Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
информационных технологий и
автоматизированных систем
_____ А.В. Зимин
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехника. Общая часть

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
(направленность (профиль): «Автоматизированные системы управления технологическими процессами и производствами»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: daba56d7b892efca3bf5c04ed0251c98b19b099c
Владелец: Директор ИИТиАС Зимин Алексей Валерьевич
Действителен: с 15 января 2025 г. по 10 апреля 2026 г.
Дата и время: 29-05-2025 11:50:10 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– развитие знаний электромагнитных явлений и процессов, рассмотренных в курсе физики, в направлении знакомства с современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей и процессов, протекающих в них;
– ознакомление с современными методами экспериментального исследования электрических и магнитных цепей в современных электротехнических и электронных устройствах.

Задачами учебной дисциплины являются:

– формирование базовых знаний современной теории электрических цепей и электромагнитных полей;;
– приобретение навыков расчёта параметров электрических и магнитных цепей, анализа режимов работы электротехнических и электронных устройств.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Математика.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Технические средства автоматизации и управления;
– Монтаж и наладка систем автоматизации;
– Основы электроники;
– Технические измерения и приборы.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
	ОПК-1: Применять естественнонаучные	ОПК-1.1 Понимает теоретические	– знать: законы электрических и

	и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	основы математических, естественных и общеинженерных наук	магнитных цепей, особенности режимов трехфазных цепей, методы анализа нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных и переменных токах.. – уметь: рассчитывать электрические цепи на базе современных методов и прикладных программ, экспериментально определять характеристики и параметры схем замещения основных элементов электротехнических устройств .
		ОПК-1.2 Использует естественнонаучные и общеинженерные знания и методы для решения практических задач	– знать: основные положения расчета электрических и магнитных цепей . – уметь: анализировать и объяснять явления и процессы в электрических и магнитных цепях.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		*ИТОГО*	*3 семестр*
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***144***	*144*
	зачетных единиц	***4***	*4*
Лекции, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***51***	*51*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***45***	*45*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Электрическая цепь и ее элементы;

Тема 1.1 Физические основы электротехники. Пассивные элементы электрической цепи: резистивный элемент, индуктивный элемент, ёмкостный элемент – их характеристики и параметры. Источники энергии, их характеристики и параметры. Соотношения между напряжением и током в элементах;

Тема 1.2 Величины, характеризующие синусоидальный ток. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме; Цепь синусоидального тока с сопротивлением, с индуктивностью, с ёмкостью. Комплексное сопротивление. Последовательное соединение сопротивления, индуктивности и емкости. Треугольники напряжений и сопротивлений. Проводимости цепи синусоидального тока. Треугольники токов и проводимостей. Мощности цепи синусоидального тока. Треугольник мощностей;

Тема 1.3 Расчёт цепей синусоидального тока с одним источникам питания: последовательное, параллельное, смешанное соединение приёмников. Векторные диаграммы. Мощности. Методы расчёта цепей синусоидального тока с несколькими источниками энергии: метод уравнений Кирхгофа, метод контурных токов, метод наложения, метод узловых потенциалов;

Тема 1.4 Резонанс в последовательном колебательном контуре, условие резо-нанса напряжений. Резонансная частота. Характеристическое сопротивление, добротность. Частотные характеристики. Резонансные кривые, полоса пропускания.

Параллельный колебательный контур, векторная диаграмма. Условие резонанса токов. Резонансная частота;

Раздел 2 Магнитные цепи;

Тема 2.1 Индуктивно-связанные элементы в электрической цепи. Магнитные потоки самоиндукции и взаимной индукции. ЭДС взаимоиндукции, напряжение и сопротивление взаимной индуктивности. Коэффициент связи индуктивно-связанных катушек. Комплексное сопротивление взаимной индуктивности. Последовательное соединение индуктивно-связанных катушек. Согласное и встречное включение;

Тема 2.2 Характеристики ферромагнитных материалов. Магнитная цепь. Ос-новные понятия и законы магнитных цепей. Аналогия между магнит-ными цепями и электрическими цепями с нелинейными элементами;

Раздел 3 Трехфазные электрические цепи;

Тема 3.1 Трёхфазный источник питания. Порядок следования фаз. Схемы со-единения трехфазных цепей (звездой и треугольником); основные определения и соотношения. Симметричные режимы в трехфазных цепях. Расчёт симметричных режимов работы трёхфазных электрических цепей;

Тема 3.2 Расчёт несимметричных режимов работы трёхфазных электрических цепей. Роль нулевого провода. Мощности трехфазной цепи при сим-метричных и несимметричных режимах.

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лекций**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Электрическая цепь и ее элементы		
Тема 1.1.	Физические основы электротехники. Пассивные элементы электриче-ской цепи: резистивный элемент, индуктивный элемент, ёмкостный элемент – их характеристики и параметры. Источники энергии, их ха-рактеристики и параметры. Соотношения между напряжением и током в элементах	2	
Тема 1.2.	Величины, характеризующие синусоидальный ток. Законы Ома и Кирхгофа в	2	

	комплексной форме; Цепь синусоидального тока с сопротивлением, с индуктивностью, с ёмкостью. Комплексное сопротивление. Последовательное соединение сопротивления, индуктивности и емкости. Треугольники напряжений и сопротивлений. Проводимости цепи синусоидального тока. Треугольники токов и проводимостей. Мощности цепи синусоидального тока. Треугольник мощностей		
Тема 1.3.	Расчёт цепей синусоидального тока с одним источникам питания: последовательное, параллельное, смешанное соединение приёмников. Векторные диаграммы. Мощности. Методы расчёта цепей синусоидального тока с несколькими источниками энергии: метод уравнений Кирхгофа, метод контурных токов, метод наложения, метод узловых потенциалов	2	
Тема 1.4.	Резонанс в последовательном колебательном контуре, условие резо-нанса напряжений. Резонансная частота. Характеристическое сопро-тивление, добротность. Частотные характеристики. Резонансные кривые, полоса пропускания. Параллельный колебательный контур, векторная диаграмма. Условие резонанса токов. Резонансная частота	2	

Раздел 2.	Магнитные цепи		
Тема 2.1.	Индуктивно-связанные элементы в электрической цепи. Магнитные потоки самоиндукции и взаимной индукции. ЭДС взаимоиндукции, напряжение и со-противление взаимной индуктивности. Коэффициент связи индуктивно-связанных катушек. Комплексное сопротивление взаимной индуктивности. Последовательное соединение индуктивно-связанных катушек. Согласное и встречное включение	2	
Тема 2.2.	Характеристики ферромагнитных материалов. Магнитная цепь. Ос-новные понятия и законы магнитных цепей. Аналогия между магнит-ными цепями и электрическими цепями с нелинейными элементами	2	
Раздел 3.	Трехфазные электрические цепи		
Тема 3.1.	Трёхфазный источник питания. Порядок следования фаз. Схемы соединения трехфазных цепей (звездой и треугольником); основные определения и соотношения. Симметричные режимы в трехфазных цепях. Расчёт симметричных режимов работы трёхфазных электрических цепей;	2	
Тема 3.2.	Расчёт несимметричных режимов работы трёхфазных электрических цепей. Роль нулевого провода. Мощности трехфазной цепи при симметричных и несимметричных режимах	2	

Итого:	**16**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Расчет цепей постоянного тока	2	
Раздел 1.	Расчет однофазных цепей переменного тока	4	
Раздел 1.	Расчет четырехполюсников	2	
Раздел 2.	Расчёт магнитных цепей	2	
Раздел 3.	Расчёт трёхфазных электрических цепей	6	
Итого:		**16**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Исследование цепи синусоидального тока	4	
Раздел 1.	Резонансные явления в электрической цепи	4	
Раздел 2.	Исследование цепей переменного тока с индуктивно- связанными катушками	4	
Раздел 3.	Исследование цепи трехфазного тока при соединении нагрузки звездой	4	
Итого:		**16**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме

			практической подготовки
Раздел 1.	1. Выполнение домашнего задания; 2. Изучение лекционного материала; 3. Оформление отчета по лабораторной работе; 4. Подготовка к лабораторной работе; 5. Подготовка к практическому занятию; 6. Прохождение тестирования.	18	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета по лабораторной работе; 3. Подготовка к лабораторной работе; 4. Подготовка к практическому занятию; 5. Прохождение тестирования.	15	
Раздел 3.	1. Выполнение домашнего задания; 2. Изучение лекционного материала; 3. Оформление отчета по лабораторной работе; 4. Подготовка к лабораторной работе; 5. Подготовка к практическому занятию; 6. Прохождение тестирования.	18	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	45	
Итого:		**96**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-1	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе; 2. Домашнее задание; 3. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 4. Наблюдение за работой на практическом занятии;

		5. Отчет о лабораторной работе; 6. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-1	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе; 2. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Отчет о лабораторной работе; 5. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-1	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе; 2. Домашнее задание; 3. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 4. Наблюдение за работой на практическом занятии; 5. Отчет о лабораторной работе; 6. Тестовые задания
Экзамен.	ОПК-1	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО «Moodle».

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 минута).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
18 до 20	«отлично»
от 16 17	«хорошо»
от 14 до 15	«удовлетворительно»
менее 13	«неудовлетворительно»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

- 14 – 20 баллов – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;
- 10 – 13 баллов – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;
- менее 13 баллов – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе; домашнее задание; наблюдение за работой на лабораторной работе; наблюдение за работой на практическом занятии; отчет о лабораторной работе; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию домашнего задания

Домашнее задание – это самостоятельная форма учебной деятельности обучающегося, которая осуществляется без непосредственного руководства и контроля со стороны педагогического работника, но по его поручению.

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный ответ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– использование при ответе требований нормативных документов, учебной литературы (обязательное условие);

– использование графических элементов с целью выделения особо значимой информации: таблиц, схем, рисунков и т.п.

Критерии оценки домашнего задания

Наименование параметра оценки	Оценка
Обучающийся выполнил задание в полном объёме; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; обнаруживает понимание материала; может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно.	отлично
Обучающийся выполнил задание, удовлетворяющее тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает несколько незначительных ошибок.	хорошо
Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке ответа; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.	удовлетворительно
Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений или ответа в целом, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному	неудовлетворительно

Наименование параметра оценки	Оценка
освоению последующего материала.	

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на лабораторном занятии

Наблюдение за работой на лабораторном занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на лабораторном занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении лабораторной работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на лабораторном занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание;	1,25

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
проявляет активность при выполнении лабораторной работы.	
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.5 Рекомендации по оцениванию отчета о лабораторной работе

Оформление отчета о проделанной лабораторной работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

Критерии оценки отчета о лабораторной работе:

– правильность выполнения работы (учитывается полнота отчета о лабораторной работе, наличие всех необходимых данных, наличие выводов, наличие ошибок и неточностей);

– аккуратность оформления отчета о лабораторной работе.

Критерии оценки отчета о лабораторной работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Отчет о лабораторной работе содержит все необходимые данные и выводы.	2,5
Отчет о лабораторной работе не содержит ошибок и неточностей.	1,25
Отчет о лабораторной работе оформлен аккуратно.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.6 Рекомендации по оцениванию в процессе собеседования при защите отчета о лабораторной работе

Подготовку к защите отчета о лабораторной работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы. Вопросы для подготовки к защите отчета о лабораторной работе представлены в методических указаниях к лабораторным занятиям.

Критерии оценки устных ответов на вопросы при защите отчета о лабораторной работе:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Критерии оценки устных ответов обучающихся на вопросы при защите отчета о лабораторной работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Излагает материал последовательно и правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания.	2,5
Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные.	1,25
Рационально использует время, отведенное на ответ; устный ответ не затянут во времени.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 1. Электрические цепи : учебник для вузов / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 831 с. – ISBN 978-5-534-10731-9. – URL: https://urait.ru/bcode/495129 (дата обращения: 06.04.2025);

2 Новожилов, О. П. Электротехника (теория электрических цепей) : учебник для вузов. В 2 ч. Часть 1 / О. П. Новожилов. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 643 с. – ISBN 978-5-534-04038-8. – URL: https://urait.ru/bcode/490862 (дата обращения: 06.04.2025);

3 Основы теоретической электротехники : учебное пособие / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Е. Б. Соловьева [и др.]. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 592 с. – ISBN 978-5-8114-0781-1. – URL: https://e.lanbook.com/book/210227 (дата обращения: 06.04.2025);

4 Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие для вузов / Г. И. Атабеков ; составители О. И. Бабошко, И. С. Маркова. – 10-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 592 с. – ISBN 978-5-8114-7104-1. – URL: https://e.lanbook.com/book/155669 (дата обращения: 06.04.2025);

5 Сборник задач по основам теоретической электротехники : учебное пособие / под редакцией Ю.А. Бычкова [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 400 с. – ISBN 978-5-8114-1157-3. – URL: https://e.lanbook.com/book/210608 (дата обращения: 06.04.2025);

6 Основы теории цепей : учебник для вузов / Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В Нетушил, С. В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. –

URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– ABBYY FineReader;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Mathcad;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (лабораторных работ), оснащенную специальными электротехническими стендами;

- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Составитель(и):

доцент Кузнецова Елена Степановна (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Руководитель проектов отдела по внедрению АСУ ТП РИЦ АСУТП «Сибирь ООО «ЕвразТехника» должность, степень, звание представителя работодателя		Д. Г. Чудинов инициалы, фамилия

Приложение

1 Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1 Единицей измерения величины магнитного потока является:

а) Вебер; б) Вольт; в) Генри; г) Кулон.

2 Единицей измерения величины электрического заряда является:

а) Генри; б) Вольт; в) Вебер; г) Кулон.

3 Единицей измерения величины тока является:

а) Ом; б) Вольт; в) Ампер; г) Сименс.

4 Как записывается первый закона Кирхгофа?

а) $I = \frac{U}{R}$; б) $\sum_{k=1}^{n} U_k = \sum_{k-1}^{n} E_k$; в) $\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$; г) $W = R \cdot I^2 \cdot t$.

5 Как записывается второй закона Кирхгофа?

а) $I = \frac{U}{R}$; б) $W = R \cdot I^2 \cdot t$; в) $\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$; г) $\sum_{k=1}^{n} U_k = \sum_{k-1}^{n} E_k$.

6 Какой из проводов одинакового диаметра и длины сильнее нагревается при одном и том же токе: медный или алюминиевый?

а) медный; б) алюминиевый; в) оба провода нагреваются одинаково.

7 Чему будет равно напряжение на каждой из десяти одинаковых ламп накаливания, соединенных последовательно, если на входе цепи действует напряжение U=220В?

а) 220В; б) 110 В; б) 22В.

8 Три резистора сопротивлением $R_1 = 20\,Ом$, $R_2 = 40\,Ом$, $R_3 = 50 Ом$ соединены параллельно. Чему будет равен ток на входе цепи, если U=200В?

а) 4А; б) 5А; в) 10А; г) 19А.

9 Два резистора соединены последовательно: $R_1 > R_2$. В каком сопротивлении выделится бo'льшая мощность?

а) в R_1; б) в R_2; в) мощности равны.

\

10 Индуктивности характеризуется … характеристикой.

а) вольт-амперной; б) вебер-амперной; в) кулон-вольтной.

11 Два резистора соединены параллельно: $R_1 > R_2$. В каком сопротивлении будет бo'льший ток?

а) в R_1; б) в R_2; в) токи равны.

12 Ёмкость характеризуется … характеристикой.

а) кулон - вольтной; б) вебер - амперной; в) вольт - амперной.

13 При параллельном соединении двух сопротивлений (R_1 и R_2) справедлива формула:

а) $R_{1,2} = R_1 + R_2$; б) $R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$; в) $R_{1,2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$.

14 Два резистора соединены параллельно: $R_1 = 4\,\text{Ом};\ R_2 = 6\,\text{Ом}$. Ток неразветвлённого участка цепи: I = 5А. Чему равен ток в резисторе R_1?

а) 5А; б) 4А; в) 3А; г) 2А.

15 Два резистора с сопротивлениями $R_1 = 30\,\text{Ом}$ и $R_2 = 20\,\text{Ом}$ соединены последовательно. Напряжение на входе: U = 100В. Чему равно напряжение на резисторе R_1?

а) 100В; б) 60В; в) 50В; г) 40В.

16 Материал, который не пропускает электрический ток называется

а) диод

б) диэлектрик

в) ферромагнетик

г) провод

17 Какие приборы способны измерить напряжение в электрической цепи?

а) Амперметры

б) Ваттметры

в) Вольтметры

г) Омметры

18 Укажите формулу для определения закона Джоуля-Ленца

а) I=U/R

б) Σ IR=Σ E

в) Σ I=0

г) $P=I^2R$

19 Единицы измерения напряжения

а) Ампер

б) Вольт

в) Ом
г) Сименс

20 Единицы измерения сопротивления
а) Ампер
б) Вольт
г) Ом
д) Сименс

Раздел 1 Электрическая цепь и ее элементы

1.1 Тестирование по результатам освоения самостоятельной работы

Перечень вопросов для тестирования:

1 Цепь синусоидального тока с ёмкостью С описывается уравнением:

а) $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{-j \cdot X_C};$

б) $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{j \cdot X_C};$

в) $P = X_C \cdot I^2;$

г) $Q = 0.$

2 Угол сдвига фаз в цепи синусоидального тока при последовательном соединении элементов определится по формуле:

а) $\varphi = arctg \frac{X_L + X_C}{R};$

б) $\varphi = arctg \frac{X_L - X_C}{R};$

в) $\varphi = \arccos \frac{X_L - X_C}{R}.$

3 По какой формуле можно определить активную проводимость ветви цепи синусоидального тока с сопротивлением $R \quad u \quad X_L$?

а) $G = \frac{R^2}{R^2 + X_L^2};$

б) $G = \frac{R}{R^2 + X_L^2};$

в) $G = \dfrac{R}{R + X_L};$

г) $G = \dfrac{R}{R^2 - X_L^2}.$

4 Угол сдвига фаз в цепи синусоидального тока при параллельном соединении приёмников определится по формуле:

а) $\varphi = arctg\dfrac{B_L + B_C}{G};$

б) $\varphi = arctg\dfrac{B_L - B_C}{G};$

в) $\varphi = arctg\dfrac{B_L - B_C}{R}.$

5 Чему будет равен модуль полного сопротивления цепи синусоидального тока с элементами: R = 30 Ом, X_L = 20 Ом и X_C = 60 Ом?

а) $Z = 50\ \text{Ом};$

б) $Z = 60\ \text{Ом};$

в) $Z = 70\ \text{Ом};$

г) $Z = 110\ \text{Ом}.$

6 Чему будет равно действующее значение тока при подключении сопротивления (R = 80 Ом) и ёмкости (с реактивным сопротивлением X_C = 60 Ом) к источнику синусоидального напряжения (U = 140 В)?

а) $I = 1\ A;$

б) $I = 1,4\ A;$

в) $I = 5\ A;$

г) $I = 7\ A.$

7 Закон изменения тока во времени: $i(t) = 4\sqrt{2} \cdot Sin(\omega \cdot t), \text{А}$. По какому закону тогда изменяется напряжение на ёмкости (X_C = 40 Ом)?

а) $u_C(t) = 160\sqrt{2} \cdot Sin(\omega \cdot t - 90^\circ), \text{В};$

б) $u_C(t) = 160 \cdot Sin(\omega \cdot t - 90^\circ), \text{В};$

в) $u_C(t) = 160 \cdot \sqrt{2} \cdot Sin(\omega \cdot t), \text{В};$

г) $u_C(t) = 160 \cdot \sqrt{2} \cdot Sin(\omega \cdot t + 90^\circ), \text{В}.$

8 Для цепи синусоидального тока при параллельном соединении двух приёмников справедлива формула:

а) $\underline{Z}_{1,2} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2$;

б) $\underline{Z}_{1,2} = \dfrac{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$;

в) $\underline{Z}_{1,2} = \dfrac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}$;

г) $I = I_1 + I_2$.

9 Как запишется мгновенное значение напряжения, если комплексное действующее значение напряжения равно: $\dot{U} = (50 + j \cdot 50)\,B$?

а) $u(t) = 100 \cdot Sin(\omega t + 45^{\circ})B$;

б) $u(t) = 50 \cdot \sqrt{2} \cdot Sin(\omega t + 45^{\circ})B$;

в) $u(t) = 100 \cdot Sin(\omega t)B$;

г) $u(t) = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot Sin(\omega\, t + 45^{\circ})B$.

10 Чему равен модуль комплексного сопротивления цепи, содержащей активное сопротивление R и ёмкость C?

а) $\sqrt{R^2 + \left(\dfrac{1}{\omega C}\right)^2}$;

б) $R - \dfrac{1}{\omega C}$;

в) $\sqrt{R^2 + (\omega C)^2}$;

г) $\sqrt{R^2 - \left(\dfrac{1}{\omega C}\right)^2}$.

11 Для электрической цепи синусоидального тока известны законы изменения напряжения и тока $u(t) = 200 \cdot Sin(\omega t - 30^{\circ})B$; $i(t) = 2 \cdot Sin(\omega t - 90^{\circ})A$. Определить активную мощность в цепи.

а) $P = 50\ Bm$;

б) $P = 100\ Bm$;

в) $P = 200\ Bm$;

г) $P = 400\ Bm$.

12 Чему будет равно действующее значение тока при подключении катушки индуктивности ($R_к$ = 30 Ом и X_L = 40 Ом) к источнику синусоидального напряжения, если U = 210 В ?

а) $I = 7\ A$;

б) $I = 5{,}025\ A$;

в) $I = 4{,}2\ A$;

г) $I = 3\ A$.

13 Комплексное действующее значение напряжения $\dot{U} = 80 \cdot e^{j \cdot 30^{\circ}}$. Как запишется закон изменения напряжения во времени?

а) $u(t) = \frac{80}{\sqrt{2}} \cdot Sin\left(\omega \cdot t + 30^{\circ}\right), \text{В};$

б) $u(t) = 80 \cdot Sin\left(\omega \cdot t + 30^{\circ}\right), \text{В};$

в) $u(t) = 80\sqrt{2} \cdot Sin\left(\omega \cdot t + 30^{\circ}\right), \text{В};$

г) $u(t) = 80 \cdot \sqrt{2} \cdot Sin\left(\omega \cdot t\right), \text{В}.$

14 Чему будет равно действующее значение напряжения при подключении сопротивления (R = 120 Ом) и ёмкости (с реактивным сопротивлением X_C = 160 Ом) к источнику синусоидального тока (I = 0,5 А)?

а) $U = 60\ B$;

б) $U = 80\ B$;

в) $U = 100\ B$;

г) $U = 140\ B$.

15 Какое соотношение характеризует связь между током и напряжением для резистивного элемента?

а) $u_R(t) = \frac{i(t)}{R};$

б) $u_R(t) = R \cdot i(t);$

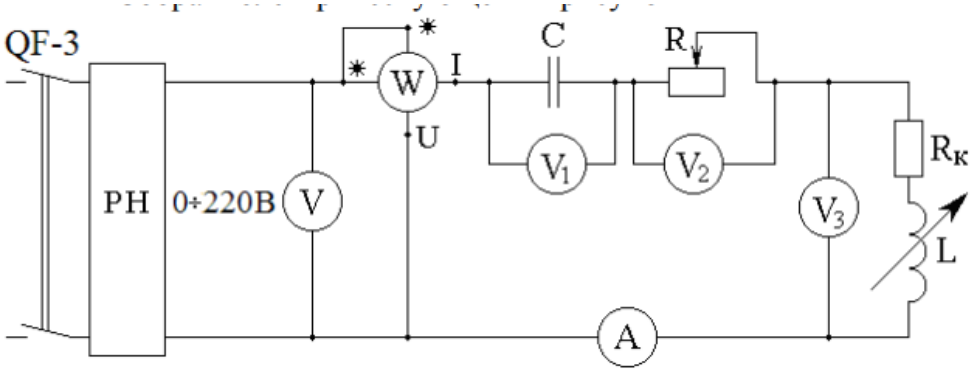
в) $u_R(t) = R \cdot i^2(t);$

г) $i(t) = R \cdot u_R(t).$

1.2 Выполнение лабораторных работ

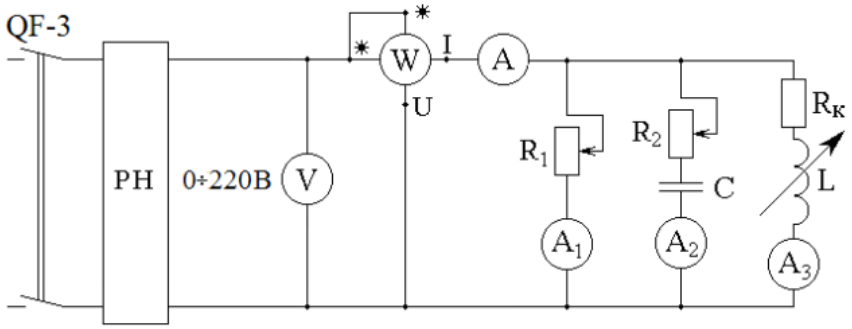
Задания для лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к лабораторным работам.

Задание для лабораторной работы «Исследование цепи синусоидального тока»



По экспериментальным данным рассчитать параметры элементов схемы при последовательном соединении.

Построить в масштабе векторные диаграммы напряжений для двух режимов. Построить треугольники сопротивлений для двух режимов. Построить треугольники мощностей для двух режимов.



По экспериментальным данным рассчитать параметры элементов схемы при параллельном соединении.

Построить в масштабе векторные диаграммы токов для двух режимов.

Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе

1. Как зависят индуктивное и ѐмкостное сопротивления от частоты переменного тока?
2. Как зависит индуктивное сопротивление катушки от еѐ индуктивности?
3. Как зависит ѐмкостное сопротивление конденсатора от его ѐмкости?
4. Как определить модуль комплексного сопротивления участка

цепи (Z), содержащего сопротивление, индуктивность и ѐмкость?

5. Как определить комплексное сопротивление цепи (Z) по известным активному, индуктивному и ѐмкостному сопротивлениям?

6. Как по известным активному и реактивному сопротивлениям ветви найти ее активную и реактивную проводимости?

7. Как определить угол сдвига фаз для цепи с последовательным соединением активного, индуктивного и ѐмкостного сопротивлений?

8. Как сдвинуты друг относительно друга векторы тока и напряжения в реальной катушке индуктивности? Как определить для катушки угол сдвига фаз?

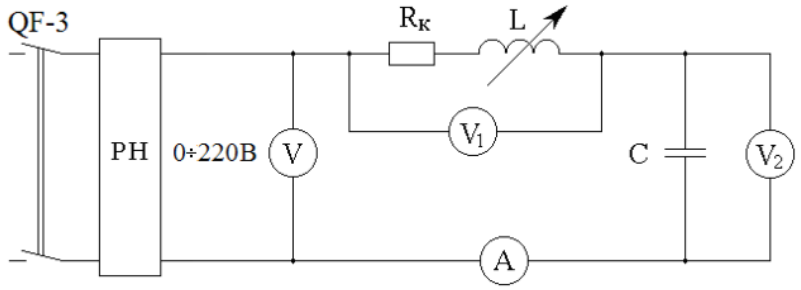
9. Как определить угол сдвига фаз для цепи с параллельным соединением ветвей?

10. В каких пределах может изменяться угол сдвига фаз для ветви и для всей электрической цепи?

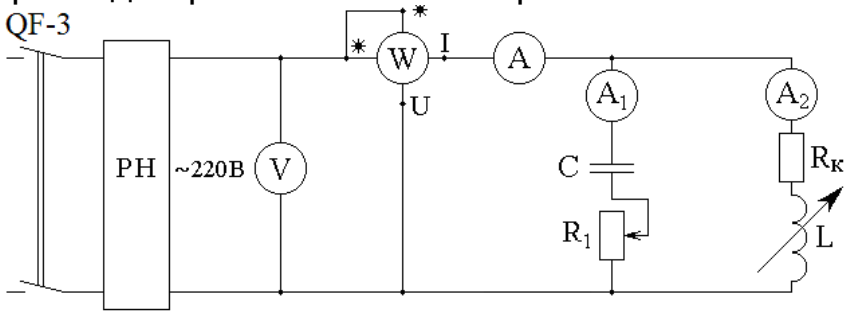
11. Почему сумма показаний вольтметров на участках цепи рисунка 1.1 не равна показанию вольтметра входного напряжения?

12. Почему сумма показаний амперметров всех параллельных ветвей цепи не равна показанию амперметра в ветви с источником энергии?

Задание для лабораторной работы «Резонансные явления в электрической цепи»



Получить для электрической цепи режим резонанса (резонанс напряжений). Для этого выполнить следующее: изменяя индуктивность вариометра добиться в электрической цепи максимального значения тока (по амперметру); уточнить полученный режим резонанса в цепи, проверив выполнение соотношения для напряжений в цепи. По результатам измерений построить в масштабах на комплексной плоскости векторные диаграммы токов и напряжений.



Получить для электрической цепи режим резонанса (резонанс токов). Для этого, изменяя индуктивность вариометра, добиться в электрической цепи равенства полной и активной мощностей. По результатам измерений построить в масштабах на комплексной плоскости векторные диаграммы токов и напряжений.

Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе

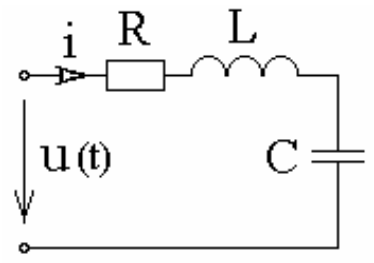
1. Что является условием возникновения резонанса напряжений?
2. Как определится резонансная частота резонанса напряжений?
3. Почему резонансное явление в цепи, изображенное на рисунке 2.1 называется резонансом напряжений?
4. Почему при резонансе напряжений ток в электрической цепи имеет максимальное значение?
5. Почему напряжение на катушке в последовательной цепи при резонансе напряжений оказывается больше напряжения на конденсаторе?
6. При каком условии напряжения на индуктивности и ѐмкости при резонансе напряжений будут больше напряжения на входе цепи?
7. Как запишется закон Ома для электрической цепи? Чему равно полное сопротивление цепи в случае резонанса?
8. Что такое добротность резонансного контура, как она определяется? Какой физический смысл имеет добротность контура?
9. Что такое характеристическое сопротивление резонансного контура, как оно определяется?
10. Что является условием возникновения резонанса токов?
11. Почему резонансный режим в цепи, изображенной на рисунке называется резонансом токов?
12. Почему режим резонанса для электрической цепи рисунка можно определить по равенству полной и активной мощностей?

1.3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

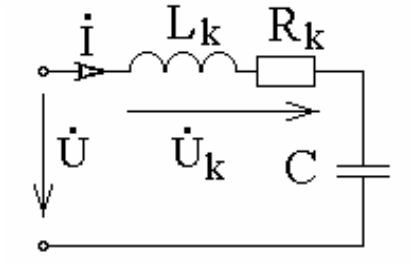
Примеры задач для практических занятий.

1.



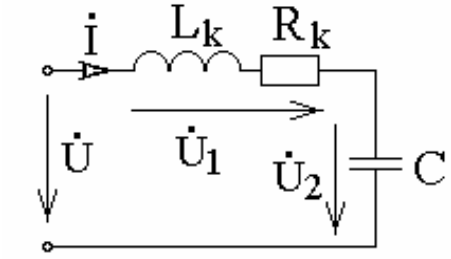
Дано: f = 50 Гц ; P = 100 Вт ; $\varphi = -30^{\circ}$;
R = 4 Ом ; C = 318 мкФ.
Определить: U, I, L, Q, S.
Построить векторную диаграмму.

2.



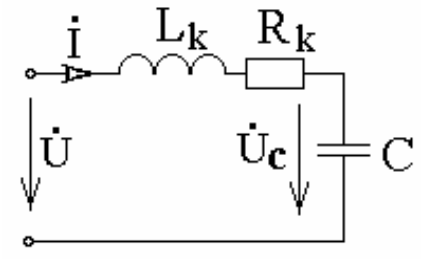
Дано: f = 50 Гц ; U_K = 282,8 В ; $\varphi = -60^{\circ}$;
L_K = 159,2 мГн ; R_K = 50 Ом .
Определить: U, I, C, P, Q, S.
Построить векторную диаграмму.

3.



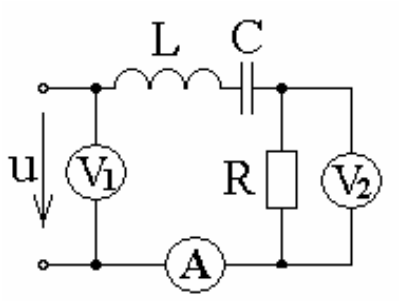
Дано: f = 50 Гц ; $\varphi = 0^{\circ}$;
U_1 = 100 В ; U_2 = 60 В ; I = 2 А .
Определить: U, R_K , L_K , C , P.
Построить векторную диаграмму.

4.



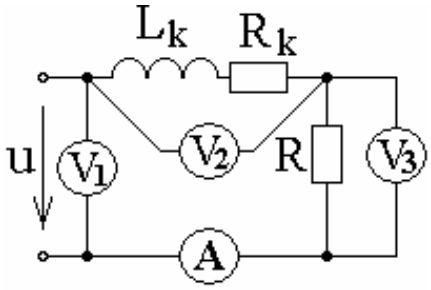
Дано: f = 50 Гц ; U_C = 100 В ;
$\varphi = 60^{\circ}$; P = 125 Вт ;
C = 127,3 мкФ .
Определить: U, I, R_K , L_K , Q.
Построить векторную диаграмму.

5.



Дано: f = 50 Гц ; U_2 = 40 В ;
L = 63,7 мГн ;
R = 8 Ом ; C = 122,4 мкФ .
Определить: U_1, I, L , P , Q ,S .
Построить векторную диаграмму.

6.



Дано: f = 50 Гц ; U_1 = 220 В ;
U_2 = 138 В ; U_3 = 110 В ; R = 22 Ом .
Определить параметры катушки индуктивности:
R_K, L_K , ток I . Построить векторную диаграмму.

Раздел 2 Магнитные цепи

2.1 Тестирование по результатам освоения самостоятельной работы

Перечень вопросов для тестирования:

1 Какое соотношение справедливо для цепи синусоидального тока с последовательным соединением двух индуктивно-связанных катушек при согласном (“С ”) включении?

а) $L_C = L_1 + L_2 - 2 \cdot M$;

б) $L_C = L_1 + L_2 + 2 \cdot M$;

в) $L_C = L_1 + L_2 + M$.

2 По какой формуле определится коэффициент связи двух индуктивно-связанных катушек с собственными индуктивностями L_1 и L_2 и взаимной индуктивностью M ?

а) $k = \frac{M}{L_1 + L_2};$

б) $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 + L_2}};$

в) $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}};$

г) $k = \frac{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}{M}.$

3 Какой метод расчёта сложных электрических цепей недопустимо применять к расчёту цепей с индуктивно-связанными элементами?

а) метод уравнений Кирхгофа;

б) метод контурных токов;

в) метод узловых потенциалов;

г) метод наложения.

4 Какое соотношение справедливо для цепи синусоидального тока с последовательным соединением двух индуктивно-связанных катушек при встречном включении (“В”)?

а) $L_B = L_1 + L_2 - 2 \cdot M;$

б) $L_B = L_1 + L_2 + 2 \cdot M;$

в) $L_B = L_1 + L_2 - M.$

5 В каких пределах изменяется коэффициент связи двух индуктивно-связанных катушек M ?

а) $0 \le k < 1;$

б) $1 \le k < 2;$

в) $k > 1;$

г) $0 \le k < 2.$

6 Какое соотношение справедливо для цепи синусоидального тока с последовательным соединением двух индуктивно-связанных катушек при согласном (“С ”) и встречном включениях (“В”)?

а) $X_C - X_B = X_M;$

б) $X_C - X_B = 2 \cdot X_M;$

в) $X_C - X_B = 4 \cdot X_M;$

г) $Z_C < Z_B.$

7 Комплексное сопротивление взаимной индуктивности определится по формуле.

а) $\underline{Z}_M = j \cdot f M;$

б) $\underline{Z}_M = j \cdot \omega M;$

в) $\underline{Z}_M = 2\pi f M;$

г) $\underline{Z}_M = j \cdot \frac{1}{\omega M}.$

8 Магнитное напряжение участка магнитной цепи запишется:

а) $\mathrm{U_M = R_M \cdot I};$

б) $\mathrm{U_м = R_M \cdot H};$

в) $\mathrm{U_м = R_м \cdot B};$

г) $\mathrm{U_м = R_м \cdot \Phi}.$

9 С учётом допущений, принимаемых для магнитной цепи: ($\Phi_\sigma = 0;\ B_k = Const$) для участка магнитной цепи магнитный поток Φ и магнитная индукция B связаны соотношением:

а) $\Phi = \mathrm{W \cdot B};$

б) $\Phi = \frac{B}{S};$

в) $\Phi = \mathrm{S} \cdot B;$

г) $\Phi = \square \cdot B.$

10 Абсолютная магнитная проницаемость ферромагнетика определится:

а) $\mu_a = \frac{B}{\Phi};$

б) $\mu_a = \frac{B}{F};$

в) $\mu_a = \frac{B}{H};$

г) $\mu_a = \frac{\mu}{\mu_0}.$

11 Статическое сопротивление нелинейного резистивного элемента определится:

а) $R_{cm} = \frac{\Delta U}{\Delta I};$

б) $R_{cm} = \frac{dU}{dI};$

в) $R_{cm} = \frac{\Delta I}{\Delta U}.$

12 Для магнитного сопротивления участка магнитной цепи справедливо соотношение:

а) $R_M = \frac{\square}{\mu_a \cdot S}$;

б) $R_M = \frac{1}{\mu_a \cdot \square \cdot S}$;

в) $R_M = \mu_a \frac{\square}{S}$;

г) $R_M = \frac{S}{\mu_a \cdot \square}$.

13 Как запишется второй закон Кирхгофа для магнитной цепи?

а) $\sum_{k=1}^{\infty} H_k \cdot \square_k = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$;

б) $\sum_{k=1}^{\infty} B_k \cdot \square_k = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$;

в) $\sum_{k=1}^{\infty} H_k \cdot S_k = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$

14 Магнитно-движущая сила катушки F с постоянным током I и числом витков W определится:

а) $F = \frac{I}{W}$;

б) $F = W^2 \cdot I$;

в) $F = W \cdot I^2$;

г) $F = W \cdot I$.

15 Как запишется первый закон Кирхгофа для магнитной цепи?

а) $\sum_{k=1}^{\infty} B_k = 0$;

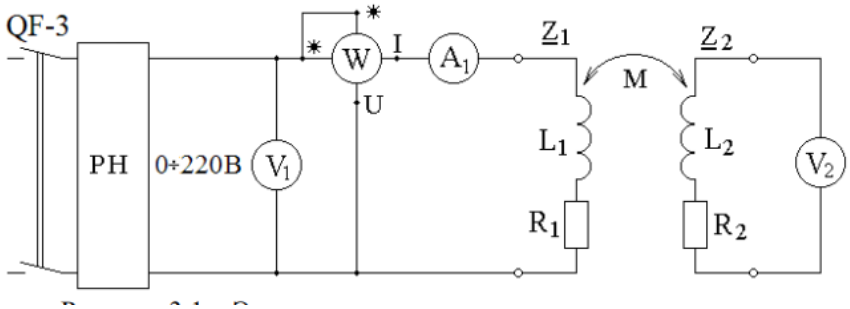
б) $\sum_{k=1}^{\infty} \Phi_k = 0$;

в) $\sum_{k=1}^{\infty} H_k = 0$.

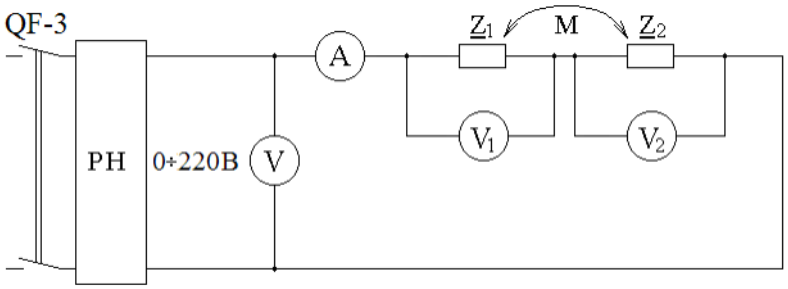
2.2 Выполнение лабораторных работ

Задания для лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к лабораторным работам.

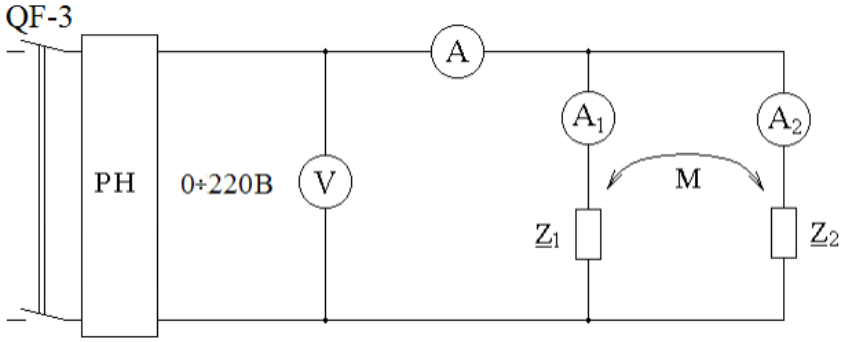
Задание для лабораторной работы «Исследование цепей переменного тока с индуктивно- связанными катушками»



По результатам измерений выполнить растёт параметров каждой из катушек индуктивности.



По результатам измерений построить в масштабах на комплексной плоскости векторные диаграммы токов и напряжений для согласного и встречного включений катушек при последовательном соединении катушек.



По результатам измерений построить в масштабах на комплексной плоскости векторные диаграммы токов и напряжений для согласного и встречного включений катушек при параллельном соединении катушек.

Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе

1. Какие элементы цепи называются индуктивно связанными?
2. Чем характеризуется степень индуктивной связи катушек?

3. Какой смысл имеет понятие одноимѐнных зажимов индуктивно связанных катушек?

4. Как можно выполнить разметку одноимѐнных зажимов индуктивно связанных катушек?

5. Какое включение называется согласным?

6. Какое включение называется встречным?

7. Чему равно сопротивление взаимной индуктивности?

8. Как определится напряжение взаимной индуктивности?

9. Чему равно полное сопротивление цепи из двух последовтельно соединенных связанных катушек при согласном включении?

10. Чему равно полное сопротивление цепи из двух последовательно соединенных связанных катушек при встречном включении?

11. Почему справедливо соотношение: $M=(L_c - L_в)/4$?

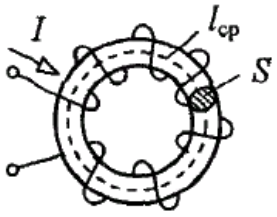
2.3 Выполнение практических работ

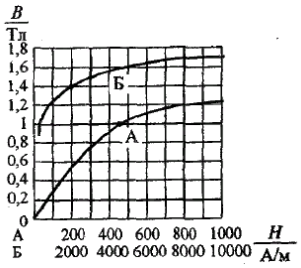
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры задач для практических занятий

1. Дано: На кольцевой сердечник помещена обмотка с числом витков w = 100 Сечение сердечника 5 = 5 см2, длина средней линии 4р = 25 см, магнитный поток в сердечнике Ф = $7 \cdot 10^4$ Вб, материал сердечника электротехническая сталь (кривая Б).

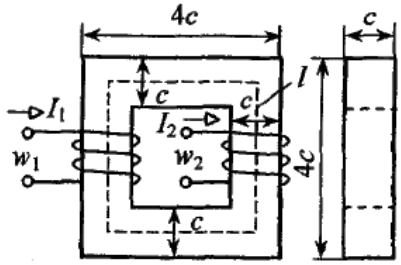
Определить ток в обмотке, рассчитать индуктивность катушек



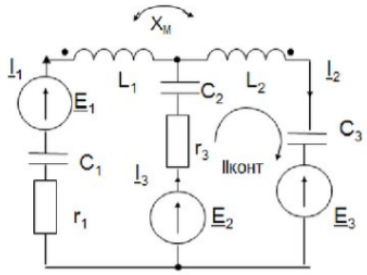


2. Дано: На замкнутом сердечнике из электротехнической стали размещены две катушки. Токи катушек, $I_1 = 3$ *А*, $I_2 = 4$ *А*, число витков w_1 = 500, w_2 = 300, с=4 см.

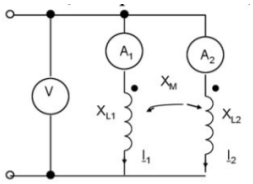
Определить: магнитный поток в сердечнике и потокосцепления катушек.



3. Составит уравнения по второму закону Кирхгофа.



4. Определить показания вольтметра, если показания первого амперметра - 18 А , второго – 12 А . X_{L1} = 10 Ом, X_M= 5 Ом.



5. Определить магнитодвижущую силу (прямая задача расчета одноконтурной магнитной цепи), необходимую для получения магнитного потока в 5,9·10–4 Вб в кольцеобразном сердечнике, сечением S = 5 см2. Длина средней линии магнитной индукции l = 25 см. Определить напряженность магнитного поля в сердечнике и относительная магнитная проницаемость материала сердечника. Материал сердечника — слаболегированная электротехническая листовая сталь Э11.

Раздел 3 Трехфазные электрические цепи

3.1 Тестирование по результатам освоения самостоятельной работы

Перечень вопросов для тестирования:

1 Какое соотношение между линейными и фазными напряжениями справедливо для трёхфазной цепи при соединении треугольником?

а) $U_{л} = \sqrt{2} \cdot U_{ф}$;

б) $U_{л} = \sqrt{3} \cdot U_{ф}$;

в) $U_{ф} = \sqrt{3} \cdot U_{л}$;

г) $U_{л} = U_{ф}$.

2 При каком порядке следования фаза «В» является отстающей, а фаза «С» опережающей?

а) прямой порядок следования;

б) обратный порядок следования;

в) нулевой порядок следования.

3 Какое соотношение между линейными и фазными токами справедливо для симметричной трёхфазной цепи при соединении треугольником?

а) $I_{л} = I_{ф}$;

б) $I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{ф}$;

в) $I_{ф} = \sqrt{3} \cdot I_{л}$;

г) $I_{л} = \sqrt{2} \cdot I_{ф}$.

4 Какое соотношение между линейными и фазными напряжениями справедливо для симметричной трёхфазной цепи при соединении звездой?

а) $U_{л} = \sqrt{2} \cdot U_{ф}$;

б) $U_{ф} = \sqrt{3} \cdot U_{л}$;

в) $U_{л} = \sqrt{3} \cdot U_{ф}$;

г) $U_{л} = U_{ф}$.

5 По какой формуле определится активная мощность симметричной трёхфазной цепи синусоидального тока?

а) $P = U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot Cos\varphi_{ф}$;

б) $P = 3 \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot Cos\varphi_{ф}$;

в) $P = \sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot Cos\varphi_{ф}$;

г) $P = \sqrt{3} \cdot U_{ф} \cdot I_{ф} \cdot Cos\,\varphi_{ф}$.

6 Какое соотношение между линейными и фазными токами справедливо для симметричной трёхфазной цепи при соединении звездой?

а) $I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{ф}$;

б) $I_{ф} = \sqrt{3} \cdot I_{л}$;

в) $I_{л} = 2 \cdot I_{ф}$;

г) $I_{л} = I_{ф}$.

7 По какой формуле определится реактивная мощность симметричной трёхфазной цепи синусоидального тока?

а) $Q = U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot Sin\varphi_{ф}$;

б) $Q = 3 \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot Sin\varphi_{ф}$;

в) $Q = \sqrt{3} \cdot U_{ф} \cdot I_{ф} \cdot Sin_{ф}$;

г) $Q = \sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot Sin\varphi_{ф}$.

8 Влияет ли нулевой провод на режим работы трёхфазной цепи при симметричной нагрузке?

а) влияет;

б) не влияет.

9 Оказывает ли влияние сопротивление в нулевом проводе на режим работы трёхфазной цепи при несимметричной нагрузке?

а) оказывает;

б) не оказывает.

10 Допустим ли режим короткого замыкания в трёхфазной цепи при наличии нулевого провода?

а) допустим с оговорками;

б) не допустим.

11 Окажет ли влияние обрыв одной фазы нагрузки в трёхфазной цепи при соединении нагрузки треугольником на режим работы двух оставшихся фаз?

а) окажет;

б) не окажет.12 Ставят ли в нулевой провод предохранитель?

а) ставят обязательно;

б) не ставят.

13 Нормальным по умолчанию считается … порядок следования.

а) нулевой;

б) прямой;

в) обратный.

14 Скажется ли обрыв линейного провода фазы «А» на режимах работы двух оставшихся фаз при наличии нулевого провода?

а) скажется;

б) не скажется.

15 Скажется ли обрыв линейного провода фазы «А» на режимах работы двух оставшихся фаз при соединении нагрузки треугольником?

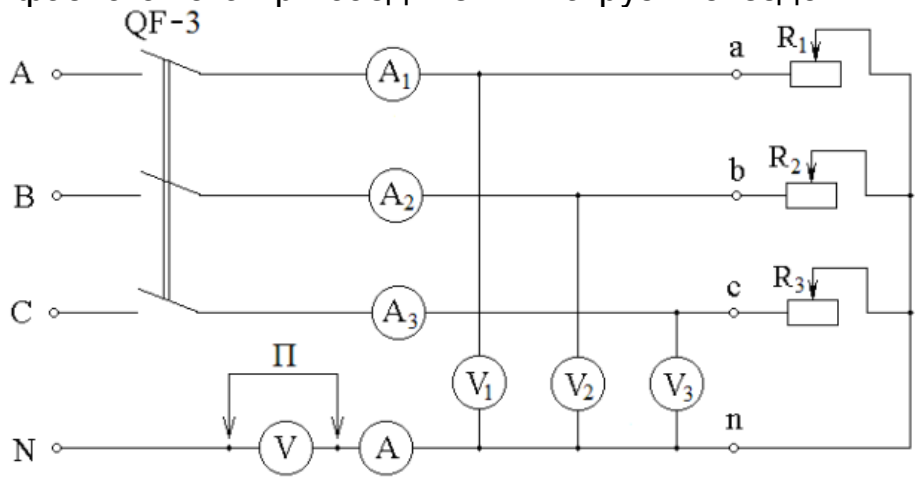
а) скажется;

б) не скажется.

3.2 Выполнение лабораторных работ

Задания для лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к лабораторным работам.

Задание для лабораторной работы «Исследование цепи трехфазного тока при соединении нагрузки звездой»



По экспериментальным данным построить для всех режимов трёхфазной цепи (пункты 1 – 8) в масштабе топографические векторные диаграммы фазных напряжений источника и приѐмника (методом засечек) и векторные диаграммы линейных токов. Для режима с нейтральным проводом (пункт 8) графически определить значение тока в нулевом проводе и сравнить полученное значение тока с величиной тока в эксперименте

Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе

1. Как образуется соединение звездой?
2. Какое напряжение называется линейным?
3. Какое напряжение называется фазным?
4. Какова роль нулевого (нейтрального) провода?

5. Влияет ли нулевой провод на режим работы трехфазной цепи при симметричной нагрузке?

6. Оказывает ли влияние сопротивление в нулевом проводе на режим работы в трехфазной цепи при несимметричной нагрузке?

7. Почему при коротком замыкании фазы в трехфазной цепи напряжения на других фазах нагрузки оказываются равными линейному напряжению источника?

8. Допустим режим КЗ фазы при отсутствии нулевого провода?

9. Допустим режим КЗ фазы при наличии нулевого провода?

10. Как строятся топографическая диаграмма напряжений и векторная диаграмма токов при включении в фазу —A‖ вариометра при отсутствии нулевого провода (пункт 6)?

11. Как строятся топографическая диаграмма напряжений и векторная диаграмма токов при включении в фазу —A‖ конденсатора при отсутствии и при наличии в цепи нулевого провода (пункты 7, 8)?

3.4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры задач для практических занятий

1.Дано: Uф =127 В, Rab =8 Ом, Xab = 6 Ом, Xbc = 10 Ом Rca = 10 Ом. Определить показания ваттметров. Рассчитать реактивную и полную мощности данной цепи.

2. Дано Uф = 127 В, Ra = 100 Ом, Xb = 100 Ом, Xc = –100 Ом. Определить показания амперметра. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

3. Симметричная нагрузка соединена треугольником. При измерении фазного тока амперметр показал 10 А. Чему будет равен ток в линей-ном проводе?

4. В трехфазной цепи линейное напряжение 220 В, линейный ток 2А, активная мощность 380 Вт. Найти коэффициент мощности.

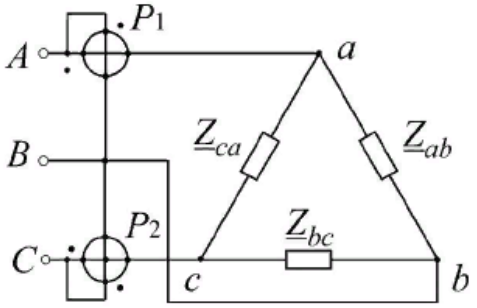
5. Линейный ток равен 2,2 А .Рассчитать фазный ток, если симметричная нагрузка соединена звездой.

6. В симметричной трехфазной цепи линейный ток 2,2 А. Рассчитать фазный ток, если нагрузка соединена треугольником.

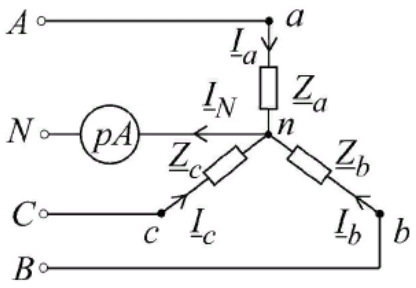
7. Определить активную и реактивную мощность приемника, соединенного по схеме звезда. Линейное напряжение 380 В, авктивное сопротивление 5 Ом, индуктивное сопротивление 8 Ом.

8. Определить активную и реактивную мощность приемника, соединенного по схеме треугольник. Линейное напряжение 380 В, авктивное сопротивление 10 Ом, индуктивное сопротивление 6 Ом.

9. Дано: Uф =127 В, Rab =8 Ом, Xab = 6 Ом, Xbc = 10 Ом Rca = 10 Ом. Определить показания ваттметров. Рассчитать реактивную и полную мощности данной цепи.



10. Дано Uф = 127 В, Ra = 100 Ом, Xb = 100 Ом, Xc = –100 Ом. Определить показания амперметра. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.



5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1 Двухполюсные пассивные элементы электрической цепи (резистивный, индуктивный, ёмкостный). Их характеристики и параметры.

2 Двухполюсные активные элементы электрической цепи (схемы замещения источников напряжения и источников тока).

3 Синусоидальный ток и величины его характеризующие (мгновенное и амплитудное значения, частота и угловая частота, фаза и начальная фаза, угол сдвига фаз).

4 Среднее и действующее значения синусоидальных ЭДС, напряжений и токов.

5 Изображение синусоидальных функций времени комплексными числами. Основы комплексного метода расчёта цепей синусоидального тока.

6 Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.

7 Цепь синусоидального тока с сопротивлением. Комплексное сопротивление, векторная диаграмма.

8 Цепь синусоидального тока с индуктивностью. Комплексное сопротивление, векторная диаграмма.

9 Цепь синусоидального тока с ёмкостью. Комплексное сопротивление, векторная диаграмма.

10 Последовательное соединение элементов R, L и C. Треугольники напряжений и сопротивлений.

11 Проводимости цепи синусоидального тока (активная, реактивная, полная). Треугольники токов и проводимостей.

12 Мощности цепи синусоидального тока (мгновенная, активная, реактивная и полная мощности) их размерности. Треугольник мощностей. Комплексная мощность. Коэффициент мощности.

13 Последовательное соединение приёмников. Векторные диаграммы.

14 Параллельное соединение приёмников. Векторные диаграммы.

15 Смешанное соединение приёмников. Векторные диаграммы токов, топографические диаграммы напряжений.

16 Последовательный резонансный контур, резонанс напряжений. Резонансная частота, характеристическое сопротивление, добротность. Частотные характеристики.

17 Параллельный резонансный контур, резонанс токов. Условие резонанса. Резонансная частота. Векторная диаграмма.

18 Индуктивно-связанные элементы. Коэффициент связи. Напряжение и сопротивление взаимной индуктивности.

19 Последовательное соединение индуктивно-связанных катушек. Согласное и встречное включения. Вариометр.

20 Схемы соединения трёхфазных цепей. Определения и соотношения.

21 Симметричные режимы в трёхфазных цепях. Расчёт симметричных режимов в трёхфазных цепях.

22 Несимметричные режимы в трёхфазных цепях. Расчёт несимметричных режимов. Роль нулевого провода. Мощности трёхфазной цепи.

23 Нелинейные элементы электрических цепей, их характеристики и параметры.

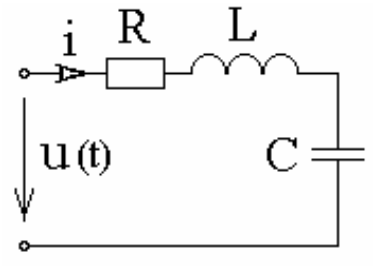
24 Аналитические методы расчёта нелинейных электрических цепей постоянного тока.

24 Графические методы расчёта нелинейных электрических цепей постоянного тока.

25 Законы магнитных цепей.

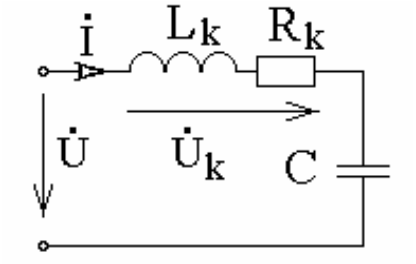
6 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

Залача1



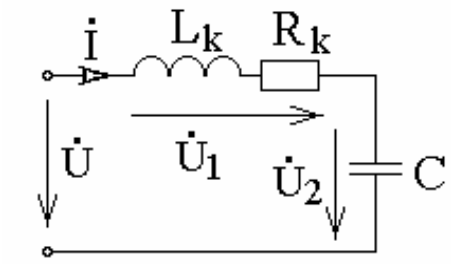
Дано: f = 50 Гц ; P = 100 Вт ; $\varphi = -30^{\circ}$;
R = 4 Ом ; C = 318 мкФ.
Определить: U, I, L, Q, S.
Построить векторную диаграмму.

Задача 2



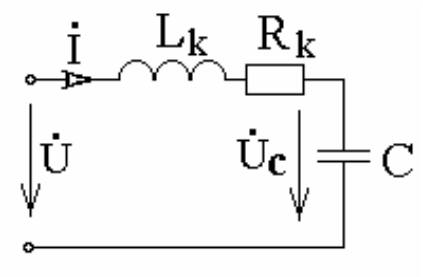
Дано: f = 50 Гц ; U_K = 282,8 В ; $\varphi = -60^{\circ}$;
L_K = 159,2 мГн ; R_K = 50 Ом .
Определить: U, I, C, P, Q, S.
Построить векторную диаграмму.

Задача 3



Дано: f = 50 Гц ; $\varphi = 0^{\circ}$;
U_1 = 100 В ; U_2 = 60 В ; I = 2 А .
Определить: U, R_K , L_K , C , P.
Построить векторную диаграмму.

Задача 4



Дано: f = 50 Гц ; U_C = 100 В ;

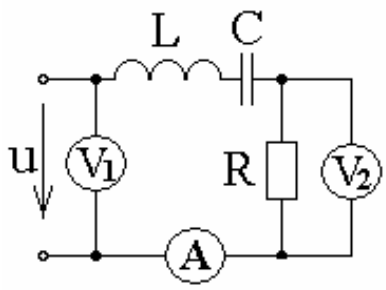
$\varphi = 60^{[]}$; P = 125 Вт ;

C = 127,3 мкФ .

Определить: U, I, R_K , L_K , Q.

Построить векторную диаграмму.

Задача 5



Дано: f = 50 Гц ; U_2 = 40 В ;

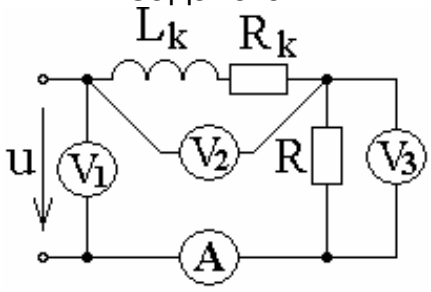
L = 63,7 мГн ;

R = 8 Ом ; C = 122,4 мкФ .

Определить: U_1, I, L , P , Q ,S .

Построить векторную диаграмму.

Задача 6



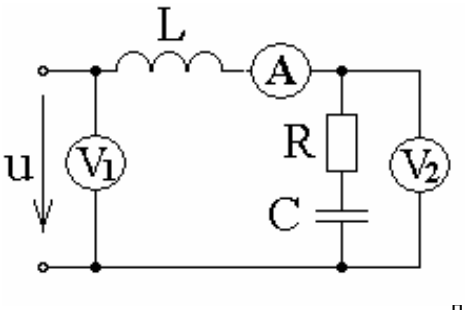
Дано: f = 50 Гц ; U_1 = 220 В ;

U_2 = 138 В ; U_3 = 110 В ; R = 22 Ом .

Определить параметры катушки индуктивности:

R_K, L_K , ток I . Построить векторную диаграмму.

Задача 7



Дано: f = 50Гц ; $\varphi = 0^{[]}$.

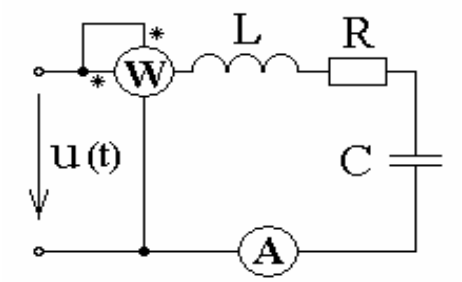
Показания приборов:

U_1 = 40 В ; U_2 = 100 В ; I = 5 А .

Определить: R , L , C , P , Q ,S .

Построить векторную диаграмму.

Задача 8



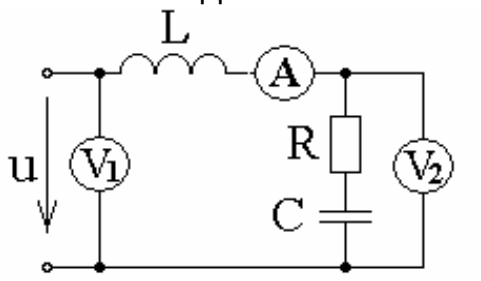
Дано: $u(t) = 282,8 \cdot Sin(314 \cdot t)$ В;

C = 53 мкФ ; R = 40 Ом ; $\varphi = 0^{[]}$.

Определить показания приборов, индуктивность L катушки .

Построить векторную диаграмму.

Задача 9



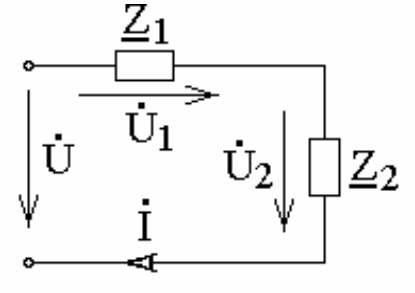
Дано: U_1 = 100 В ; U_2 = 180 В ;

P =500 Вт ; $\varphi = 0^{[]}$.

Определить: I, R , L , C , Q.

Построить векторную диаграмму.

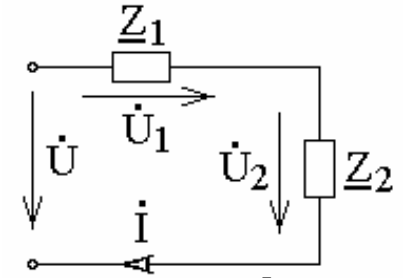
Задача 10



Дано: U_1 = 200 В; P_1 = 1 кВт ; $\varphi_1 = 60^{[]}$;
$\underline{Z}_2 = [\,6 - j \cdot 8\,]$Ом.

Определить: U, U_2 , I, P , Q , S , φ.
Построить векторную диаграмму.

Задача 11

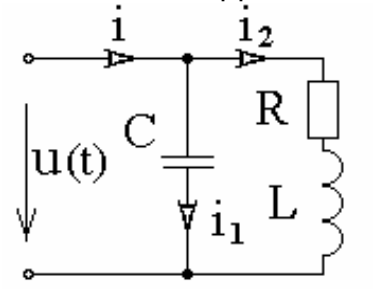


Дано: $\underline{Z}_1 = [\,30 + j \cdot 40\,]$Ом;

U_2 = 231 В ; P_2 = 2 кВт ; $\varphi_2 = -30^{[]}$.

Определить: U ; U_1, I, P, Q , S , φ.
Построить векторную диаграмму.

Задача 12

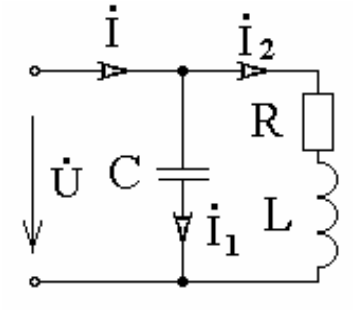


Дано: $u(t) = 141{,}4 \cdot Sin\,(314 \cdot t)$ В;

L = 25,46 мГн ; R = 6 Ом ; $\varphi = -45^{[]}$.

Определить: C, I, I_1 , I_2 , P , Q , S .
Построить векторную диаграмму.

Задача 13



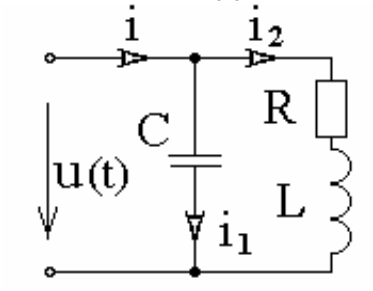
Дано: U = 200 В ; $\varphi = -30^{\circ}$;

X_L = 80 Ом ; R = 60 Ом .

Определить: X_C ; I, I_1 , I_2 , P, Q, S .

Построить векторную диаграмму.

Задача 14



Дано: $u(t) = 141{,}4 \cdot Sin\,(314 \cdot t)$, В;

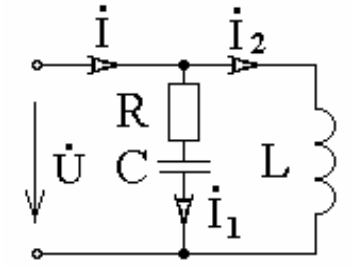
L = 95,5 мГн ;

R = 40 Ом ; $\varphi = 0^{\circ}$.

Определить: L, I, I_1 , I_2 , P ,Q , S.

Построить векторную диаграмму.

Задача 15



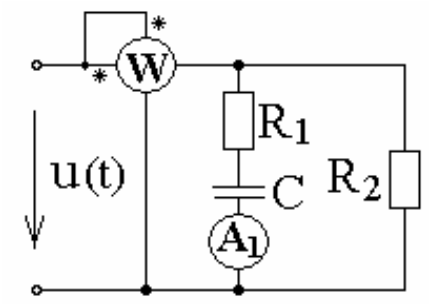
Дано: f = 50 Гц ; I_1 = 4 А ;

R = 7,5 Ом ; C = 318,3 мкФ ; $\varphi = 45^{\circ}$.

Определить: L , U, I , I_2 , P , Q , S .

Построить векторную диаграмму.

Задача 16



Дано: U = 200 В ; f = 50Гц ; R_1 = 12 Ом .

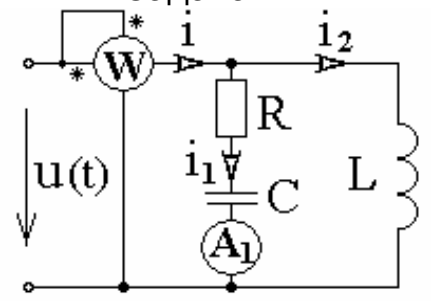
Показания приборов:

P = 1300 Вт ; I_1 = 5 А .

Определить: I_2, I, R_2 , C , Q , S .

Построить векторную диаграмму.

Задача 17



Дано: $u(t) = 212{,}1 \cdot Sin(314 \cdot t)$, В; L = 95,5 мГн .

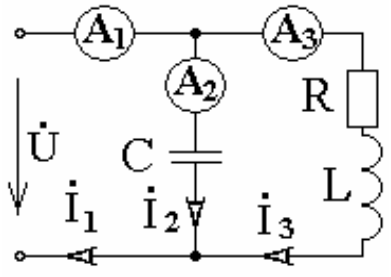
Показания приборов:

P = 180 Вт ; I_1 = 3 А .

Определить: I_2, I, R , C, Q, S .

Построить векторную диаграмму.

Задача 18



Дано: U = 120 В ; $\varphi_3 = 45^{\circ}$.

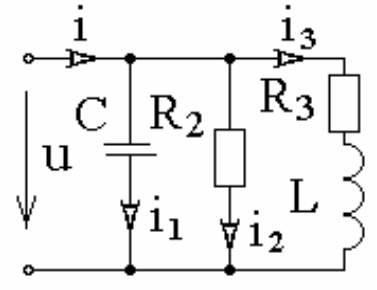
Показания приборов:

I_2 = 2 А ; I_3 = 4 А .

Определить: I_1, R , X_L , X_C , P, Q , S.

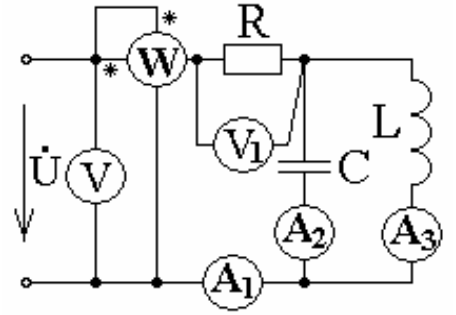
Построить векторную диаграмму.

Задача 19



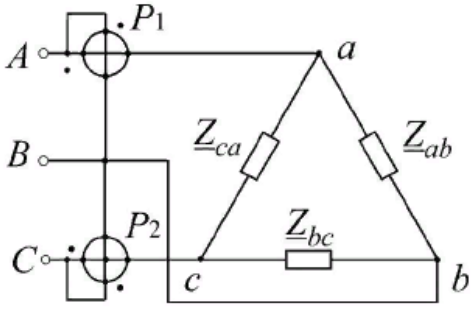
Дано: U = 100 В ; $\varphi = -30^{\circ}$;
R_2 = 5 Ом ; R_3 = 6 Ом ;
X_L = 8 Ом .
Определить: X_C , токи.
Построить векторную диаграмму.

Задача 20



Дано: U = 100 В; U_1 = 80 В ;
I_2 = 10 А ; I_3 = 15 А ; f = 100 Гц .
Определить: R , L , C, показания
ваттметра и амперметра I_1.
Построить векторную диаграмму.

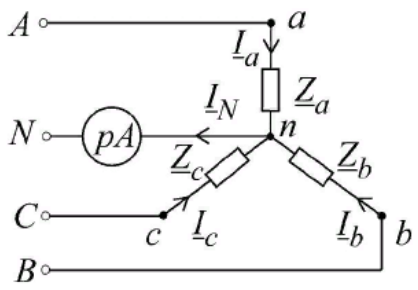
Задача 21



Дано: Uф =127 В, Rab =8 Ом, Xab = 6 Ом, Xbc = 10 Ом Rca = 10 Ом.

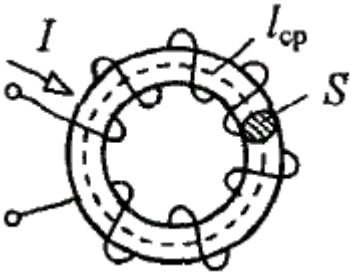
Определить показания ваттметров. Рассчитать реактивную и полную мощности данной цепи.

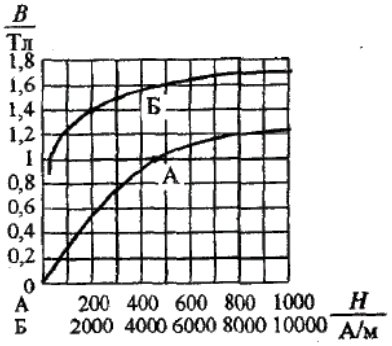
Задача 22



Дано Uф = 127 В, Ra = 100 Ом, Xb = 100 Ом, Xc = –100 Ом.
Определить показания амперметра. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

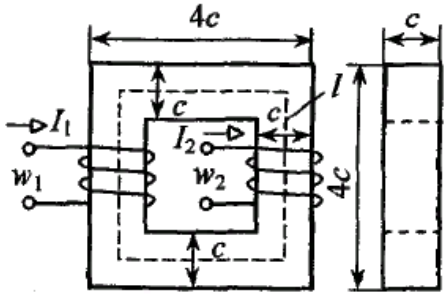
Задача 23





Дано: На кольцевой сердечник помещена обмотка с числом витков w = 100 Сечение сердечника 5 = 5 см2, длина средней линии 4p = 25 см, магнитный поток в сердечнике Ф = $7 \cdot 10^4$ Вб, материал сердечника электротехническая сталь (кривая Б).
Определить ток в обмотке, рассчитать индуктивность катушек

Задача 24



Дано: На замкнутом сердечнике из электротехнической стали размещены две катушки. Токи катушек, $I_1 = 3$ *А,* $I_2 = 4$ *А,* число витков w_1 = 500, w_2 = 300, c=4 см.
Определить: магнитный поток в сердечнике и потокосцепления катушек.

.

Задача 25

Дано: В трехфазной цепи по схеме звезда без нейтрального провода Uф = 220 В, Ra = 40 Ом, Rb = 20 Ом, Xc = 10 Ом.
Определить фазные токи и фазные напряжения. Построить векторные диаграммы.