

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Попов Анатолий Николаевич
Должность: директор
Дата подписания: 24.11.2025 14:06:24
Уникальный программный ключ:
1e0c38dcc0aee73cee1e5c09c1d5873fc7497bc8

Приложение 8.4.21
ОПОП-ППССЗ по специальности
23.02.09 Автоматика и телемеханика на транспорте
(железнодорожном транспорте)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.01 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

программы подготовки специалистов среднего звена по специальности
23.02.09 Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте)

*Базовая подготовка
среднего профессионального образования
(год начала подготовки по УП:2025)*

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПРОВЕРКЕ
 3. ОЦЕНКА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ:
 - 3.1. ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ
 - 3.2. КОДИФИКАТОР ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
 4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств учебной дисциплины может быть использован при различных образовательных технологиях, в том числе и как дистанционные контрольные средства при электронном / дистанционном обучении.

В результате освоения учебной дисциплины ОП.01 Электротехника (базовая подготовка) обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности 23.02.09 Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте) следующими умениями, знаниями, которые формируют общие и профессиональные компетенции:

- уметь:

- У1.** рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;
- У2.** собирать электрические схемы и проверять их работу;
- У3.** измерять параметры электрической цепи.

- знать:

- 31.** физические процессы в электрических цепях;
- 32.** методы расчёта электрических цепей;
- 33.** методы преобразования электрической энергии.

-общие компетенции:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

-профессиональные компетенции:

ПК 1.2 Выполнять разработку монтажных схем устройств сигнализации, централизации и блокировки, железнодорожной автоматики и телемеханики по принципиальным схемам.

ПК 1.3 Проводить измерения параметров приборов и устройств сигнализации, централизации и блокировки.

ПК 3.2. Осуществлять регулировку и проверку работы устройств и приборов сигнализации, централизации и блокировки.

- личностные результаты:

ЛР 10 Заботящийся о защите окружающей среды, собственной и чужой безопасности, в том числе цифровой.

ЛР 13 Готовность обучающегося соответствовать ожиданиям работодателей: ответственный сотрудник, дисциплинированный, трудолюбивый, нацеленный на достижение поставленных задач, эффективно взаимодействующий с членами команды, сотрудничающий с другими людьми, проектно мыслящий.

ЛР 25 Способный к генерированию, осмыслению и доведению до конечной реализации предлагаемых инноваций.

ЛР 27 Проявляющий способности к непрерывному развитию в области профессиональных компетенций и междисциплинарных знаний.

Формой промежуточной аттестации по учебной дисциплине является **экзамен**.

2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

2.1 В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также динамика формирования общих компетенций:

Результаты обучения (освоенные умения, освоенные знания, освоенные компетенции)	Основные показатели оценки результатов	Форма и методы контроля и оценки результатов обучения
У 1- рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27	<ul style="list-style-type: none"> – Расчет батареи конденсаторов, определение эквивалентной ёмкости и распределения напряжения. – Расчет основных параметров электрических цепей постоянного тока; – Определение эквивалентного сопротивления цепи; – Расчет батареи химических источников. – Выполнение аналитического и графического расчёта цепей. – Расчет симметричных и несимметричных трёхфазных цепей. – Расчет простых электрических схем несинусоидальных токов. – Измерение сопротивлений проводников 	Экспертное наблюдение и оценка при проведении лабораторных и практических занятий и за выполнение ИДЗ
У 2- собирать электрические схемы и проверять их работу ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27	<ul style="list-style-type: none"> – Сборка простейших электрических цепей – Подключение счётчиков и ваттметров для выполнения измерений. 	Экспертное наблюдение и оценка защиты отчетов по лабораторным занятиям
У 3- измерять параметры электрической цепи ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27	<ul style="list-style-type: none"> – Включение электроизмерительных приборов в электрическую цепь; – Выполнение измерений основных параметров электрических цепей постоянного тока; – Производство измерений в электрических цепях с помощью приборов непосредственной оценки. 	Экспертное наблюдение и оценка защиты отчетов по лабораторным и практическим занятиям
З 1 - физические процессы в электрических цепях ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27	<ul style="list-style-type: none"> – Характеристики электрического поля, их физический смысл; – Назначение конденсаторов, их условные обозначения; – Физическую сущность процессов в цепях постоянного тока; – Основные законы цепей постоянного тока; – Элементы электрических цепей, их изображение на схемах и назначение; – Условия возникновения магнитного поля, его характеристики, правила для определения направления магнитного поля; – Поведение проводника с током в магнитном 	Экспертное наблюдение и оценка на лабораторных и практических занятиях и за выполнение ИДЗ

	<p>поле;</p> <p>– Законы электромагнитной индукции;</p> <p>– Сущность физических явлений, происходящих в ферромагнетиках.</p> <p>– Физическую сущность процесса получения переменного тока;</p> <p>– Характеристики переменного тока, построение векторных и временных диаграмм;</p> <p>– Электромагнитные явления в цепях переменного тока,</p> <p>– Соединения обмоток генератора и потребителей «звездой» и треугольником»;</p> <p>– Разложение периодических кривых на гармоники;</p> <p>– Принцип действия электрического генератора и трансформатора;</p> <p>– Принцип действия электрического двигателя.</p>	
<p>3.2- методы расчета электрических цепей</p> <p>ОК 01, ОК 02</p> <p>ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2</p> <p>ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27</p>	<p>– Законы последовательного, параллельного и смешанного соединения конденсаторов.</p> <p>– Законы последовательного, параллельного и смешанного соединений резисторов, химических источников тока.</p>	<p>Экспертное наблюдение и оценка при защите отчетов по лабораторным и практическим занятиям</p>
<p>3.3- методы преобразования электрической энергии.</p> <p>ОК 01, ОК 02</p> <p>ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2</p> <p>ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27</p>	<p>– Преобразование электрической энергии, преобразователи</p>	<p>Экспертное наблюдение и оценка при проведении устного опроса, при защите отчетов по лабораторным и практическим занятиям</p>

3. Оценка освоения учебной дисциплины:

3.1. Формы и методы оценивания

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по дисциплине Электротехника, направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных и практических занятий, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий (сообщений).

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Таблица 2.2

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З
Введение		У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Раздел 1. Электростатика					Экзамен	У1, У2, У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27
Тема 1.1. Электрическое поле	Устный опрос Самостоятельная работа	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Тема 1.2. Электрическая ёмкость и конденсаторы. Свойства конденсаторов в электрической цепи.	Устный опрос Самостоятельная работа Решение задач	У1, У2, У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Раздел 2. Электрические цепи постоянного тока					Экзамен	У1, У2, У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27

Тема 2.1 Физические процессы в электрических цепях постоянного тока	<i>Тестирование</i> <i>Лабораторная работа №1,2</i> <i>Практическая работа №1,2</i> <i>Самостоятельная работа</i> <i>Контрольная работа</i>	У1, У2,У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Тема 2.2. Расчет электрических цепей постоянного тока	<i>Устный опрос</i> <i>Практическая работа №3,4,5,6,7</i>	У1, У2, У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Раздел 3. Электромагнетизм и магнитная индукция					Экзамен	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27
Тема 3.1. Магнитное поле	<i>Устный опрос</i> <i>Тестирование</i> <i>Практическая работа №8</i>	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Тема 3.2. Электромагнитная индукция	<i>Устный опрос</i> <i>Тестирование</i> <i>Самостоятельная работа</i> <i>Контрольная работа</i>	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Раздел 4. Электрические цепи переменного тока					Экзамен	У1, У2,У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27
Тема 4.1. Однофазные электрические цепи	<i>Устный спрос</i> <i>Лабораторная работа №3,4,5</i>	У1, У2,У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2				

синусоидального тока	<i>Практическая работа №9</i> <i>Контрольная работа</i>	ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Тема 4.2. Трехфазные электрические цепи	<i>Устный спрос</i> <i>Лабораторная работа №6,7</i> <i>Практическая работа №10</i> <i>Самостоятельная работа Контрольная работа</i>	У1, У2, У3 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Тема 4.3. Цепи несинусоидального тока	<i>Устный спрос</i>	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Раздел 5. Электрические машины					Экзамен	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27
Тема 5.1. Электрические машины постоянного тока	<i>Устный спрос</i> <i>Тестирование</i>	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				
Тема 5.2. Электрические машины переменного тока	<i>Устный спрос</i> <i>Тестирование</i>	У1, У2 31, 32, 33 ОК 01, ОК 02 ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2 ЛР10, ЛР13, ЛР25, ЛР27				

4 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Темы эссе (рефератов, докладов, сообщений)

1. Классификация электроприводов.
2. Электропривод на железнодорожном транспорте
3. Применение мультивибраторов в ЭВМ и устройствах автоматики
4. Применение триггеров на железнодорожном транспорте
5. История развития вычислительной техники.
6. Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ на железнодорожном транспорте.

Контролируемые компетенции: ОК01, ОК02, ПК.1.2, ПК.1.3, ПК.3.2

Контроль выполнения данного вида самостоятельной работы осуществляется во время учебного занятия в виде проверки преподавателем письменного эссе (реферата, доклада, сообщения) или устного выступления обучающегося.

Критерии оценки:

«5» – баллов выставляется обучающемуся, если тема раскрыта всесторонне; материал подобран актуальный, изложен логично и последовательно; материал достаточно иллюстрирован достоверными примерами; презентация выстроена в соответствии с текстом выступления, аргументация и система доказательств корректны.

«4» – баллов выставляется обучающемуся, если тема раскрыта всесторонне; имеются неточности в терминологии и изложении, не искажающие содержание темы; материал подобран актуальный, но изложен с нарушением последовательности; недостаточно достоверных примеров.

«3» – баллов выставляется обучающемуся, если тема сообщения соответствует содержанию, но раскрыта не полностью; имеются серьёзные ошибки в терминологии и изложении, частично искажающие смысл содержания учебного материала; материал изложен непоследовательно и нелогично; недостаточно достоверных примеров.

«2» – баллов выставляется обучающемуся, если тема не соответствует содержанию, не раскрыта; подобран недостоверный материал; грубые ошибки в терминологии и изложении, полностью искажающие смысл содержания учебного материала; информация изложена нелогично; выводы неверные или отсутствуют.

4.2 Устный опрос

Раздел 1. Электростатика

1. Что называется электрическим полем?
2. Какие заряды считаются точечными?
3. Как направлены векторы напряжённости поля?
4. Как рассчитать силу взаимодействия двух зарядов, формула?
5. Что называется электрической проницаемостью?
6. Что называется потенциалом электрического поля?
7. Как выглядит электрическое поле двух плоских пластин, находящихся на некотором расстоянии друг от друга?
8. В каких единицах измеряется разность потенциалов двух точек электрического поля?
9. Что такое электрическая ёмкость?
10. Что называется рабочим напряжением конденсатора.
11. От чего зависит ёмкость конденсатора?
12. Что такое диэлектрик?
13. Напишите формулу расчета ёмкости двух последовательно соединённых конденсаторов?
14. Напишите формулу расчета ёмкости двух параллельно соединённых конденсаторов?

Раздел 2. Электрические цепи постоянного тока.

1. Что называется электрическим током?
2. Что называется электрической цепью?
3. Что называется электрическим током проводимости?
4. Что называется электрическим током переноса?
5. Что называется электрическим током смещения?
6. В каких единицах измеряется сила тока?
7. Что называется электрическим сопротивлением и в каких единицах оно измеряется?
8. Чему равна плотность тока и в каких единицах она измеряется?
9. Чему равна мощность электрического тока и в каких единицах она измеряется?
10. Что называется удельной проводимостью?
11. Что называется ТКС?
12. Что такое диэлектрик?
13. Напишите формулу расчета сопротивления двух последовательно соединённых резисторов?
14. Напишите формулу расчета сопротивления двух параллельно соединённых резисторов?

Раздел 3. Электромагнетизм и магнитная индукция

1. Как взаимодействуют полюса магнитов?
2. Какой величиной характеризуется магнитное поле?
3. Как графически изображается магнитное поле?
4. Запишите закон Ампера.
5. Сформулируйте правило левой руки.
6. Что такое сила Лоренца? Чему она равна?
7. Какие материалы называются диамагнетиками? Парамагнетиками? Ферромагнетиками?
8. Что такое магнитная проницаемость?
9. Что такое остаточная намагниченность?
10. Изобразите петлю гистерезиса.
11. В каких единицах измеряется магнитный поток?

Тема 4.1. Однофазные электрические цепи синусоидального тока

1. Какой ток называется переменным?
2. Что такое мгновенное значение ЭДС, тока и напряжения?
3. Что называется фазой?
4. Что называется амплитудой?
5. Что такое частота?
6. Какова связь между периодом и частотой?
7. Дайте определение действующего значения тока и напряжения.
8. Какое сопротивление называется активным, а какое реактивным?
9. От чего зависит ёмкостное сопротивление?
10. От чего зависит индуктивное сопротивление?
11. В какой цепи наблюдается резонанс напряжений?
12. В какой цепи наблюдается резонанс токов?
13. Дайте определение полной, активной и реактивной мощностей.
14. Что такое коэффициент мощности?
15. Как на практике учитывают коэффициент мощности?

Тема 4.2. Трехфазные электрические цепи

1. Что называются трёхфазной электрической сеть?
2. Схем трёхфазной сети с нейтральным проводом?
3. Схем трёхфазной сети без нейтрального провода?
4. Какой сдвиг фаз между линейными проводами?
5. Какая существует связь между фазным и линейным напряжениями?
6. Схема соединения обмоток трёхфазного генератора «звездой», достоинства и недостатки?
7. Схема соединения обмоток трёхфазного генератора «треугольником», достоинства и недостатки?
8. Зачем нулевой провод заземляют?
9. Назначение нулевого провода?
10. Схема соединения нагрузки «звездой», достоинства и недостатки?
11. Схема соединения нагрузки «треугольником», достоинства и недостатки?
12. Короткое замыкание фазы в схеме соединения нагрузки «звездой»?
13. Короткое замыкание фазы в схеме соединения нагрузки «треугольником»?
14. Короткое замыкание между линейными проводами в схеме соединения нагрузки «треугольником»?
15. Как определяется полная мощность трёхфазной сети при известной мощности отдельных фаз?

Тема 4.3. Несинусоидальные периодические напряжения и токи

1. Что называются несинусоидальными периодическими напряжениями и токами?
2. Соотношение между амплитудным и действующими значениями несинусоидального тока?
3. Виды несинусоидальных напряжений и токов?
4. Принцип расчёта электрических цепей при несинусоидальном сигнале?
5. Применение рядов Фурье для описания несинусоидальных токов и напряжений?

Раздел 5. Электрические машины

1. Из каких узлов состоят электрические машины постоянного тока?
2. Что означает обратимость машин постоянного тока?
3. Назначение коллекторно-щёточного узла?
4. Что такое реакция якоря?
5. Серийная схема включения обмоток машины постоянного тока, достоинства и недостатки?
6. Шунтовая схема включения обмоток машины постоянного тока достоинства и недостатки?
7. Компаундная схема включения обмоток машины постоянного тока», достоинства и

недостатки?

8. Принцип работы асинхронного однофазного электродвигателя?

9. Назначенрие пусковой обмотки асинхронного однофазного электродвигателя?

10. Принцип синхронного трёхфазного генератора?

11. Устройство синхронного трёхфазного генератора?

12. Как образуется вращающееся магнитное поле статора трёхфазного генератора?

13. Принцип работы асинхронного трёхфазного двигателя?

14. Скольжение ротора?

15. Принцип работы синхронного трёхфазного двигателя?

Контролируемые компетенции: ОК01, ОК20, ПК1.2, ПК 1.3, ПК3.2

Критерии оценивания:

1. Знание основных теорий, закономерностей и понятий, и их применение к практическому решению задач, в том числе, профессиональных: анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых и ролевых играх и т.п.);

– «2» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов менее 50%

– «3» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов от 50 до 69%

– «4» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов от 70 до 85%

– «5» баллов выставляется обучающемуся, если верных ответов от 85 до 100%

4.3 Комплект заданий для контрольных работ

Тема 2.1. Физические процессы в электрических цепях постоянного тока

Задание на контрольную работу № 1

Задачи №№ 1-10

Вычертить схему (рис. 1) с учетом данных табл. 2 для своего варианта. Определить эквивалентные емкости С, заряд Q батареи конденсаторов и энергию W, накопленную батареей.

Вычислить напряжение и заряд на каждом конденсаторе. Как изменятся найденные величины, если один из конденсаторов закоротить? Напряжение на зажимах цепи U, емкости конденсаторов взять из табл. 2.

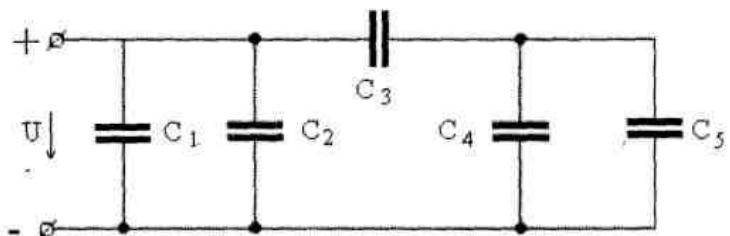


Рис. 1.

Таблица 2

№ задачи	U, В	C ₁ , мкФ	C ₂ , мкФ	C ₃ , мкФ	C ₄ , мкФ	C ₅ , мкФ	Закоротить конденсатор
1	150	10	20	30	60	-	C ₄
2	60	20	-	90	15	30	C ₃
3	150	15	15	30	20	40	C ₅
4	60	-	20	90	40	5	C ₃
5	150	20	10	30	-	60	C ₅
6	60	10	10	90	45	-	C ₄
7	150	30	-	30	10	50	C ₃
8	60	-	20	90	25	20	C ₅
9	150	-	30	30	30	30	C ₄
10	60	15	5	90	-	45	C ₃

Раздел 3. Электромагнетизм и магнитная индукция

Задание на Контрольную работу № 2

Вариант 1

Задача № 1

Цилиндрическая (прямая) катушка - см. рис. 15 - имеет число витков w , длину l ; намотана на текстолитовом каркасе. Ток в катушке I создает внутри катушки магнитное поле с напряженностью H и магнитной индукцией B .

Известные параметры катушки приведены в табл. 7. Определить неизвестные параметры, отмеченные в табл. 7 вопросительным знаком. Начертить катушку и, задавшись направлением тока в ней, показать векторы напряженности и магнитной индукции.

Таблица 7

Номера задач	I		w витков	l см	H А/м	B Тл
	A	в				
1	1,5		400	15	?	?
2	?		300	10	3000	?
3	1,3		?	18	?	$25 \cdot 10^{-4}$
4	?		400	25	2000	?
5	1,2		?	12	?	$62,8 \cdot 10^{-4}$

Рис 15

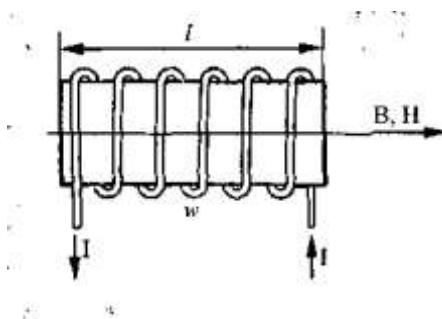
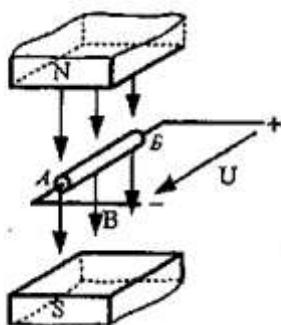


Рис. 16

Задача № 71 Проводник длиной l (рис. 13), обладающий сопротивлением R_0 , присоединен к зажимам источника питания с напряжением U и находится в однородном магнитном поле с индукцией B . В начальный момент в проводнике возникает ток I_0 , и в магнитном поле на него начинает действовать сила F_n (пусковой режим). Под действием силы F_n проводник начинает двигаться перпендикулярно магнитным силовым линиям со скоростью v , в нем возникает противоЭДС E . Ток в движущемся проводнике I , на него при этом действует сила F (рабочий режим).

Выполнить рисунок, показать на нем направление тока I , противоЭДС E , силы F и назвать правила, по которым определены направления этих величин.

Составить уравнение баланса мощностей цепи.



Обозначения величин и их единиц измерения	Номера задач				
	71	72	73	74	75
$I, \text{ см}$	35	30	20	60	?
$R_0, \text{ Ом}$	0,25	0,3	?	0,5	?
$U, \text{ В}$	5	6	1,6	7	3
$B, \text{ Т}$	0,9	?	?	1,2	1
$I_m, \text{ А}$?	?	?	?	?
$F_m, \text{ Н}$?	?	?	?	?
$v, \text{ м/с}$	12,7	16	5	8	12
$E, \text{ В}$?	4,8	?	?	?
$I, \text{ А}$?	?	20	?	10
$F, \text{ Н}$?	?	4,8	?	2

Тема 4.1. Однофазные электрические цепи синусоидального тока

Задание на контрольную работу № 3

Вариант 1

Задача 1.

В сеть переменного тока с частотой $f = 50$ Гц и напряжением $U = 120$ В последовательно включены катушка индуктивности с параметрами $R = 45$ Ом, $L = 287$ мГн и конденсатор емкостью $C = 106$ мкФ.

Определить полное сопротивление цепи Z , ток в цепи I .

Начертить электрическую схему цепи и построить в масштабе $m_U = 24$ В/см векторную диаграмму тока и напряжений.

Определить емкость конденсатора C rez, при которой в цепи возникнет резонанс напряжений. При резонансе построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 24$ В/см.

Задача 11.

Цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей, в которые включены активные сопротивления R , индуктивные и емкостные элементы (см. таблицу 6). Кроме того, задана еще одна дополнительная величина. Начертить электрическую схему цепи и определить следующие величины:

1. ток в неразветвленной части цепи I
2. коэффициент мощности $\cos\varphi$
3. активную мощность P
4. реактивную мощность Q
5. полную мощность S .

Начертить электрическую схему цепи и построить векторную диаграмму токов в масштабе m_I .

Определить емкость конденсатора C_o , при которой в цепи возникнет резонанс токов.

Таблица 6

№ задачи	Элементы первой ветви	Исходные данные		Масштаб m_I , А/см
		Элементы второй ветви	Дополнительные величины	
11	$R_1 = 40$ Ом, $X_{L1} = 30$ Ом	$R_2 = 15$ Ом, $X_{L2} = 20$ Ом	$U = 300$ В	2,4

Тема 4.2. Трехфазные электрические цепи

Задание на контрольную работу № 4

Задания 1-20 Расчет трехфазных цепей при соединении звездой

Для каждого варианта задано линейное напряжение сети.

Определить фазные токи, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и найти графически ток в нулевом проводе.

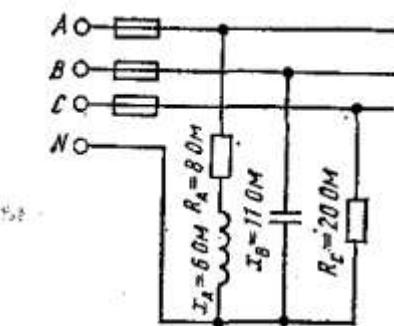


Рис. 1

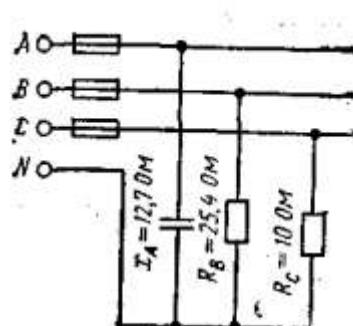


Рис. 2

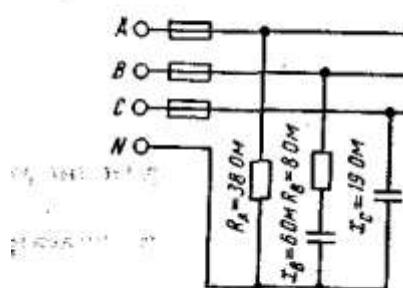


Рис. 3

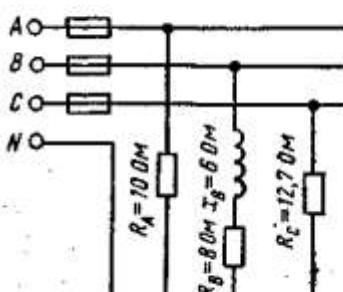


Рис. 4

По заданной векторной диаграмме для трехфазной цепи 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.

Таблица 1

Номер задания	Номер рисунка	$U_{\text{линей}}$ В	Номер задания	Номер рисунка	$U_{\text{линей}}$ В	Номер задания	Номер рисунка	$U_{\text{линей}}$ В
1	1	380	5	1	380	9	1	380
2	2	220	6	2	220	10	2	220
3	3	660	7	3	660			
4	4	220	8	4	220			

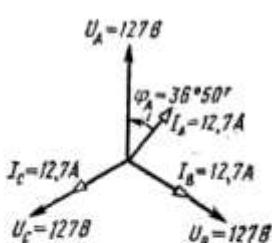


Рис. 5

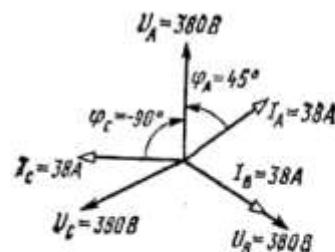


Рис. 6

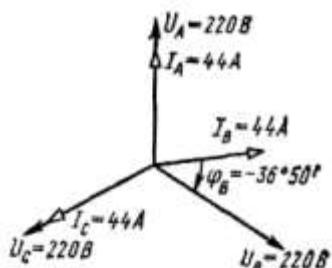


Рис. 7

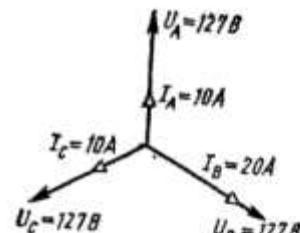


Рис. 8

Таблица 2

Номер задания	Номер рисунка	Номер задания	Номер рисунка	Номер задания	Номер рисунка
11	5	15	5	19	5
12	6	16	6	20	6
13	7	17	7		
14	8	18	8		

Задания 21-40 Расчет трехфазных цепей при соединении треугольником

По векторной диаграмме для трехфазной цепи определить характер нагрузки в каждой фазе, вычислить ее сопротивление, и начертить схему включения.

Нагрузка несимметричная, соединена в треугольник. Значения напряжений, фазных токов и углов сдвига фаз указаны на диаграмме.

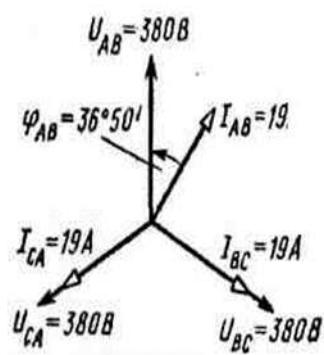


Рис. 9

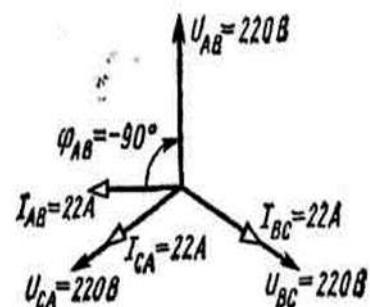


Рис. 10

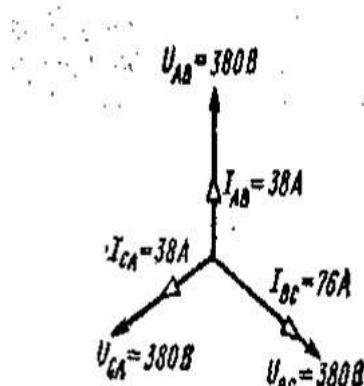


Рис. 11

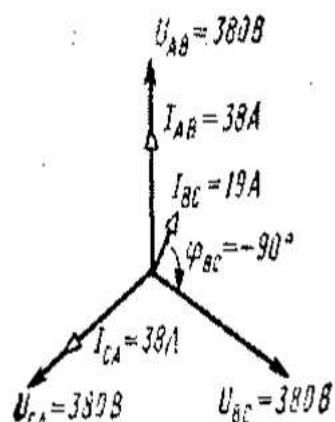


Рис. 12

Таблица 1

Номер задания	Номер рисунка	Номер задания	Номер рисунка	Номер задания	Номер рисунка
21	9	25	9	29	9
22	10	26	10	30	10
23	11	27	11		
24	12	28	12		

В трехфазную сеть включена треугольником несимметричная нагрузка. Линейное напряжение сети выбирается по варианту.

Определить фазные токи, углы сдвига фаз и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовые значения линейных токов.

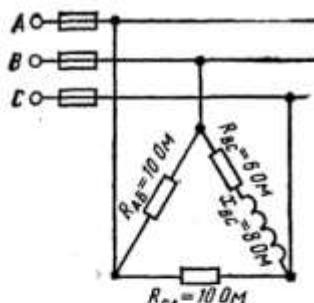


Рис. 13

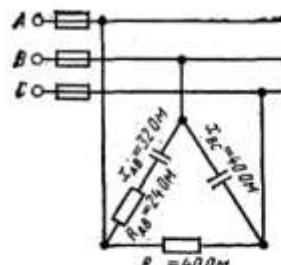


Рис. 14

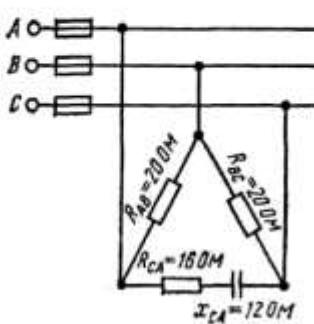


Рис. 15

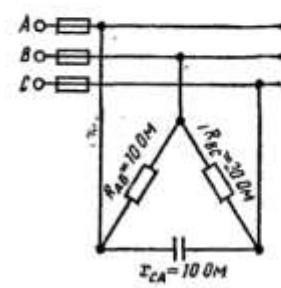


Рис. 16

Таблица 4

Номер задания	Номер рисунка	U _{ном} , В	Номер задания	Номер рисунка	U _{ном} , В	Номер задания	Номер рисунка	U _{ном} , В
31	13	220	35	13	220	39	13	220
32	14	660	36	14	660	40	14	660
33	15	660	37	15	660			
34	16	380	38	16	380			

Критерии оценивания:

- Сформированность практических умений, необходимых в последующем в профессиональной деятельности;
- Знание основных теорий, закономерностей и понятий, и их применение к практическому решению задач, в том числе, профессиональных: анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых и ролевых играх и т.п.);
- Закрепление навыков математических вычислений, расчетов.

- «2» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов менее 50%
- «3» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов от 50 до 69%
- «4» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов от 70 до 85%
- «5» баллов выставляется обучающемуся, если верных ответов от 85 до 100%

4.4 Тестовые задания

Раздел 1. Электростатика.

Вариант 1.

1. Расстояние между электрическими зарядами возросло в 3 раза. Как должны измениться величины зарядов q_1 и q_2 , чтобы сила взаимодействия между ними возросла в 9 раз?
 1. Увеличиться в 3 раза.
 2. Уменьшиться в 3 раза.
 3. Увеличиться в 9 раз.
 4. Уменьшиться в 9 раз
2. Какое из приведенных выражений позволяет определить энергию электрического поля?
 1. $W = CU^2$.
 2. $W = 2CU^2$.
 3. $W = CU^2/2$.
 4. $W = U^2/(2C)$.
3. Как изменится емкость плоского конденсатора, если площадь его пластин увеличить в 2 раза?
 1. Увеличится в 4 раза.
 2. Увеличится в 2 раза.
 3. Уменьшится в 2 раза.
 4. Уменьшится в 4 раза

Вариант 2.

1. Как называются силы взаимодействия между зарядами?
 1. Электромагнитные.
 2. Электрические.
 3. Электростатические.
 4. Силы Кулона
2. Как называется напряженность электрического поля, при которой наступает пробой диэлектрика?
 1. Напряжение пробоя.
 2. Запас прочности диэлектрика.
 3. Потенциал пробоя.
 4. Пробивная напряженность.
3. Как изменится емкость плоского конденсатора, если толщину его пластин увеличить в 2 раза?
 1. Увеличится в 4 раза.
 2. Увеличится в 2 раза.
 3. Уменьшится в 2 раза.
 4. Уменьшится в 4 раза.

Вариант 3.

1. Как называется сила, действующая на единичный неподвижный положительный заряд в данной точке поля?
 1. Напряжение.
 2. Напряженность электрического поля.
 3. Потенциальная электрическая сила.
 4. Сила Кулона
2. Как будет перемещаться положительный заряд, внесенный в электрическое поле?
 1. От точек с более низким потенциалом к точкам с более высоким потенциалом.

2. От точек с более высоким потенциалом к точкам с более низким потенциалом.
3. Вдоль силовых линий электрического поля.
4. Навстречу силовым линиям электрического поля.

3. Как изменится емкость плоского конденсатора, если расстояние между его пластинами уменьшить в 2 раза?

 1. Увеличится в 2 раза.
 2. Уменьшится в 2 раза.
 3. Увеличится в 4 раза.
 4. Уменьшится в 4 раза.

Раздел 2. Электрические цепи постоянного тока.

1. Определить полное сопротивление цепи при параллельном соединении потребителей, сопротивление которых по 10 Ом ?

а) 20 Ом	б) 5 Ом
в) 10 Ом	г) $0,2\text{ Ом}$
2. Два источника имеют одинаковые ЭДС и токи, но разные внутренние сопротивления. Какой из источников имеет больший КПД?

а) КПД источников равны.
б) Источник с меньшим внутренним сопротивлением.
в) Источник с большим внутренним сопротивлением.
г) Внутреннее сопротивление не влияет на КПД.
3. В электрической схеме два резистивных элемента соединены последовательно. Чему равно напряжение на входе при силе тока $0,1\text{ А}$, если $R_1 = 100\text{ Ом}$; $R_2 = 200\text{ Ом}$?

а) 10 В	б) 300 В
в) 3 В	г) 30 В
4. Какое из приведенных свойств не соответствует параллельному соединению ветвей?

а) Напряжение на всех ветвях схемы одинаковы.
б) Ток во всех ветвях одинаков.
в) Общее сопротивление равно сумме сопротивлений всех ветвей схемы
г) Отношение токов обратно пропорционально отношению сопротивлений на ветвях схемы.
5. Какие приборы способны измерить напряжение в электрической цепи?

а) Амперметры	б) Ваттметры
в) Вольтметры	г) Омметры
6. Какой способ соединения источников позволяет увеличить напряжение?

а) Последовательное соединение	б) Параллельное соединение
в) Смешанное соединение	г) Ни какой
7. В электрическую цепь параллельно включены два резистора с сопротивлением 10 Ом и 150 Ом . Напряжение на входе 120 В . Определите ток до разветвления.

а) 40 А	б) 20 А
в) 12 А	г) 6 А
8. Мощность двигателя постоянного тока $1,5\text{ кВт}$. Полезная мощность, отдаваемая в нагрузку, $1,125\text{ кВт}$. Определите КПД двигателя.

а) $0,8$	б) $0,75$
в) $0,7$	г) $0,85$
9. Какое из приведенных средств не соответствует последовательному соединению ветвей при постоянном токе?

а) Ток во всех элементах цепи одинаков.
б) Напряжение на зажимах цепи равно сумме напряжений на всех его участков.
в) напряжение на всех элементах цепи одинаково и равно по величине входному напряжению.
г) Отношение напряжений на участках цепи равно отношению сопротивлений на этих участках цепи.

10. Какими приборами можно измерить силу тока в электрической цепи?

- а) Амперметром
- б) Вольтметром
- в) Психрометром
- г) Ваттметром

11. Что называется электрическим током?

- а) Движение разряженных частиц.
- б) Количество заряда, переносимое через поперечное сечение проводника за единицу времени.
- в) Равноускоренное движение заряженных частиц.
- г) Порядочное движение заряженных частиц.

12. Расшифруйте аббревиатуру ЭДС.

- а) Электронно-динамическая система
- б) Электрическая движущая система
- в) Электродвижущая сила.
- г) Электронно действующая сила.

Раздел 3. Электромагнетизм и магнитная индукция.

№	Вопрос	Варианты ответов
1	В чём заключается сущность явления самоиндукции	А) в возникновении тока в катушке при изменении тока в соседней катушке Б) в возникновении ЭДС в проводнике под действием магнитного поля В) в возникновении ЭДС в катушке при изменении тока в ней Г) в образовании магнитного поля вокруг проводника с током
2	Магнитный поток обозначают буквой	А) В Б) I В) Ф Г) Н
3	Назначением трансформатора является	А) преобразование переменного тока в постоянный Б) преобразование частоты переменного тока В) преобразование энергии переменного тока из одного напряжения в другое Г) повышение мощности
4	Единицей магнитной индукции является	А) ампер · виток Б) ампер / метр В) вебер; Г) тесла.
5	Абсолютная магнитная проницаемость учитывает	А) влияние температуры Б) влияние среды В) влияние внешних сил Г) влияние внешнего поля

6	По правилу левой руки определяют	А) направление движения Б) направление главного удара В) направление электродвижущей силы Г) направление электромагнитной силы
7	По правилу буравчика определяют	А) направление электромагнитной силы Б) направление магнитных линий В) направление электродвижущей силы Г) нет верного ответа

Раздел 4.1 Однофазные электрические цепи синусоидального тока.

1. Полная потребляемая мощность нагрузки $S = 140$ кВт, а реактивная мощность $Q = 95$ кВАр.

Определите коэффициент нагрузки.

- а) $\cos\varphi = 0,6$ б) $\cos\varphi = 0,3$
в) $\cos\varphi = 0,1$ г) $\cos\varphi = 0,9$

2. При каком напряжении выгоднее передавать электрическую энергию в линии электропередач при заданной мощности?

- а) При пониженном б) При повышенном
в) Безразлично г) Значение напряжения утверждено ГОСТом

3. В электрической цепи переменного тока, содержащей только активное сопротивление R , электрический ток.

- а) Отстает по фазе от напряжения на 90° б) Опережает по фазе напряжение на 90°
в) Совпадает по фазе с напряжением г) Независим от напряжения.

4. Как изменится сдвиг фаз между напряжением и током на катушке индуктивности, если оба её параметра (R и X_L) одновременно увеличатся в два раза?

- а) Уменьшится в два раза б) Увеличится в два раза
в) Не изменится г) Уменьшится в четыре раза

5. В цепи синусоидального тока с резистивным элементом энергия источника преобразуется в энергию:

- а) магнитного поля б) электрического поля
в) тепловую г) магнитного и электрического полей

6. Конденсатор емкостью C подключен к источнику синусоидального тока. Как изменится ток в конденсаторе, если частоту синусоидального тока уменьшить в 3 раза.

- а) Уменьшится в 3 раза б) Увеличится в 3 раза
в) Останется неизменной г) Ток в конденсаторе не зависит от частоты синусоидального тока.

Тема 5.2 Электрические машины переменного тока.

1. Определите частоту вращения магнитного поля статора асинхронного короткозамкнутого двигателя, если число пар полюсов равна 1, а частота тока 50 Гц?

- а) 3000 об/м б) 1000 об/м
в) 1500 об/м г) 500 об/м

2. Почему магнитопровод статора асинхронного двигателя набирают из изолированных листов

электротехнической стали?

- а) Для уменьшения потерь на перемагничивание
 - б) Для уменьшения потерь на вихревые токи
 - в) Для увеличения сопротивления
 - г) Из конструкционных соображений

3.Что является вращающейся частью в асинхронном двигателе?

- а) Статор
в) Якорь

б) Ротор
г) Станица

4. Для преобразования какой энергии предназначены асинхронные двигатели?

- а) Электрической энергии в механическую
 - б) Механической энергии в электрическую
 - в) Электрическую энергию в тепловую
 - г) Механическую энергию во внутреннюю

Ключи к тестам:

Раздел 1. Электростатика

№ вопроса	1.	2.	3.
Правильный ответ Вариант 1	3	3	2
Правильный ответ Вариант 2	4	2	2
Правильный ответ Вариант 3	2	2	1

Раздел 2: Электрические цепи постоянного тока

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Правильный ответ	г	б	г	в	в	а	б	б	в	а	г	в

Раздел 3. Электромагнетизм и магнитная индукция.

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7
Правильный ответ	В	В	В	Г	Б	Г	Б

Раздел 4.1 Однофазные электрические цепи синусоидального тока.

№ вопроса	1	2	3	4	5	6
Правильный ответ	г	б	в	в	в	а

Тема 5.2 Электрические машины переменного тока.

№ вопроса	1	2	3	4
Правильный ответ	а	б	б	а

Контролируемые компетенции: ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2

Критерии оценивания:

- 1.Сформированность практических умений, необходимых в последующей в профессиональной деятельности;
- 2.Знание основных теорий, закономерностей и понятий, и их применение к практическому решению задач (в том числе, профессиональных: анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых и ролевых играх и т.п.);
3. Закрепление навыков математических вычислений, расчетов;

- «2» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов менее 50%
- «3» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов от 50 до 69%
- «4» балла выставляется обучающемуся, если верных ответов от 70 до 85%
- «5» баллов выставляется обучающемуся, если верных ответов от 85 до 100%

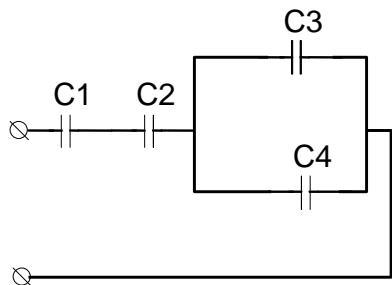
Таблица 3 - Форма информационной карты банка тестовых заданий

Наименование разделов	Всего ТЗ	Количество форм ТЗ				Контролируемые компетенции
		Открытого типа	Закрытого типа	На соответствие	Упорядочение	
Раздел 1. Электростатика	9		9			ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2
Раздел 2. Электрические цепи постоянного тока	12		12			ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2
Раздел 3. Электромагнетизм и магнитная индукция	7		7			ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2
Раздел 4. Электрические цепи переменного тока.	6		6			ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2
Раздел 5. Электрические машины	4		4			ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2

4.5 Решение задач (практических работ)

Задание №1

При расчете электростатических цепей применяют метод свертывания цепи. При этом определяют участки только последовательного или только параллельного соединения и используют соответствующие формулы.



Дано: $C_1 = 20 \text{ мкФ}$; $C_2 = 30 \text{ мкФ}$; $C_3 = 40 \text{ мкФ}$;
 $C_4 = 50 \text{ мкФ}$; $U = 100 \text{ В}$;
Найти $C_{\text{ЭКВ}}$, $U_1 - U_4$, $Q_1 - Q_4$

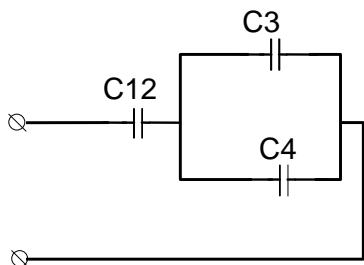
Эталон ответа

Решение

I Определяем эквивалентную емкость.

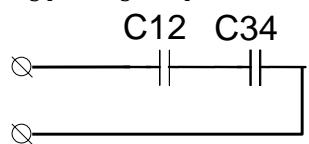
Рассмотрим исходную схему. Т.к. конденсаторы C_1 и C_2 соединены последовательно, то

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \text{ мкФ}$$

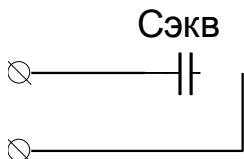


Из схемы №2 следует, что конденсаторы C_3 и C_4 соединены параллельно, значит

$$C_{34} = C_3 + C_4 = 40 + 50 = 90 \text{ мкФ}$$



Из схемы №3 следует, что конденсаторы C_{12} и C_{34} соединены последовательно, значит



$$C_{\text{ЭКВ}} = \frac{C_{12} \cdot C_{34}}{C_{12} + C_{34}} = \frac{12 \cdot 90}{12 + 90} = 10,6 \text{ мкФ}$$

II Определяем напряжение и заряд каждого конденсатора. Для этого двигаясь от самой простой схемы (4) к исходной (1) применяем все известные свойства.

Из схемы №4 следует, что

$$Q_{\text{ЭКВ}} = U \cdot C_{\text{ЭКВ}} = 100 \cdot 10,6 = 1060 \text{ мКл}$$

Из схемы №3 следует, что
 $Q_{12} = Q_{34} = Q_{ЭКВ} = 1060 \text{ мкКл}$

$$U_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{1060}{12} = 88,3 \text{ В}$$

$$U_{34} = \frac{Q_{34}}{C_{34}} = \frac{1060}{90} = 11,7 \text{ В}$$

Из схемы №2 следует, что

$$U_{34} = U_3 = U_4 = 11,7 \text{ В}$$

$$Q_3 = U_3 \cdot C_3 = 11,7 \cdot 40 = 468 \text{ мкКл}$$

$$Q_4 = U_4 \cdot C_4 = 11,7 \cdot 50 = 585 \text{ мкКл}$$

Из схемы №1 следует, что

$$Q_1 = Q_2 = Q_{12} = 1060 \text{ мкКл}$$

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1060}{20} = 53 \text{ В}$$

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{1060}{30} = 35,3 \text{ В}$$

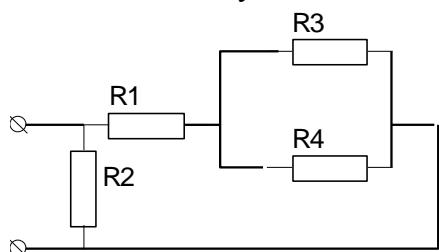
Ответ...

Критерии оценки

Отметка (оценка)	Процент верного решения задачи
5 (отлично)	86-100
4 (хорошо)	75-85
3 (удовлетворительно)	61-74
2 (неудовлетворительно)	0-60

Задание №2

Смешанное соединение приемников энергии представляет собой сочетание рассмотренных последовательного и параллельного соединений. Большое разнообразие этих соединений не позволяет вывести общую формулу для определения эквивалентного сопротивления цепи. В каждом конкретном случае нужно выделять участки, соединенные последовательно или параллельно, и по известным формулам заменять их эквивалентными сопротивлениями. Цепь постепенно упрощают и приводят к простейшему виду с одним сопротивлением. При этом токи и напряжения отдельных участков цепи определяют по закону Ома.



Дано: $R_1=20 \text{ Ом}$; $R_2=30 \text{ Ом}$; $R_3=40 \text{ Ом}$;

$R_4=50 \text{ Ом}$; $U=100 \text{ В}$;
Найти $R_{\text{ЭКВ}}$, $U_1 - U_4$, $I_1 - I_4$

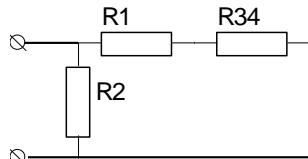
Эталон ответа

Решение

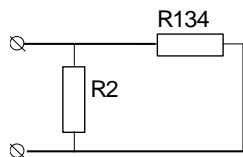
I Определяем эквивалентное сопротивление.

Рассмотрим исходную схему. Т.к. сопротивления R_3 и R_4 соединены параллельно, то

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{40 \cdot 50}{40 + 50} = 22,2 \text{ Ом}$$

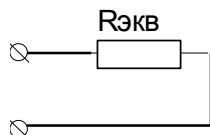


Из схемы №2 следует, что сопротивления R_1 и R_{34} соединены последовательно, значит $R_{134} = R_1 + R_{34} = 20 + 22,2 = 42,2 \text{ Ом}$



Из схемы №3 следует, что сопротивления R_2 и R_{134} соединены параллельно, значит

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_2 \cdot R_{134}}{R_2 + R_{134}} = \frac{30 \cdot 42,2}{30 + 42,2} = 17,5 \text{ Ом}$$



II Определяем напряжение и ток каждого сопротивления. Для этого двигаясь от самой простой схемы (4) к исходной (1) применяем все известные свойства.

Из схемы №4 следует, что

$$I_{\text{ЭКВ}} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{100}{17,5} = 5,7 \text{ А}$$

Из схемы №3 следует, что

$$U_2 = U_{134} = U_{\text{ЭКВ}} = 100 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{100}{30} = 3,3 \text{ А}$$

$$I_{134} = \frac{U_{134}}{R_{134}} = \frac{100}{42,2} = 2,4 \text{ А}$$

Из схемы №2 следует, что

$$I_{134} = I_1 = I_{34} = 2,4 \text{ А}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 2,4 \cdot 20 = 48 \text{ В}$$

$$U_{34} = I_{34} \cdot R_{34} = 2,4 \cdot 22,2 = 52 \text{ В}$$

Из схемы №1 следует, что

$$U_3 = U_4 = U_{34} = 52 \text{ В}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{52}{40} = 1,3 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{52}{50} = 1,1 \text{ A}$$

Ответ...

Критерии оценки

Отметка (оценка)	Процент верного решения задачи
5 (отлично)	86-100
4 (хорошо)	75-85
3 (удовлетворительно)	61-74
2 (неудовлетворительно)	0-60

Задание №3.

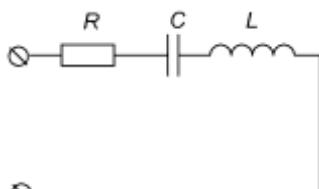


Рисунок 1

Дано: электрическая цепь (рис 1);
 $L=0,120 \text{ Гн}$; $C=370 \text{ мкФ}$; $R=25 \text{ Ом}$; $U=220 \text{ В}$.

Найти: X_L , X_C , I , P , Q , S , построить векторную диаграмму

Эталон ответа

Решение

Определяем индуктивное сопротивление

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,12 = 37,7 \text{ Ом}$$

Определяем емкостное сопротивление

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 370 \cdot 10^{-6}} = 8,6 \text{ Ом}$$

Определяем полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{25^2 + (37,7 - 8,6)^2} = 38,4 \text{ Ом}$$

Находим ток, протекающий по цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{38,4} = 5,73 \text{ А}$$

Находим активную мощность, потребляемую цепью

$$P = I^2 \cdot R = 5,73^2 \cdot 25 = 820,8 \text{ Вт}$$

Находим реактивную мощность, потребляемую цепью

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 5,73^2 \cdot (37,7 - 8,6) = 955,4 \text{ вар}$$

Находим полную мощность, потребляемую цепью

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 5,73 = 1260,6 \text{ ВА}$$

Строим векторную диаграмму. Для этого определяем падение напряжения на каждом сопротивлении, выбираем масштаб по току и напряжению и рассчитываем длины всех векторов.

$$U_A = I \cdot R = 5,73 \cdot 25 = 143,25 B$$

$$U_L = I \cdot X_L = 5,73 \cdot 37,7 = 216 B$$

$$U_C = I \cdot X_C = 5,73 \cdot 8,6 = 49,3 B$$

$$M_I = 1 \frac{A}{cm}; M_U = 20 \frac{B}{cm}$$

$$l_{U_A} = \frac{U_A}{M_U} = \frac{143,25}{20} = 7,2 cm$$

$$l_{U_L} = \frac{U_L}{M_U} = \frac{216}{20} = 10,8 cm$$

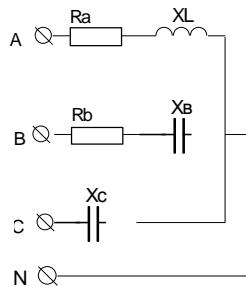
$$l_{U_C} = \frac{U_C}{M_U} = \frac{49,3}{20} = 2,5 cm$$

$$l_I = \frac{I}{M_I} = \frac{5,73}{1} = 5,73 cm$$

Критерии оценки

Отметка (оценка)	Процент верного решения задачи
5 (отлично)	86-100
4 (хорошо)	75-85
3 (удовлетворительно)	61-74
2 (неудовлетворительно)	0-60

Задание №4.



Дано: трехфазная четырехпроводная цепь

$$R_A = R_B = 50 \Omega; X_{LA} = X_{CB} = X_{CC} = 25 \Omega; U_L = 380 \text{ В.}$$

Найти: I_ϕ , P , Q , S , построить векторную диаграмму.

Эталон ответа

Решение

Определяем фазное напряжение

$$U_\phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 B$$

Определяем полное сопротивление каждой фазы

$$Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_A^2} = \sqrt{50^2 + 25^2} = 55,9 \Omega$$

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_B^2} = \sqrt{50^2 + 25^2} = 55,9 \Omega$$

$$Z_C = X_C = 25 \Omega$$

Определяем ток каждой фазы

$$I_A = \frac{U_\phi}{Z_A} = \frac{220}{55,9} = 3,94 A$$

$$I_B = \frac{U_\phi}{Z_B} = \frac{220}{55,9} = 3,94 A$$

$$I_C = \frac{U_\phi}{Z_C} = \frac{220}{25} = 8,8 A$$

Найдем активную мощность, потребляемую каждой фазой

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A = 3,94^2 \cdot 50 = 776,18 Bm$$

$$P_B = I_B^2 \cdot R_B = 3,94^2 \cdot 50 = 776,18 Bm$$

$$P_C = I_C^2 \cdot R_C = 3,94^2 \cdot 0 = 0 Bm$$

Найдем активную мощность, потребляемую всей трехфазной цепью

$$P = P_A + P_B + P_C = 776,18 + 776,18 + 0 = 1552,36 Bm$$

Найдем реактивную мощность, потребляемую каждой фазой

$$Q_A = I_A^2 \cdot X_A = 3,94^2 \cdot 25 = 388 var$$

$$Q_B = I_B^2 \cdot X_B = 3,94^2 \cdot 25 = 388 var$$

$$Q_C = I_C^2 \cdot X_C = 3,94^2 \cdot 25 = 388 var$$

Найдем реактивную мощность, потребляемую всей трехфазной цепью

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 388 + 388 + 388 = 1164 var$$

Найдем полную мощность, потребляемую каждой фазой

$$S_A = U_\phi \cdot I_A = 220 \cdot 3,94 = 866,8 BA$$

$$S_B = U_\phi \cdot I_B = 220 \cdot 3,94 = 866,8 BA$$

$$S_C = U_\phi \cdot I_C = 220 \cdot 8,8 = 1936 BA$$

Найдем полную мощность, потребляемую всей трехфазной цепью

$$S = S_A + S_B + S_C = 866,8 + 866,8 + 1936 = 3669,6 BA$$

Для построения векторной диаграммы необходимо:

1) Определить угол сдвига между током и напряжением в каждой фазе

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} = \frac{50}{55,9} = 0,89 \Rightarrow \varphi_A = \arccos \varphi_A = 27^\circ$$

$$\cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{50}{55,9} = 0,89 \Rightarrow \varphi_B = \arccos \varphi_B = 27^\circ$$

$$\cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C} = \frac{0}{25} = 0 \Rightarrow \varphi_C = \arccos \varphi_C = 90^\circ$$

2) Сформулировать основное соотношение для каждой фазы:

В фазе А ток отстает от напряжения по фазе на угол 27°

В фазе В ток опережает напряжение по фазе на 27°

В фазе С ток опережает напряжение по фазе на 90°

3) Выбрать масштаб по току и напряжению и определить длины всех векторов:

$$m_I = 1 \frac{A}{cm}; m_U = 50 \frac{B}{cm}$$

$$l_{U_\Phi} = \frac{U_\Phi}{M_U} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ см}$$

$$l_{I_A} = \frac{I_A}{M_I} = \frac{3,94}{1} = 3,94 \text{ см}$$

$$l_{I_B} = \frac{I_B}{M_I} = \frac{3,94}{1} = 3,94 \text{ см}$$

$$l_{I_C} = \frac{I_C}{M_I} = \frac{8,8}{1} = 8,8 \text{ см}$$

4) Строим векторную диаграмму.

5) Критерии оценки

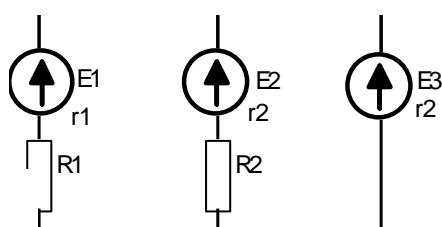
Отметка (оценка)	Процент верного решения задачи
5 (отлично)	86-100
4 (хорошо)	75-85
3 (удовлетворительно)	61-74
2 (неудовлетворительно)	0-60

Расчет электрических цепей постоянного тока.

Расчет сложных цепей методом законов Кирхгофа (узловых и контурных уравнений).

Для расчета сложной цепи необходимо составить систему уравнений в следующем порядке:

1. Количество уравнений в системе должно быть равно количеству неизвестных токов, причем количество неизвестных токов должно быть равно количеству ветвей в схеме;
2. Количество уравнений по первому закону Кирхгофа должно быть на единицу меньше количества узлов в схеме;
3. Недостающие уравнения в системе составляются по второму закону Кирхгофа.



Дано: $E_1=20 \text{ В}$; $E_2=40 \text{ В}$; $E_3=50 \text{ В}$;

$R_1=R_2=15 \text{ Ом}$; $r_1=r_2=r_3=5 \text{ Ом}$

Найти I_1, I_2, I_3 , составить уравнение баланса мощности.

Эталон ответа

Решение

I Расчет сложной цепи методом законов Кирхгофа.

Составим систему из трех уравнений, первое уравнение по первому закону Кирхгофа, два по второму, и решим полученную систему.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ E_1 - E_2 = I_1 \cdot (R_1 + r_1) - I_2 \cdot (R_2 + r_2) \\ E_2 - E_3 = I_2 \cdot (R_2 + r_2) - I_3 \cdot r_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ 20 - 40 = I_1 \cdot (15 + 5) - I_2 \cdot (15 + 5) \\ 40 - 50 = I_2 \cdot (15 + 5) - 5 \cdot I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ -20 = 20 \cdot I_1 - 20 \cdot I_2 \\ -10 = 20 \cdot I_2 - 5 \cdot I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ I_1 - I_2 = -1 \\ 4 \cdot I_2 - I_3 = -2 \end{cases}$$

В дальнейшем решении используем метод подстановки. Выразим через ток I_2 другие токи и подставим в первое уравнение.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ I_1 = I_2 - 1 \\ I_3 = 4 \cdot I_2 + 2 \end{cases}$$

$$I_2 - 1 + I_2 + 4 \cdot I_2 + 2 = 0$$

$$6 \cdot I_2 = -1$$

$$I_2 = -\frac{1}{6} = -0,17A$$

$$I_1 = -0,17 - 1 = -1,17A$$

$$I_3 = 4 \cdot (-0,17) + 2 = 1,34A$$

Отрицательное значение токов говорит о том, истинное направление токов противоположно выбранному.

Правильность решения можно проверить двумя способами: подставив полученные значения в первое уравнение системы или составить уравнение баланса мощности.

Баланс мощности: мощность, выделяемая всеми источниками должна быть равна мощности, потребляемой всеми приемниками энергии.

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

$$\sum P_{\text{ист}} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 = 20 \cdot (-1,17) + 40 \cdot (-0,17) + 50 \cdot 1,34 = 35,8 \text{ Вт}$$

$$\sum P_{\text{пр}} = I_1^2 \cdot (R_1 + r_1) + I_2^2 \cdot (R_2 + r_2) + I_3^2 \cdot r_3 = 1,17^2 \cdot 20 + 0,17^2 \cdot 20 + 1,34^2 \cdot 5 = 36,7 \text{ Вт}$$

Если баланс мощности сходится значит задача решена верно.

Расчет сложных цепей методом узлового напряжения

Рассмотрим решение на примере предыдущей задачи.

1. Определяем проводимость каждой ветви:

$$g_1 = \frac{1}{R_1 + r_1} = \frac{1}{15 + 5} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ См}$$

$$g_2 = \frac{1}{R_2 + r_2} = \frac{1}{15 + 5} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ См}$$

$$g_3 = \frac{1}{r_3} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ См}$$

2. Определяем узловое напряжение:

$$U = \frac{\sum E_N \cdot g_N}{\sum g_N} = \frac{E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2 + E_3 \cdot g_3}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{20 \cdot 0,05 + 40 \cdot 0,05 + 50 \cdot 0,2}{0,05 + 0,05 + 0,2} = 43,3 \text{ В}$$

3. Определяем токи ветвей:

$$I_1 = (E_1 - U) \cdot g_1 = (20 - 43,3) \cdot 0,05 = -1,17 \text{ А}$$

$$I_2 = (E_2 - U) \cdot g_2 = (40 - 43,3) \cdot 0,05 = -0,17 \text{ А}$$

$$I_3 = (E_3 - U) \cdot g_3 = (50 - 43,3) \cdot 0,2 = 1,34 \text{ А}$$

Ответ:

Критерии оценки

Отметка (оценка)	Процент верного решения задачи
5 (отлично)	86-100
4 (хорошо)	75-85
3 (удовлетворительно)	61-74
2 (неудовлетворительно)	0-60

Расчет цепи с несинусоидальными токами

Пример задачи с решением.

К электрической цепи приложено напряжение:

$$u(t) = 150 \sin \omega t + 50 \sin 3\omega t + 30 \sin 5\omega t, \text{ В}$$

Рассчитать мгновенные значения токов ветвей, найти их действующие значения, если $R=9$ Ом, $X_{L1}=5$ Ом; $X_{C1}=45$ Ом. Определить действующие значения несинусоидального напряжения, тока и активную мощность цепи.

Решение

Полное сопротивление цепи для первой, третьей и пятой гармоник тока:

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + (X_{L1} - X_{C1})^2} = \sqrt{9^2 + (5 - 45)^2} = 41 \text{ Ом};$$

$$Z_3 = \sqrt{R^2 + \left(3X_{L1} - \frac{X_{C1}}{3}\right)^2} = \sqrt{9^2 + \left(3 \cdot 5 - \frac{45}{3}\right)^2} = 9 \text{ Ом}$$

$$Z_5 = \sqrt{R^2 + \left(5X_{L1} - \frac{X_{C1}}{5}\right)^2} = \sqrt{9^2 + \left(5 \cdot 5 - \frac{45}{5}\right)^2} = 18,4 \text{ Ом}$$

Амплитудные значения гармоник тока определяют по закону Ома:

$$I_{1m} = \frac{U_{1m}}{Z_1} = \frac{150}{41} = 3,66 \text{ А};$$

$$I_{3m} = \frac{U_{3m}}{Z_3} = \frac{50}{9} = 5,55 \text{ А};$$

$$I_{5m} = \frac{U_{5m}}{Z_5} = \frac{30}{18,4} = 1,63 \text{ A};$$

Действующие значения токов находят по амплитудным:

$$I_1 = \frac{I_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{3,66}{1,41} = 2,59 \text{ A};$$

$$I_3 = \frac{I_{3m}}{\sqrt{2}} = \frac{5,55}{1,41} = 3,94 \text{ A};$$

$$I_5 = \frac{I_{5m}}{\sqrt{2}} = \frac{1,63}{1,41} = 1,16 \text{ A}$$

Действующее значение несинусоидального тока и напряжения:

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2} = \sqrt{2,59^2 + 3,94^2 + 1,16^2} = 4,85 \text{ A};$$

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2} = \sqrt{\left(\frac{U_{1m}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{U_{3m}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{U_{5m}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{\frac{U_{1m}^2 + U_{3m}^2 + U_{5m}^2}{2}} = \\ &= \sqrt{\frac{150^2 + 50^2 + 30^2}{2}} = 114 \text{ B.} \end{aligned}$$

Активная мощность $P = I^2 \cdot R = 4,85^2 \cdot 9 = 212 \text{ Вт.}$

4.6 Лабораторные и практические работы

Лабораторная работа № 1. Экспериментальная проверка закона Ома для участка электрической цепи.

Цель: опытным путем убедиться в справедливости закона Ома для участка цепи.

Оборудование и приборы: реостат, включенный по схеме потенциометра, регулируемый резистор, амперметр постоянного тока, вольтметр постоянного тока, соединительные

Содержание отчёта: схема включения приборов, таблицы с результатами измерений и расчетов, графики зависимости $I = f(U)$ при $R = \text{const}$ и $I = f(R)$ при $U = \text{const}$, выводы о справедливости закона Ома для участка цепи.

Лабораторная работа № 2. Исследование цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов.

Цель: опытным путем проверить основные соотношения между электрическими величинами в цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов.

Оборудование и приборы: пять резисторов с постоянным сопротивлением, потенциометр, шесть амперметров постоянного тока, вольтметр переносный постоянного тока, соединительные провода.

Содержание отчета: схема включения приборов, таблица с результатами измерений и расчетов, выводы о том, как влияет сопротивление резистора R_3 на напряжения и токи остальных участков цепи.

Практическое занятие № 1. Расчет линии по допустимой потере напряжения.

Цель занятия: Освоить способы расчета и выбора сечения проводов по допустимой потере напряжения.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий (плакат-схема для определения потери напряжения в проводах).
2. Дидактический материал (пример расчета сечения проводов по допустимой потере напряжения, таблицы исходных данных).

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчет тока установки.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Почему при передаче электроэнергии часть напряжения теряется?
2. Что такое потеря напряжения?
3. Что такое относительная потеря напряжения?
4. Каким образом можно уменьшить потери напряжения?

Практическое занятие № 2. Расчет линии по допустимому нагреву.

Цель занятия: Рассмотреть, почему необходимо осуществлять выбор проводов по допустимому нагреву.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.

2. Дидактический материал (пример расчета сечения проводов по допустимому нагреву, таблицы исходных данных).

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. По предлагаемой таблице, определить сечение проводов.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
 2. Исходные данные.
 3. Решение задачи.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
 5. Вывод по работе.
- Контрольные вопросы.
1. Какая температура называется установившейся?
 2. Какой ток называют допустимым?
 3. Что такое короткое замыкание?
 4. Каким образом защищают цепи от перегрузок?

Практическое занятие № 3. Расчет сложных электрических цепей методом узловых и контурных уравнений.

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь с помощью уравнений составленных с использованием первого и второго законов Кирхгофа.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Составить уравнение баланса мощностей.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.

1. Сформулировать законы Кирхгофа.
2. Пояснить их роль в расчете электрических цепей.

Практическое занятие № 4. Расчет сложных электрических цепей методом контурных токов.

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь методом контурных токов.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Составить уравнение баланса мощностей.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.

1. Что такое контурный ток?
2. Сравнить этот и предыдущий методы расчета и результаты.

Практическое занятие № 5. Расчет сложных электрических цепей методом узловых потенциалов.

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь методом узловых потенциалов.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Составить уравнение баланса мощностей.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.

1. Что такое узловой потенциал?
2. Сравнить этот и предыдущий методы расчета и результаты.

Практическое занятие № 6 Расчет сложных электрических цепей методом наложения.

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь методом наложения.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Составить уравнение баланса мощностей.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.

1. В чем состоит метод наложения?
2. Сравнить этот и предыдущий методы расчета и результаты.

Практическое занятие № 7. Расчет сложных электрических цепей методом эквивалентного генератора.

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь методом эквивалентного генератора.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Составить уравнение баланса мощностей.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.

1. В чем состоит метод эквивалентного генератора?
2. Сравнить этот и предыдущий методы расчета и результаты.

Практическое занятие №8. Расчет магнитной цепи.

Цель занятия: рассчитать неразветвленную неоднородную магнитную цепь.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.

1. Что такое магнитная цепь?
2. Напишите формулировку закона полного тока.
3. Какие материалы используются для магнитопроводов?
4. Чем отличаются однородные и неоднородные магнитные цепи?

Лабораторная работа № 3. Исследование параметров синусоидального напряжения (Тока).

Цель: опытным путем проверить основные параметры синусоидального переменного тока.

Оборудование и приборы: катушка индуктивности, амперметр переменного тока, вольтметр переменного тока, ваттметр переменного тока, соединительные провода.

Содержание отчета: схема включения приборов, таблица с результатами измерений и расчетов мгновенных значений напряжения и тока исследуемой цепи.

Лабораторная работа № 4 Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением резистора и катушки индуктивности.

Цель: опытным путем проверить основные свойства цепи переменного тока, обладающей активным сопротивлением и индуктивностью.

Оборудование и приборы: катушка индуктивности, амперметр переменного тока, вольтметр переменного тока, ваттметр переменного тока, соединительные провода.

Содержание отчета: схема включения приборов, таблица с результатами измерений и расчетов, векторные диаграммы токов и напряжений, треугольник сопротивлений, выводы о том, как влияет положение ферромагнитного сердечника в катушке на величины: L , X_L , Z , I , $\cos\phi$, P , Q , S .

Лабораторная работа № 5 Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением резистора и катушки индуктивности, резистора и конденсатора.

Цель: опытным путем проверить основные свойства цепи переменного тока с параллельным включением катушки индуктивности и конденсатора.

Оборудование и приборы: звуковой генератор, катушка индуктивности, конденсатор, три миллиамперметра, вольтметр переменного тока, соединительные провода.

Содержание отчета: схема включения приборов, таблицы с результатами измерений и расчетов, графики зависимостей I , Z , B_L , $B_C = f(f)$, векторные диаграммы токов и напряжения, свойства цепи при резонансе токов.

Практическое занятие № 9. Расчет электрических цепей переменного тока.

Цель работы: Научиться рассчитывать параметры однофазных цепей переменного тока.

Обеспеченность занятия:

1. Комплект учебно-наглядных пособий.
2. Дидактический материал.

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Контрольные вопросы.
 1. Как определить полное сопротивление цепи.
 2. Постройте треугольник сопротивлений.
 3. Постройте треугольник мощностей.

Лабораторная работа № 6. Исследование трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой.

Цель: практическим путем проверить соотношения между электрическими величинами в трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой.

Оборудование и приборы: три реостата с ограничителем R_A , R_B , R_C , четыре амперметра переменного тока, вольтметр переменного тока, выключатель, соединительные провода.

Содержание отчета: схема включения приборов, таблица с результатами измерений, векторная диаграмма токов и напряжений, расчеты, выводы о распределении напряжений и токов фаз при различной нагрузке, назначение нулевого провода.

Лабораторная работа № 7. Исследование трехфазной цепи при соединении приемников энергии треугольником.

Цель: практическим путем проверить соотношения между электрическими величинами в трехфазной цепи при соединении приемников энергии треугольником.

Оборудование и приборы: три реостата с ограничителем, шесть амперметров переменного тока, вольтметр переменного тока, соединительные провода.

Содержание отчёта: схема включения приборов, таблица с результатами измерений и расчётов, векторная диаграмма напряжений и токов, выводы о соотношении фазных и линейных напряжений и токов при симметричной и несимметричной нагрузках.

Практическое занятие № 10. Расчет несимметричных трехфазных цепей.

Цель занятия: Освоить способы расчета несимметричных трехфазных цепей при соединении потребителей звездой и треугольником.

Обеспеченность занятия: Дидактический материал (пример расчета несимметричных трехфазных цепей, таблицы исходных данных).

Работа на занятии.

1. Используя исходные данные, произвести расчеты.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи. Построение векторных диаграмм.
4. Ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы.

1. Как соединить потребителей звездой?
2. Роль нулевого провода при соединении звездой?
3. Как соединить потребителей треугольником?
4. В чем отличие симметричных и несимметричных трехфазных цепей.

Время на выполнение: ЛР и ПЗ — по 2 академических часа.

Контролируемые компетенции: ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2

Критерии оценки выполнения лабораторных работ и практических занятий:

<i>Оценка</i>	<i>Критерии</i>
5 «отлично»	Студент полностью выполнил задания, глубоко и полно овладел содержанием учебного материала, умеет связывать теорию с практикой, выполнять практические задачи, высказывать и обосновывать свои суждения. Грамотное, логичное изложение результатов работы, как в устной, так и в письменной форме. Качественное внешнее оформление.
4 «хорошо»	Студент полностью выполнил задания, полно освоил учебный материал, в полном объеме владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет знания для выполнения практических заданий, грамотно излагает ответ. При выполнении лабораторной работы, в письменном отчёте по работе, в содержании и форме ответа имеются отдельные неточности.
3 «удовлетворительно»	Студент имеет разрозненные, бессистемные умения и знания, не умеет выделять главное и второстепенное, неполно, непоследовательно выполняет задания и излагает материал, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения практических задач, не умеет доказательно обосновать свои действия и суждения.
2 «неудовлетворительно»	Студент имеет разрозненные, бессистемные умения и

	<p>знания, не умеет выделять главное и второстепенное, производит ошибочные непоследовательные действия при выполнении работы, допускает ошибки в определении понятий, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, не умеет применять знания к выполнению практических заданий.</p>
--	---

4.7. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Электрическое поле, его физическая сущность, силовые линии электрического поля. Абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, электрическая постоянная, относительная диэлектрическая проницаемость среды.
2. Напряженность электрического поля в заданной точке. Напряженность электрического поля нескольких точечных заряженных тел. Однородные и неоднородные поля.
3. Потенциал электрического поля в заданной точке. Эквипотенциальные поверхности, их примеры.
4. Электрическое напряжение. Зависимость между напряжением и напряженностью в однородном электрическом поле.
5. Проводники в электрическом поле. Электростатическая индукция.
6. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектрика, пробой, электрическая прочность.
7. Электрическая емкость одиночного проводника, единицы ее измерения. Плоский конденсатор, его основные технические параметры. Обозначение на схемах.
8. Последовательное соединение конденсаторов. Определение общей (эквивалентной) емкости батареи, зарядов и напряжений на отдельных конденсаторах.
9. Параллельное соединение конденсаторов. Определение общей (эквивалентной) емкости батареи, зарядов и напряжений на отдельных конденсаторах.
10. Смешанное соединение конденсаторов. Определение общей (эквивалентной) емкости батареи, зарядов и напряжений на отдельных конденсаторах.
11. Энергия электрического поля.
12. Электрическая цепь, ее элементы. Электрический ток, единица измерения тока. Плотность тока.
13. Электрическое сопротивление и проводимость, их единицы.
14. Расчетная формула сопротивления проводников. Зависимость сопротивления проводников от температуры. Линейные и нелинейные сопротивления, их обозначения на схемах и вольт-амперные характеристики.
15. Электродвижущая сила источников энергии, обозначение на схемах источников энергии. Закон Ома для участка цепи и для замкнутой цепи с одним источником энергии.
16. Неразветвленная цепь с несколькими источниками энергии. Закон Ома. Напряжение на зажимах источника энергии, работающего в режиме генератора и в режиме потребителя.
17. Потенциальная диаграмма неразветвленной цепи с несколькими источниками энергии.
18. Энергия и мощность электрического тока, единицы их измерения. Полная и полезная мощность. Условие получения максимальной полезной мощности. Электрический КПД источника энергии.
19. Цепь с последовательным соединением резисторов и ее расчет.
20. Первый закон Кирхгофа. Цепь с параллельным соединением резисторов и ее расчет.
21. Цепь со смешанным соединением резисторов и ее расчет.
22. Тепловое действие тока. Закон Ленца-Джоуля.
23. Практическое использование теплового действия. Защита от токов короткого замыкания.
24. Расчет сечения проводов двухпроводной линии электропередачи с нагрузкой на конце по допустимой потере напряжения.
25. Второй закон Кирхгофа. Сложные электрические цепи и методы их расчета.
26. Химические источники электрической энергии: кислотные и щелочные аккумуляторы. Принцип действия, обозначение на схемах; параметры.
27. Соединение химических источников электрической энергии в батарею. Последовательное, параллельное, смешанное соединение элементов.
28. Магнитное поле электрического тока, его графическое изображение. Правило буравчика. Формы магнитных полей.
29. Магнитное поле и его параметры: магнитная индукция, магнитный поток,

напряженность, магнитная проницаемость; их единицы измерения.

30. Магнитное напряжение. Закон полного тока. Применение закона полного тока для определения напряженности и индукции поля прямого проводника с током.

31. Магнитное поле цилиндрической и кольцевой катушек. Определение напряженности и индукции по закону полного тока.

32. Электромагнитная сила, действующая на проводник с током в магнитном поле. Взаимодействие токов, проходящих по параллельным проводам.

33. Действие магнитного поля на проводник с током. Практическое использование этого явления. Электромагнитная сила: определение величины и направления.

34. Действие магнитного поля на рамку с током. Принцип действия электродвигателя постоянного тока. Механическая мощность.

35. Намагничивание ферромагнитных материалов. Кривая намагничивания. Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов.

36. Циклическое перемагничивание, магнитный гистерезис, потери энергии от гистерезиса. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы; их применение

37. Понятие о расчете магнитных цепей.

38. Постоянные магниты, электромагниты. Энергия магнитного поля.

39. Явление электромагнитной индукции при движении проводника в магнитном поле. Величина и направление эдс.

40. Преобразование механической энергии в электрическую. Электрический генератор.

41. Вихревые токи, их практическое применение. Потери энергии от вихревых токов.

42. Правило Ленца. Явление самоиндукции, величина ЭДС самоиндукции. Бифилярная намотка.

43. Индуктивность. Единицы ее измерения. Индуктивность прямой и кольцевой катушек.

44. Явление взаимоиндукции. Величина и направление ЭДС взаимоиндукции.

45. Переменный ток. Определение. График тока. Мгновенное и максимальное значение переменного тока. Период, частота, их единицы измерения. Угловая частота тока. Диапазоны частот переменных токов, применяемых в технике.

46. Получение синусоидально изменяющейся ЭДС при вращении витка в магнитном поле. Волновая диаграмма эдс.

47. Уравнение мгновенного значения ЭДС. Зависимость частоты ЭДС от числа пар полюсов генератора и частоты вращения ротора. Угловая частота.

48. Фаза, начальная фаза, сдвиг фаз. Волновые диаграммы двух синусоидальных токов, не совпадающих по фазе; совпадающих по фазе и изменяющихся в противофазе.

49. Графическое изображение синусоидальных переменных ЭДС при помощи волновой и векторной диаграмм. Сложение переменных ЭДС и токов. Определение амплитуды и фазы суммарной ЭДС.

50. Среднее значение переменного тока за период и полупериод. Действующие значения тока, напряжения и ЭДС (без вывода). Коэффициент амплитуды. Коэффициент формы кривой. Измерение действующих значений ЭДС, напряжения и тока.

51. Цепь переменного тока с активным сопротивлением. Схема. Напряжение и ток в цепи. Волновые диаграммы тока и напряжения. Закон Ома для максимальных и действующих значений. Векторная диаграмма цепи. Средняя за период мощность цепи.

52. Индуктивность в цепи переменного тока. Схема цепи. Аналитические выражения тока, магнитного потока, ЭДС самоиндукции и напряжения цепи. Волновая и векторная диаграмма цепи. Закон Ома для действующих значений.

53. Индуктивное сопротивление цепи, его физический смысл. График зависимости индуктивного сопротивления от частоты. Энергетический процесс в цепи. Реактивная мощность в цепи, ее единицы измерения.

54. Цепь с емкостью. Схема. Аналитические выражения напряжения и тока в цепи. Волновая диаграмма цепи. Закон Ома. Векторная диаграмма. Емкостное сопротивление, его физический смысл, графическое изображение. Энергетический процесс в цепи. Реактивная

мощность, ее единицы измерения.

55. Параметры электрических цепей переменного тока: активное сопротивление, индуктивность, емкость; их особенности.

56. Последовательное соединение активного сопротивления и индуктивности. Схема цепи. Аналитическое выражение тока, активной и индуктивной составляющих напряжения. Векторная диаграмма цепи. Закон Ома. Коэффициент мощности.

54. Последовательное соединение двух катушек индуктивности. Схема цепи. Векторная диаграмма. Закон Ома. Полное сопротивление цепи. Полная, активная и реактивная мощности всей цепи. Определение коэффициента мощности катушек и всей цепи.

55. Последовательное соединение активного сопротивления и емкости. Схема цепи. Аналитические выражения тока и напряжений на отдельных участках цепи. Векторная диаграмма цепи. Закон Ома. Полное сопротивление цепи. Коэффициент мощности.

56. Последовательное соединение активного сопротивления, индуктивности и емкости. Схема цепи. Аналитические выражения тока и напряжений на участках цепи. Векторная диаграмма цепи. Закон Ома. Полное сопротивление цепи. Коэффициент мощности цепи.

57. Резонанс напряжений. Схема цепи. Условие возникновения резонанса напряжений. Векторная диаграмма цепи. Закон Ома. Сопротивление цепи. Напряжения на отдельных участках цепи. Применение явления резонанса напряжений в технике.

58. Последовательное соединение нескольких потребителей, обладающих активными, индуктивными и емкостными сопротивлениями. Схема цепи. Закон Ома. Расчет полного сопротивления цепи; активной, реактивной и полной мощности. Векторная диаграмма цепи.

59. Расчет цепи, состоящей из двух параллельных ветвей с активным и индуктивным сопротивлениями (две катушки индуктивности). Схема цепи. Векторная диаграмма токов. Определение токов ветвей и общего тока. Активная, реактивная и полная мощности цепи. Коэффициент мощности цепи.

60. Расчет цепи с параллельным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости. Схема цепи. Векторная диаграмма. Вычисление токов ветвей и общего тока.

61. Резонанс токов. Схема цепи. Условие возникновения резонанса токов. Векторная диаграмма. Свойство цепи при резонансе токов. Применение этого режима в технике.

62. Коэффициент мощности, его значение в энергетике страны. Способы его повышения.

63. Трехфазные цепи. Получение трех ЭДС, сдвинутых по фазе на 120° . Векторная и волновая диаграммы трех ЭДС.

64. Соединение обмоток генератора звездой. Векторная диаграмма напряжений. Соотношение между фазными и линейными напряжениями.

65. Соединение обмоток генератора треугольником. Векторная диаграмма напряжений. Соотношение между фазными и линейными напряжениями.

66. Соединение потребителей энергии звездой при симметричной нагрузке фаз. Схема. Векторная диаграмма напряжений и токов. Мощность цепи.

67. Соединение потребителей энергии звездой при несимметричной нагрузке фаз. Схема. Значение нулевого провода. Векторная диаграмма напряжений и токов. Мощность цепи.

68. Соединение потребителей энергии треугольником при симметричной нагрузке фаз. Схема. Фазные и линейные токи. Векторная диаграмма токов и напряжений. Мощность цепи.

69. Соединение потребителей энергии треугольником при несимметричной нагрузке фаз. Фазные и линейные токи. Векторная диаграмма токов и напряжений. Графическое определение линейных токов. Мощность цепи.

70. Вращающееся магнитное поле трехфазной системы. Принцип работы асинхронного двигателя.

71. Причины возникновения несинусоидальных напряжений и токов. Примеры возникновения несинусоидальных токов в технике связи. Выражение сложной периодической кривой при помощи постоянной составляющей, основной и высших гармоник.

72. Расчет цепи с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости при несинусоидальном напряжении на зажимах цепи. Расчет отдельных

гармоник. Действующие значения несинусоидального тока и напряжения. Мощность несинусоидального тока.

83. Влияние активного сопротивления, индуктивности и емкости на форму кривой тока при несинусоидальном напряжении. Резонансы отдельных гармонических составляющих.

84. Погрешности измерений и приборов. Определение погрешностей измерений. Поправка прибора.

85. Классификация электроизмерительных приборов по системам, степени точности и другим признакам.

86. Общая схема устройства электроизмерительного прибора непосредственной оценки; детали прибора.

87. Условные обозначения на шкалах приборов. Требования, предъявляемые к измерительным приборам.

88. Приборы магнитоэлектрической системы. Устройство, принцип действия, уравнение шкалы; достоинства, недостатки и область применения.

89. Приборы электромагнитной системы. Устройство, принцип действия, уравнение шкалы; достоинства, недостатки и область применения.

90. Приборы электродинамической системы. Устройство, принцип действия, уравнение шкалы; достоинства, недостатки и область применения.

91. Приборы ферродинамической системы. Устройство, принцип действия, уравнение шкалы; достоинства, недостатки и область применения. Измерение мощности.

92. Приборы электростатической системы. Устройство, принцип действия, уравнение шкалы; достоинства, недостатки и область применения.

93. Измерение тока. Расширение пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы по току. Шунты, их конструкция, схемы включения и расчет сопротивления.

94. Расширение пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы по напряжению. Добавочные резисторы, их конструкция, схема включения и расчет сопротивления. Измерение напряжения.

95. Измерение активной мощности в однофазных цепях переменного тока.

96. Измерение активной мощности в трехфазных цепях методом одного ваттметра.

97. Измерение активной мощности в трехфазных цепях методом двух ваттметров.

98. Измерение активной мощности в трехфазных цепях методом трех ваттметров. Трехфазный ваттметр.

99. Измерение активной мощности в цепях переменного тока с применением измерительных трансформаторов.

100. Однофазный индукционный счетчик, его устройство, принцип действия и схема соединения. Передаточное число счетчика, номинальная постоянная и погрешности.

101. Измерение активной энергии в однофазных цепях переменного тока.

102. Измерение активной энергии в трехфазных цепях.

103. Измерение коэффициента мощности в однофазных цепях переменного тока.

Электродинамический однофазный фазометр.

104. Устройство и назначение трансформаторов.

105. Принцип действия однофазного трансформатора, коэффициент трансформации.

106. Номинальные параметры трансформатора: мощность, напряжение, токи.

107. Потери и КПД трансформатора. Зависимость КПД от нагрузки.

108. Общие сведения о трехфазных трансформаторах.

109. Устройство трехфазного асинхронного двигателя.

110. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя.

111. Изменение направления вращения трехфазного асинхронного двигателя.

112. Общие сведения о свойствах трехфазного асинхронного двигателя и его применении.

113. Понятие об устройстве электрических машин постоянного тока.

114. Принцип действия генератора постоянного тока.

115. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.

116. Принцип действия электродвигателя постоянного тока.
117. Роль пускового реостата при пуске электродвигателей постоянного тока.
118. Регулирование частоты вращения и изменение направления вращения (реверсирование) двигателей постоянного тока.
119. Основные свойства и область применения электродвигателей постоянного тока.

Типовой экзаменационный билет

КУ – 54

ОТЖТ – структурное подразделение ОрИПС – филиала ПривГУПС

(наименование среднего специального учебного заведения)

Рассмотрено на заседании предметной (цикловой) комиссии «__» 20__ г. Председатель ПЦК <u>И.В. Бабкина</u>	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1 Электронная техника Группа _____ Семестр <u>IV</u>	УТВЕРЖДАЮ Руководитель структурного подразделения СПО (ОТЖТ) <u>П.А.Грачев</u> «__» 20__ г.
---	---	--

Оцениваемые компетенции: ОК 01, ОК 02, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 3.2**Критерии оценки:**

Часть А состоит из 7 теоретических вопросов, каждое правильное выполненное задание части А- 5 баллов, количество баллов за часть А – 35 баллов;

Часть В состоит из 1 расчетного задания, правильное выполненное задание части Б - 25 баллов;

Часть С состоит из теоретико-практического задания, правильно выполненное задание - 30 баллов;
Максимальное количество баллов- 90 баллов.

отметка (оценка)	количество правильных ответов в баллах	количество правильных ответов в %
5 (отлично)	79-90 баллов	86 -100
4 (хорошо)	78-69 баллов	76 - 85
3 (удовлетворительно)	68-56 баллов	61 - 75
2 (неудовлетворительно)	0-44 баллов	0 - 60

Время выполнения каждого задания и максимальное время на экзамен:

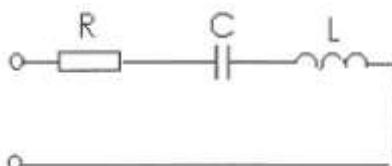
Часть А – 15 мин; часть В – 20 мин; часть С – 10 мин.

Всего на экзамен – 45 мин.

Часть А. Сформулируйте следующие определения:

- электрическая емкость проводника;
- электрическое сопротивление;
- магнитное поле;
- действующее значение переменного тока;
- трехфазная цепь;
- действующее значение несинусоидального тока;
- трансформатор.

Часть В. Решите задачу: Определить параметры цепи.

Дано: $U = 120 \text{ В}$; $R = 20 \text{ Ом}$; $X_C = 50 \text{ Ом}$; $X_L = 40 \text{ Ом}$ Найти: Z , I , P , Q , S , построить векторную диаграмму.**Часть С.** Назовите (опишите) измерительный прибор, предоставленный преподавателем, поясните для чего он используется и рассчитайте его цену деления.

Эталоны ответов

Часть А.

- Электрическая ёмкость — характеристика проводника, мера его способности накапливать электрический заряд. Для одиночного проводника ёмкость равна отношению заряда проводника к его потенциальному. В Международной системе единиц (СИ) ёмкость измеряется в фарадах.

$$c = \frac{Q}{\varphi}, \text{ где } Q — \text{ заряд, } \varphi — \text{ потенциал проводника.}$$

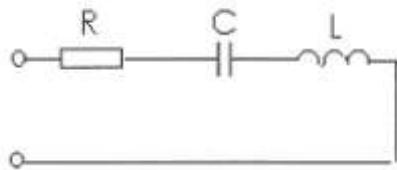
Ёмкость определяется геометрическими размерами и формой проводника и электрическими свойствами окружающей среды (её диэлектрической проницаемостью) и не зависит от материала проводника.

- Электрическое сопротивление — физическая величина, характеризующая свойства проводника препятствовать прохождению электрического тока
- Магнитное поле — это особый вид материи, который не обнаруживается органами чувств человека, создается вокруг намагниченных тел, движущихся электрических зарядов, проводников с током, и обнаруживается магнитной стрелкой.
- Действующее значение переменного тока — это значение такого эквивалентного постоянного тока, который за период в проводнике выделит столько же теплоты.
- Трёхфазная цепь — совокупность трех однофазных электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые друг относительно друга во времени на угол 120° .
- Действующее значение несинусоидального тока равно квадратному корню из действующих значений отдельных гармоник:

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots} = \sqrt{I_0^2 + \frac{1}{2}(I_{1m}^2 + I_{2m}^2 + \dots)},$$

- Трансформатор — это статический электромагнитный аппарат для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при неизменной частоте, принцип работы которого основан на явлении электромагнитной индукции.

Часть В.



Дано: $U = 120 \text{ В}$; $R = 20 \text{ Ом}$; $X_C = 50 \text{ Ом}$; $X_L = 40 \text{ Ом}$

Найти: Z , I , P , Q , S , построить векторную диаграмму.

Решение:

Определяем полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{20^2 + (50 - 40)^2} = 22,4 \text{ Ом}$$

Находим ток, протекающий по цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{120}{22,4} = 5,4 \text{ А}$$

Находим активную мощность, потребляемую цепью

$$P = I^2 \cdot R = 5,4^2 \cdot 20 = 583,2 \text{ Вт}$$

Находим реактивную мощность, потребляемую цепью

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 5,4^2 \cdot (50 - 40) = 291,6 \text{ Вар}$$

Находим полную мощность, потребляемую цепью

$$S = U \cdot I = 120 \cdot 5,4 = 648 \text{ ВА}$$

Строим векторную диаграмму. Для этого определяем падение напряжения на каждом сопротивлении, выбираем масштаб по току и напряжению и рассчитываем длины всех векторов.

$$U_A = I \cdot R = 5,4 \cdot 20 = 108B$$

$$U_L = I \cdot X_L = 5,4 \cdot 50 = 270B$$

$$U_C = I \cdot X_C = 5,4 \cdot 40 = 216B$$

$$M_I = 1 \frac{A}{cm}; M_U = 40 \frac{B}{cm}$$

$$l_{U_A} = \frac{U_A}{M_U} = \frac{108}{40} = 2,7cm$$

$$l_{U_L} = \frac{U_L}{M_U} = \frac{270}{40} = 6,8cm$$

$$l_{U_C} = \frac{U_C}{M_U} = \frac{216}{40} = 5,4cm$$

$$l_I = \frac{I}{M_I} = \frac{5,4}{1} = 5,4cm$$

Часть С.

Предоставленный прибор называется амперметром. Амперметр - это прибор, используемый для измерения тока в цепи. Электрический ток измеряется в амперах, отсюда и название. В электрической цепи амперметр соединяется последовательно с нагрузкой, а при больших токах — через трансформатор тока, магнитный усилитель или шунт. Амперметр обычно имеет низкое сопротивление, поэтому он не вызывает значительного падения напряжения в измеряемой цепи.

По конструкции амперметры делятся на следующие виды:

- со стрелочной измерительной головкой без электронных схем;
- со стрелочной измерительной головкой с использованием электронных схем;
- с цифровым индикатором.

Для того, чтобы определить цену деления любого измерительного прибора, независимо от того, что им измеряют, можно воспользоваться следующим общим правилом: необходимо подсчитать количество делений между двумя цифрами на шкале прибора и разделить разницу между значениями цифр на количество делений. Результатом этого действия и будет цена деления шкалы прибора.

Необходимо помнить, что при переключении предела измерения прибора, значение полной шкалы прибора равно значению установленного предела измерения.

Данный амперметр измеряет силу тока до 2 А. Шкала прибора содержит 5 больших делений, каждое из которых разделено еще на 10 делений. Таким образом, цена большого деления шкалы амперметра равна $\frac{2}{5} = 0,4$ А, цена наименьшего деления амперметра равна $\frac{2}{50} = 0,04$ А.