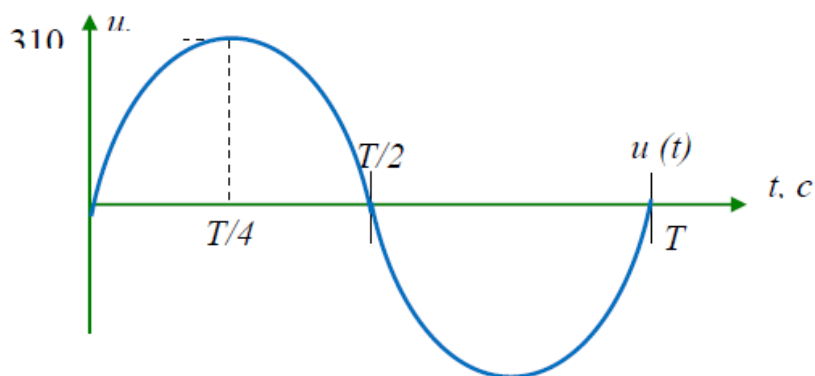
74 В цепи синусоидального тока амперметр показал 0,5 А, тогда амплитуда этого тока  $I_m$  равна...

- 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...

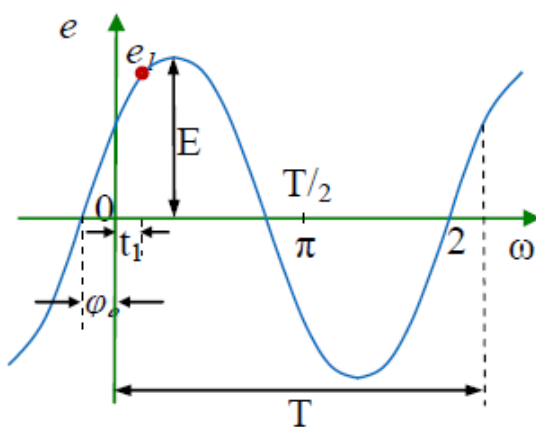
- а)  $f = T/2\pi$       в)  $f = T$   
 б)  **$f = 1/T$**       г)  $f = 2\pi T$

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)  $\varphi_e$  – угловая частота  
 $e_1$  – мгновенное значение ЭДС  
 $E_m$  – амплитуда ЭДС  
 $T$  – период  
 $\omega$  – начальная фаза

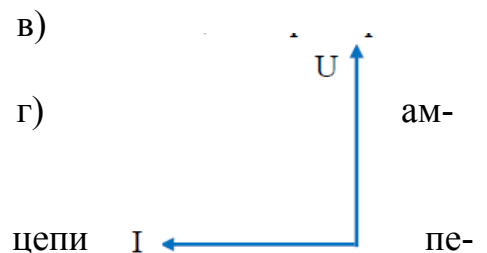
- б)  $\varphi_e$  – начальная фаза  
 $e_1$  – амплитуда ЭДС  
 $E_m$  – мгновенное значение ЭДС  
 $T$  – период  
 $\omega$  – угловая частота

- в)  $\varphi_e$  – начальная фаза  
 $e_1$  – мгновенное значение ЭДС  
 $E_m$  – амплитуда ЭДС  
 $T$  – период  
 $\omega$  – угловая частота

- г)  $\varphi_e$  – угловая частота  
 $e_1$  – мгновенное значение ЭДС  
 $E_m$  – амплитуда ЭДС  
 $T$  – начальная фаза  
 $\omega$  – период

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

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

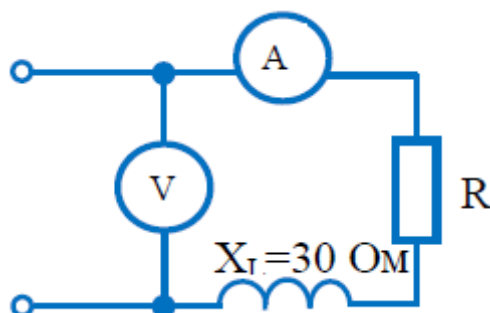
81 Какая цепь характеризуется представленной векторной диаграммой?

- 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 связаны соотношением

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

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)  **$P = UI \cos \varphi$**

в)  $P = UI \cos \varphi + UI \sin \varphi$

б)  $P = UI \sin \varphi$

г)  $P = UI \operatorname{tg} \varphi$

87 В активном элементе  $R$ ...

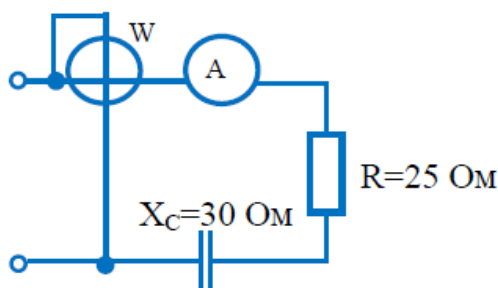
а) **напряжение  $u(t)$  совпадает с током  $i(t)$  по фазе**

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

92 Записать обозначения величин:

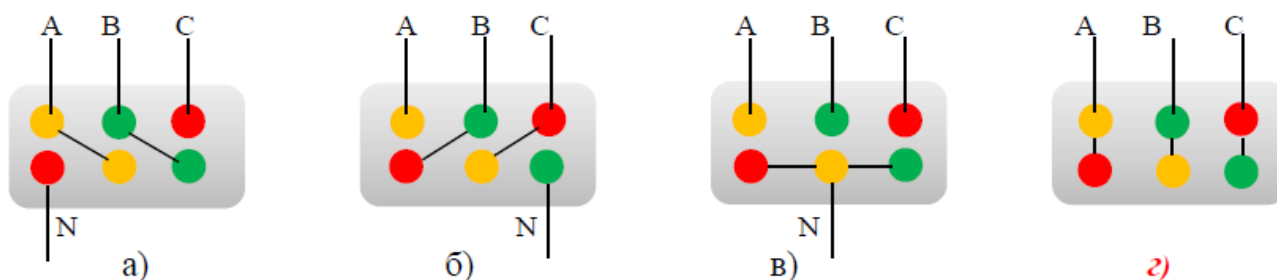
- а) индуктивное сопротивление             **$X_L$**   
б) полное сопротивление             **$Z$**   
в) активная мощность             **$P$**   
г) сдвиг по фазе             **$\varphi$**

### 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

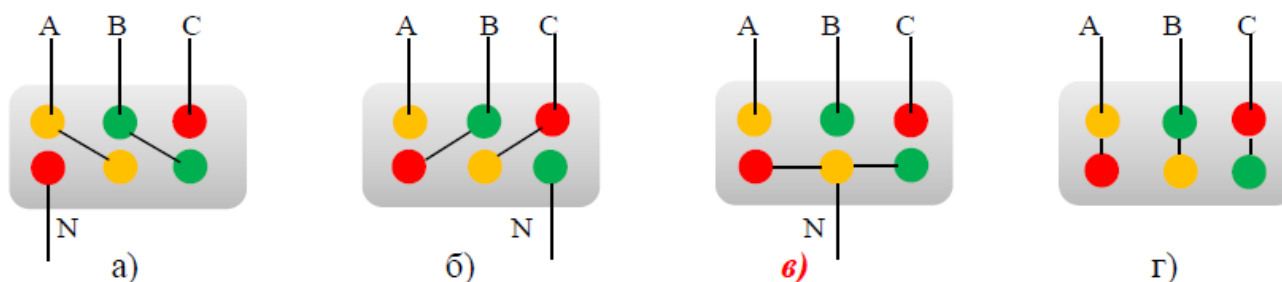
94 Указать на соединении «треугольником»



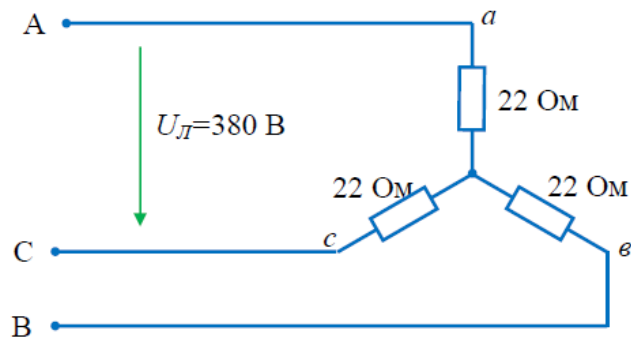
95 С чем соединен конец первой обмотки генератора при соединении обмоток «звездой»?

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

96 Указать на соединении «звездой»



97 Значения фазных токов в схеме равны...

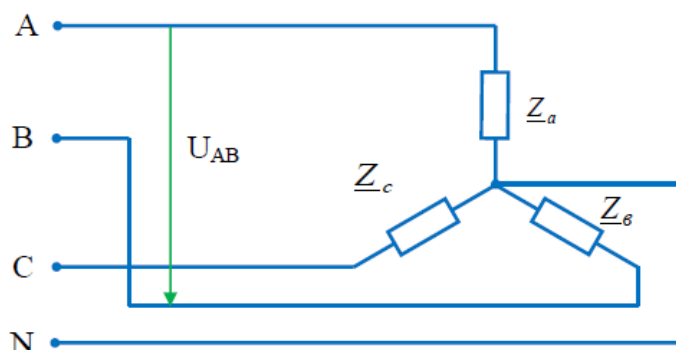


- а)  $\frac{380}{22} = 17,3 \text{ A}$       б)  $\frac{380\sqrt{3}}{22} = 30 \text{ A}$       **в)  $\frac{380}{\sqrt{3} \cdot 22} = 10 \text{ A}$**       г)  $\frac{380}{3 \cdot 22} = 5,75 \text{ A}$

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

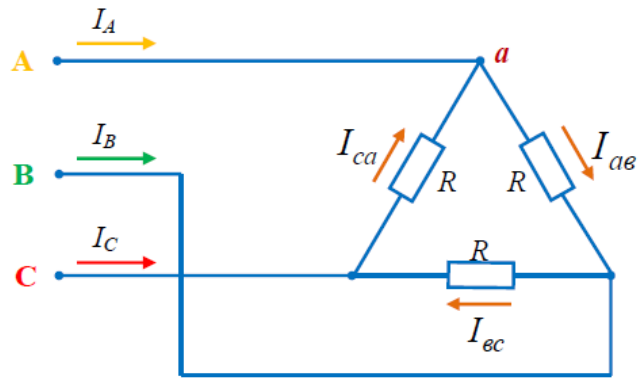
100 Источником трехфазного тока является...

- 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...



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

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

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

г)  $\vec{I}_A = \vec{I}_{ab} - \vec{I}_{ca}$

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

а) 12,1 А

б) 7 А

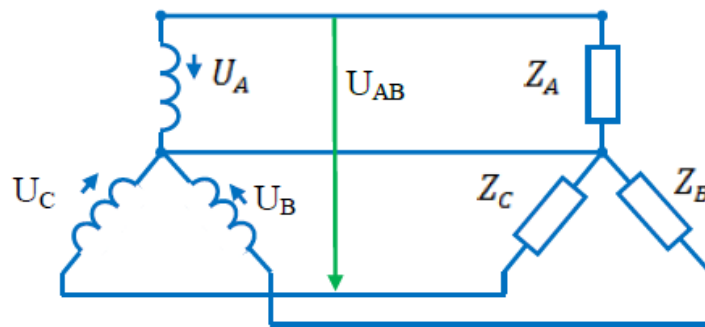
в) 8,73 А

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)  $U_{AB} = 3U_A$

в)  $U_{AB} = \sqrt{3}U_A$

г)  $U_{AB} < U_A$

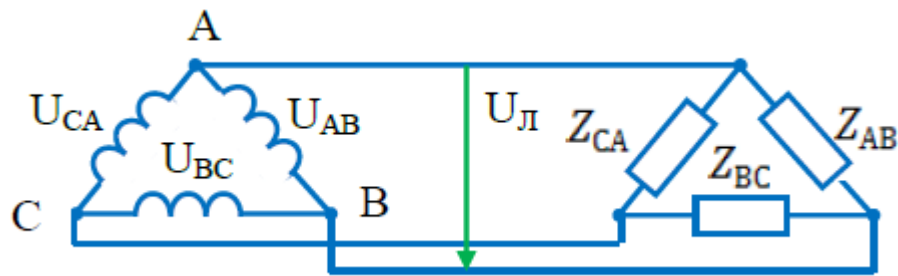
106 Какая из формул является верной при соединении «треугольником»

а)  $U_{\text{Л}} = U_{\Phi}$    б)  $I_{\Phi} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{Л}}$    в)  $I_{\text{Л}} = I_{\Phi}$    г)  $U_{\Phi} = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}}$

107 Какая из формул является ошибкой при соединении «звездой»

а)  $U_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\Phi}$    б)  $I_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\Phi}$    в)  $I_{\text{Л}} = I_{\Phi}$    г)  $U_{\Phi} = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}}$

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)  $w_1 + w_2 = 0$       в)  $w_1 < w_2$   
 б)  $w_1 = w_2$       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**                      в) частоты тока в сети  
б) амплитуды магнитного поля              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                      в) принцип Ленца  
б) закон Джоуля – Ленца                      г) **явление взаимоиндукции**

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



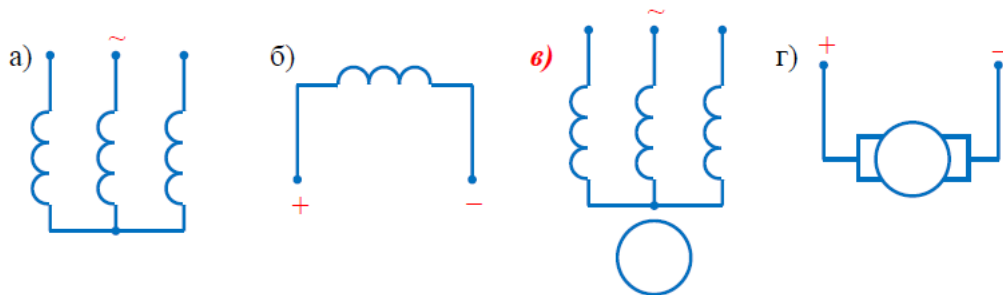
121 Вращающееся магнитное поле статора синхронного двигателя создаётся при выполнении следующих условий...

- 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

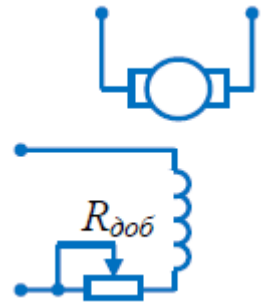
126 Величина скольжения асинхронной машины в двигательном режиме определяется по формуле...

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...

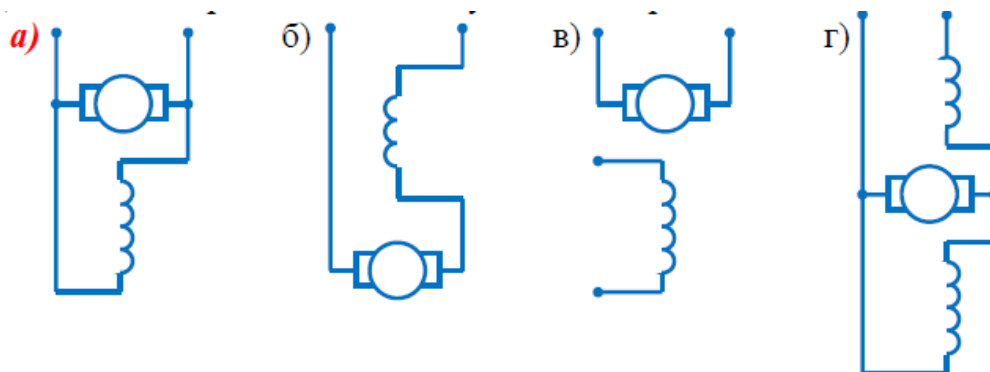
- а) статор с трехфазной обмоткой, неявнополюсный ротор с двумя контактными кольцами
- б) статор с трехфазной обмоткой, якорь с коллектором
- в) статор с трехфазной обмоткой, явнополюсный ротор с двумя контактными кольцами
- г) **статор с трехфазной обмоткой, ротор с короткозамкнутой обмоткой, ротор с трехфазной обмоткой и тремя контактными кольцами**

*Электрические машины постоянного тока*

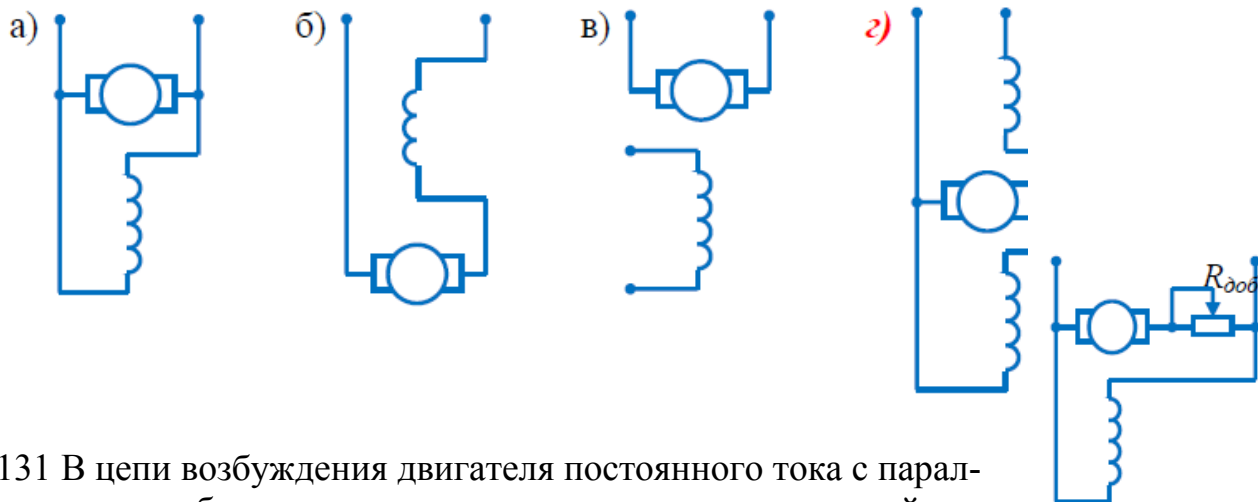
128 В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением устанавливается регулировочный реостат для...

- 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**

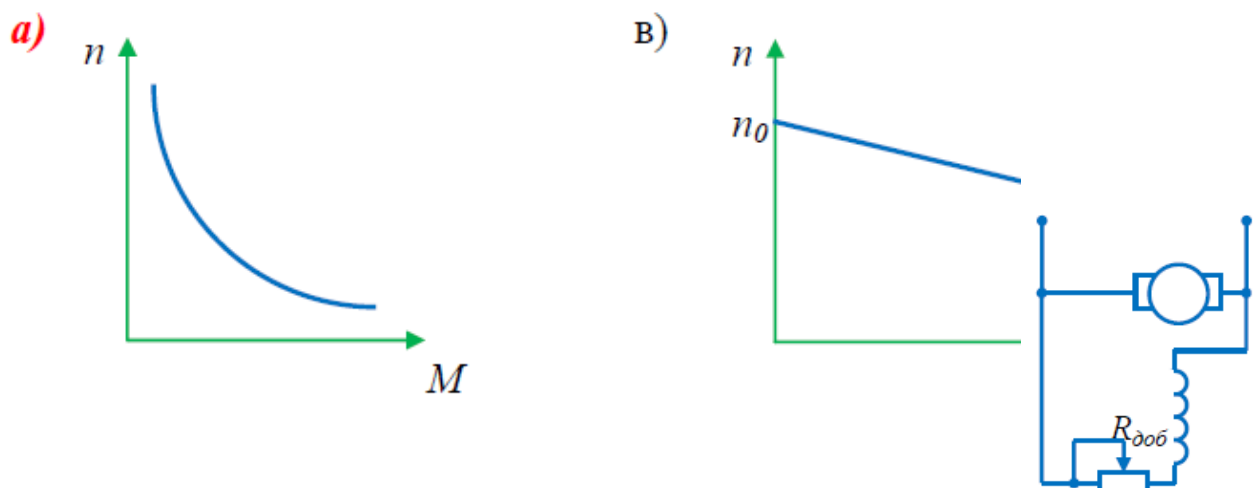
132 Основной магнитный поток машин постоянного тока регулируется изменением...

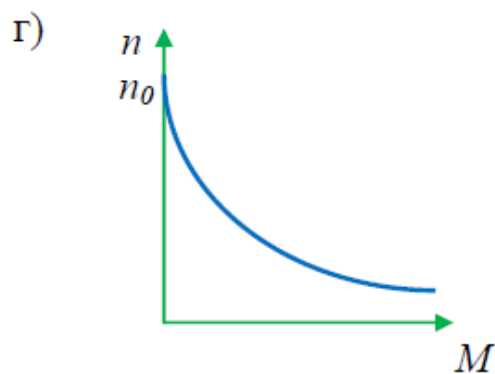
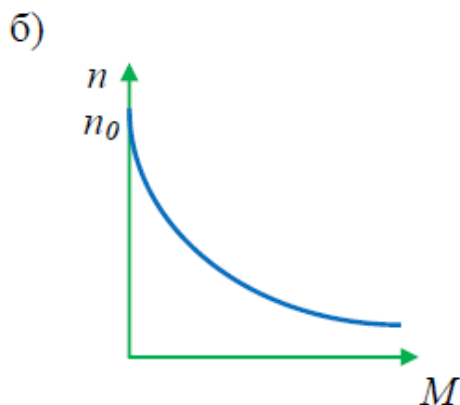
- а) **тока возбуждения**
- б) тока якоря
- в) полярности
- г) сопротивления в цепи якоря

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

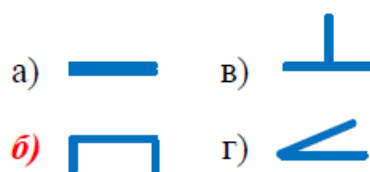
136 Соединить линией условное обозначение прибора и измеряемую им величину



137 На шкале нанесён знак  Какой это прибор?

- а) ваттметр    в) **прибор электромагнитной системы**  
 б) прибор переменного тока    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    в) в середине шкалы  
 б) во второй половине 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                      в) подпятники  
б) **спиральные пружины**        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 р-п-переходом

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

149 Для усиления сигнала применяют...

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

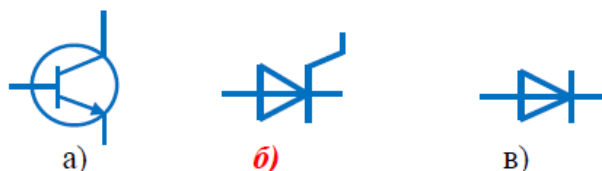
150 Указать способ, который не приведет к отключению тиристора

- 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) р-типа                      в) m-типа  
б) х-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 р-п-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

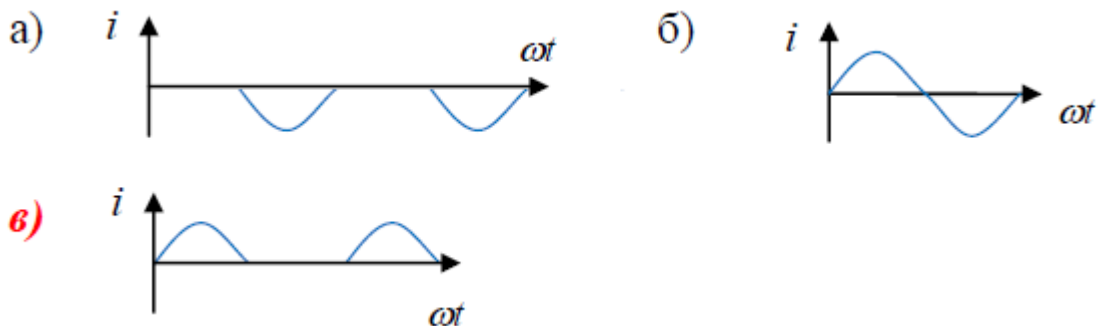
- а) диод      б) **транзистор**      в) тиристор

158 Для плавного регулирования выпрямленного тока используют

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

### Электронные преобразователи

159 Указать график выпрямленного тока однофазного однополупериодного выпрямителя

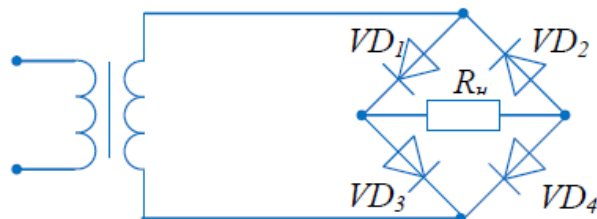


160 Назначение выпрямителя

- 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...

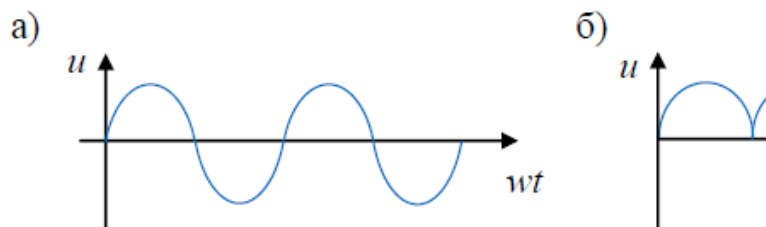
- а) D<sub>1</sub>  
 б) D<sub>2</sub>  
 в) **D<sub>3</sub>**  
 г) D<sub>4</sub>



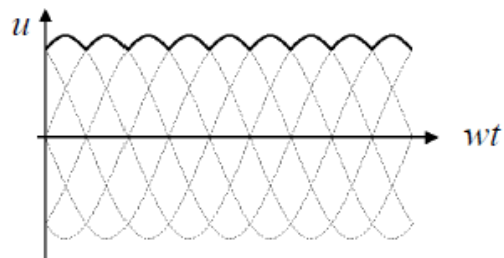
162 На рисунке изображена схема выпрямителя...

- 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



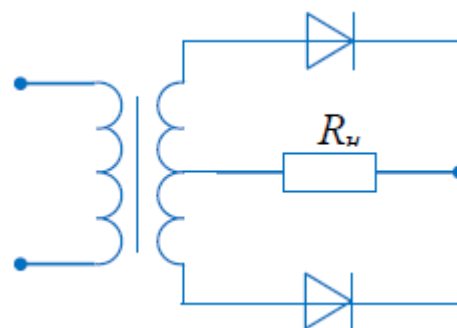
164 На рисунке выделен график выпрямленного напряжения

- 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>	<input type="checkbox"/> поляризатором <input type="checkbox"/> изолятором <input type="checkbox"/> катушкой <input checked="" type="checkbox"/> конденсатором
<p>9 Перевести 50 мВ в вольты</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>10 Указать материал, который не используется в качестве диэлектрика в конденсаторе</p>	<input type="checkbox"/> слюда <input type="checkbox"/> керамика <input checked="" type="checkbox"/> асбест <input type="checkbox"/> воздух

**Контрольно-измерительные материалы для промежуточной аттестации****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 батарее.

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.

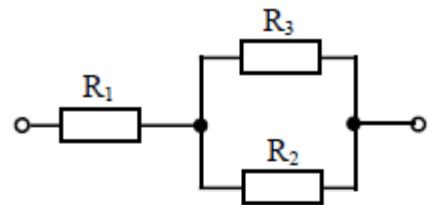
21 Цепь переменного тока с последовательным соединением R и XL – схема цепи, векторная диаграмма, треугольники сопротивлений и мощностей.

- 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.

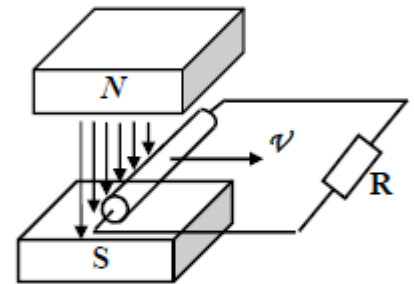
## Практические задания экзаменационных билетов

- 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.

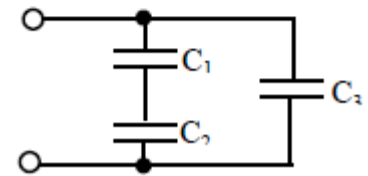


19 Проводник, замкнутый на сопротивление 10 Ом, движется в магнитном поле со скоростью 12 м/с. Магнитная индукция поля 1,5 Тл, активная длина проводника 70 см.



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.

### Карточки - задания

1

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

*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,  $U=60 \text{ В}$ . Резисторы в цепи имеют сопротивление  $R_1=5 \text{ Ом}$ ;  $R_2=3 \text{ Ом}$ ;  $R_3=8 \text{ Ом}$ ;  $R_4=17 \text{ Ом}$ ;  $R_5=4 \text{ Ом}$

*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

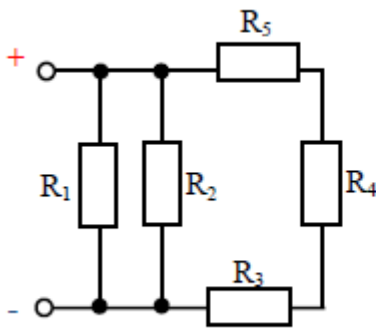
Напряжение, приложенное к цепи,  $U=140$  В.  
 Резисторы в цепи имеют сопротивление  $R_1=16$  Ом;  
 $R_2=18$  Ом;  $R_3=9$  Ом;  $R_4=7$  Ом;  $R_5=11$  Ом

*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

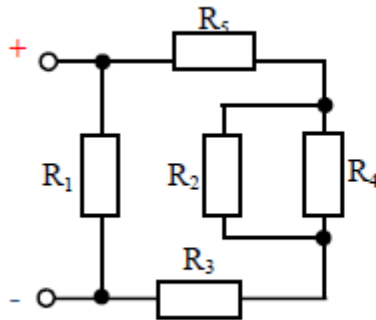
*Определить:*  
 эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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:*

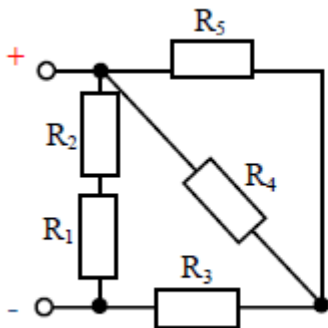
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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:*

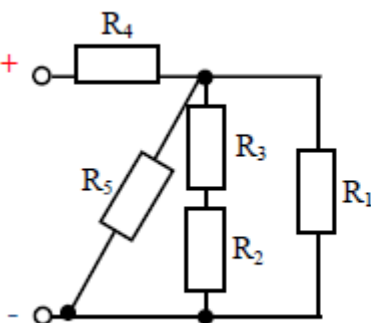
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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.

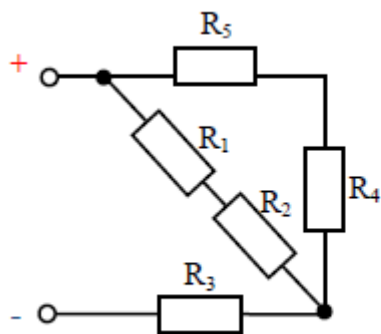
**10**

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.



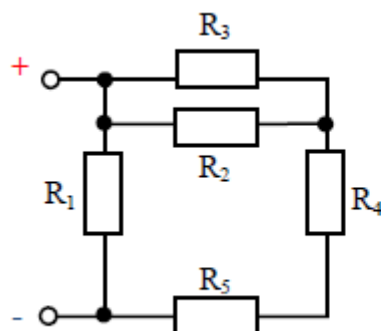


**11**

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.

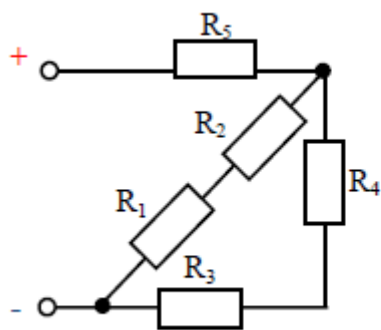


**12**

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.

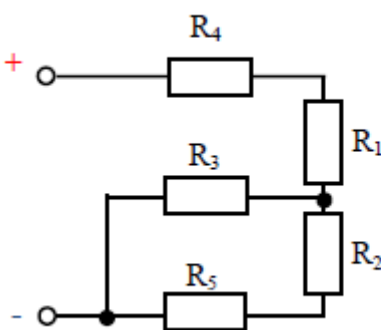


**13**

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.

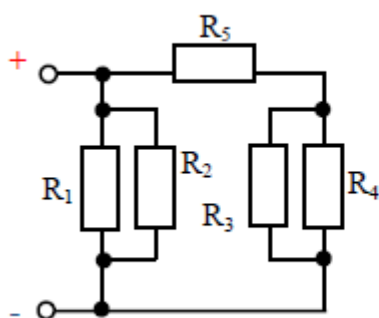


**14**

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:*

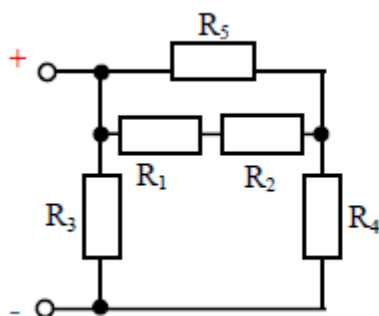
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

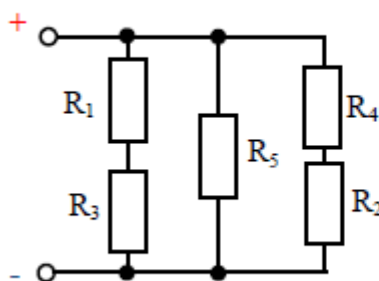
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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:*

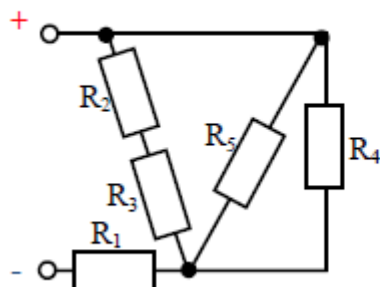
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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:*

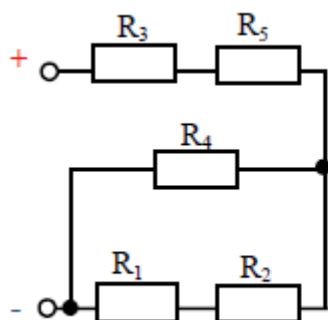
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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:*

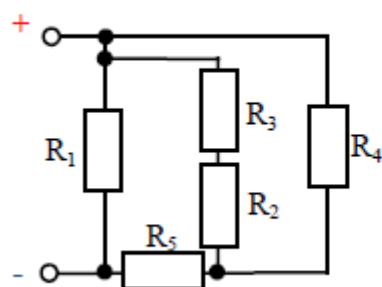
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока  
 всей цепи и на каждом резисторе. Указать  
 направления токов в резисторах. Проверить баланс  
 мощностей.

**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:*

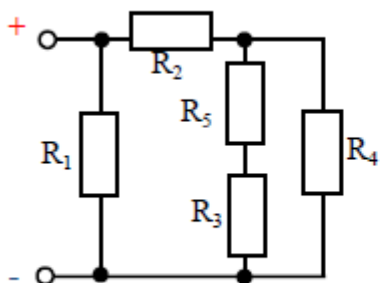
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

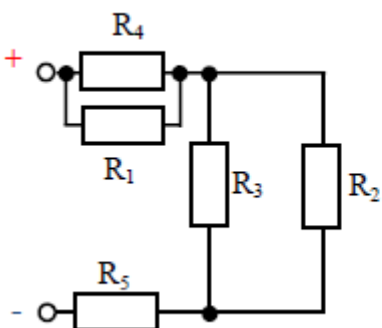
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

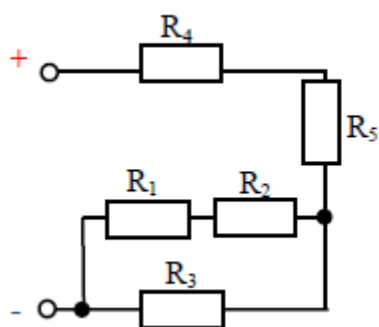
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

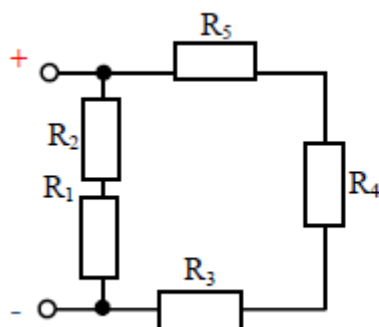
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

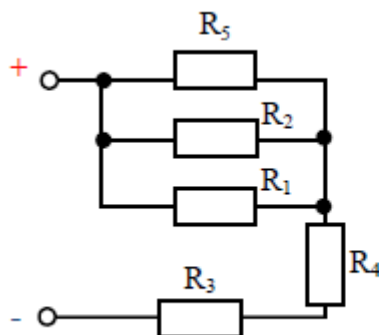
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

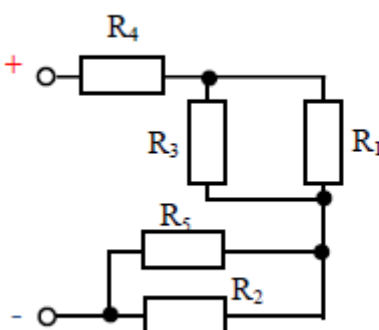
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

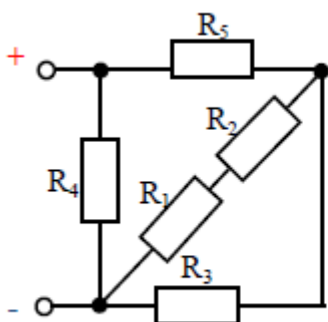
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

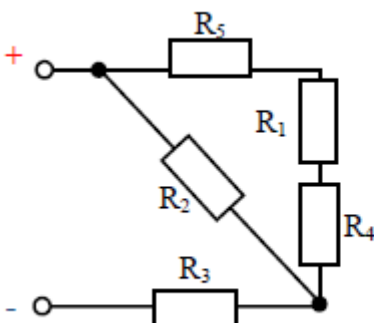
эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

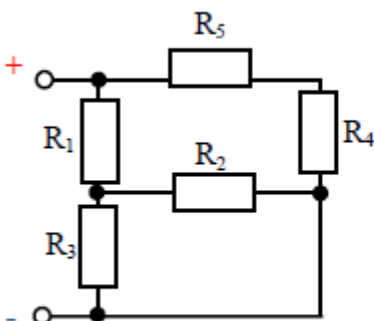
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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:*

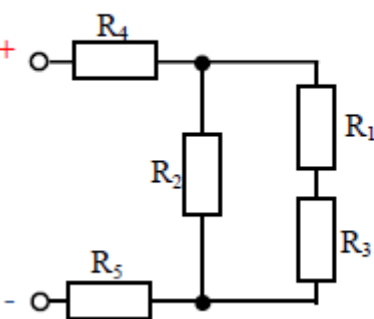
Эквивалентное сопротивление цепи, величину тока всей цепи и на каждом резисторе. Указать направления токов в резисторах. Проверить баланс мощностей.

**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.