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. Специальная часть

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(направленность (профиль): «Электроэнергетика и электротехника»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

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: 30-04-2025 09:42:19 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– - научить применять законы электромагнетизма и теории электрических цепей для корректного математического описания и теоретического исследования процессов, происходящих в различных электротехнических устройствах и сложных системах;

– - привить навыки аналитического и численного расчёта электрических цепей и электромагнитных устройств.

Задачами учебной дисциплины являются:

– - формирование знаний основных законов электрических и магнитных цепей, методов расчёта для решения практических задач.;

– 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) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

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:

– Электроснабжение;

– Эксплуатация электрооборудования;

– Силовая электроника;

– Преобразовательная техника;

– Электротехнические материалы;

– Электрические машины;

– Элементы и узлы электронных приборов;

– Электрические и электронные аппараты;

– Электропривод.

## 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 |
|---|---|---|---|
| Фундаментальная подготовка | ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментальног о исследования при решении профессиональных задач | ОПК-3.1 Понимает теоретические основы математических, естественных и общеинженерных наук | – знать: фундаментальные законы и понятия теории электрических цепей и электромагнитных полей.<br>– уметь: рассчитывать электрические цепи на базе современных методов и прикладных программ; используя знания законов электротехники. |
| | | ОПК-3.3 Решает задачи теоретического и прикладного характера, применяя законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма | – знать: свойства и характеристики электрических цепей и электромагнитного поля..<br>– уметь: составлять по техническим параметрам электрооборудования и устройств расчётные схемы замещения для оценки параметров режимов работы и условий безопасной эксплуатации. |
| Теоретическая и практическая профессиональна я подготовка | ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин | ОПК-4.1 Проводит расчет, анализ и моделирование линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока | – знать: методы анализа электрических и магнитных цепей постоянного и переменного токов в установившихся режимах.<br>– уметь: использовать законы электротехники, методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей; . |
| | | ОПК-4.2 Применяет | – знать: основы теории |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | основы теории электромагнитного поля и электрических машин при решении задач профессиональной деятельности | электромагнитного поля, устройство и принципы действия электрических машин для анализа режимов работы и создания их математических моделей .<br>– уметь: - использовать законы электротехники, методы анализа и моделирования элементов электрических цепей;<br>- составлять по техническим параметрам элементов и устройств расчётные схемы замещения<br>. |
| | | ОПК-4.3 Рассчитывает установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик | – знать: методы анализа работы трансформаторов и электрических машин, особенности их режимов в процессе эксплуатации..<br>– уметь: рассчитывать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов. |
| Теоретическая и практическая профессиональная подготовка | ОПК-6: Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности | ОПК-6.1 Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин | – знать: устройство электроизмерительных приборов и средств измерения, область их применения при теоретических и практических исследованиях..<br>– уметь: выбирать электроизмерительные приборы для измерения электрических и неэлектрических величин<br>. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | ОПК-6.2 Выбирает методы поверки измерительного, диагностического, технологического оборудования применительно к объектам профессиональной деятельности | – знать: методы поверки электроизмерительных приборов и измерительного оборудования .<br>– уметь: применять электроизмерительные приборы с учётом особенностей процесса и погрешностей измерения. |
| | | ОПК-6.3 Применяет методы поверки измерительного, диагностического, технологического оборудования применительно к объектам профессиональной деятельности | – знать: методы поверки электроизмерительных приборов и измерительного оборудования .<br>– уметь: применять электроизмерительные приборы с учётом особенностей процесса и погрешностей измерения. |

## 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), 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

| Сессия / курс | | ***ИТОГО*** | ***2 сессия / 2 курс*** | ***3 сессия / 2 курс*** |
|---|---|---|---|---|
| Форма промежуточной аттестации | | | | *экзамен* |
| Трудоёмкость | *академ. час.* | ***180*** | *36* | *144* |
| | *зачетных единиц* | ***5*** | *1* | *4* |
| Лекции, *академ. час.* | | ***2*** | *2* | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Лабораторные работы, *академ. час.* | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Практические занятия, *академ. час.* | ***6*** | *0* | *6* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Курсовая работа / проект, *академ. час.* | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Консультации, *академ. час.* | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Самостоятельная работа, *академ. час.* | ***163*** | *34* | *129* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Контроль, *академ. час.* | ***9*** | *0* | *9* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |

## Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами;

Тема 1.1 Представление периодических несинусоидальных величин тригонометрическими рядами Фурье (Дискретные частотные спектры. Определение коэффициентов ряда Фурье: аналитическое и графо-аналитическое. Максимальное, среднее и действующее значения несинусоидальных ЭДС, напряжений и токов Коэффициенты. Мощности электрической цепи с периодическими несинусоидальными токами. Измерение несинусоидальных токов измерительными приборами);

Тема 1.2 Расчет линейных электрических цепей с несинусоидальными токами (Влияние параметров электрической цепи на форму кривой тока при несинусоидальном входном напряжении). Резонансные явления в цепи с несинусоидальными напряжениями и токами. Основы теории электрических частотных фильтров. Особенности режимов трёхфазных цепей при несинусоидальных токах. Высшие гармоники в трёхфазных цепях);

Раздел 2 Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях;

Тема 2.1 Классический метод расчета переходных процессов. Законы коммутации (Возникновение переходных процессов. Законы коммутации для L,C-элементов. Свободный, принуждённый (установившийся) и переходный токи. Характеристическое уравнение. Виды переходных процессов. Общий случай расчета переходных процессов в линейных электрических цепях классическим методом. Включение цепей с R,L,C- элементами на постоянное и переменное напряжение. Ударный ток, ударный коэффициент);

Тема 2.2 Расчет переходных процессов в цепях с R,L,C - элементами (Апериодический разряд конденсатора. Предельный апериодический разряд конденсатора. Периодический (колебательный) разряд конденсатора. Переходные процессы при мгновенном изменении

параметров элементов Электрическая цепь при мгновенном изменении сопротивления R, индуктивности L и ёмкости C. Формула Дюамеля. Переходные функции и переходные проводимости цепи. Включение цепи на напряжение произвольной формы. Применение формулы Дюамеля к расчету переходных процессов);

Тема 2.3 Операторный метод расчета переходных процессов в электрических цепях (Применение преобразования Лапласа к расчету переходных процессов в электрической цепи. Изображение по Лапласу отдельных функций времени. Свойства изображений. Изображение напряжения на сопротивлении R, индуктивности L и на ёмкости C. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме Эквивалентные операторные схемы замещения. Внутренние источники энергии на схеме замещения);

Тема 2.4 Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях операторным методом (Теорема (формула) разложения. Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях операторным методом при постоянных и синусоидальных источниках энергии);

Раздел 3 Нелинейные электрические цепи при постоянных токах и напряжениях;

Тема 3.1 Нелинейные элементы в электрических цепях (Характеристики и параметры. Расчет нелинейных электрических цепей при постоянных токах. Аналитические, графические и численные методы анализа электрических цепей);

Раздел 4 Нелинейные электрические цепи при переменных токах и напряжениях;

Тема 4.1 Нелинейные элементы цепей переменного тока (активные, индуктивные, ёмкостные) (Инерционные и безынерционные нелинейные элементы. Аналитические, графо-аналитические и численные методы анализа нелинейных цепей. Расчет нелинейных цепей переменного тока с безынерционными элементами по мгновенным значениям. Понятие об условно-нелинейных элементах. Расчёт электрических цепей с условно-нелинейными элементами по действующим значениям);

Тема 4.2 Цепи с нелинейными сопротивлениями (Идеальный и реальный полупроводниковый вентиль. Эквивалентные схемы вентиля. Однополупериодный выпрямитель с активной нагрузкой, графический и аналитический методы расчёта. Постоянная составляющая, действующее значение тока, активная мощность и коэффициент мощности цепи однополупериодного выпрямления);

Тема 4.3 Катушка с ферромагнитным сердечником как нелинейный индуктивный элемент (Форма тока, напряжения и магнитного потока при питании катушки с ферромагнитным сердечником от источника синусоидального напряжения. Замена нелинейных элементов условно нелинейными элементами (условная линеаризация).

Схемы замещения и векторные диаграммы катушки с ферромагнитным сердечником. Явления феррорезонанса напряжений и токов).

## 5 Перечень тем лекций

| № раздела / темы дисциплины | Темы лекций | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Тема 1.1. | Представление периодических несинусоидальных величин тригонометрическими рядами Фурье | 1 | |
| Тема 2.1. | Классический метод расчета переходных процессов. Законы коммутации. | 1 | |
| **Итого:** | | **2** | **0** |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| № раздела / темы дисциплины | Темы практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1;<br>Тема 1.2. | Расчет линейных электрических цепей с несинусоидальными токами | 3 | |
| Раздел 2;<br>Тема 2.1. | Классический метод расчета переходных процессов. Законы коммутации. | 3 | |
| **Итого:** | | **6** | **0** |

## 7 Перечень тем лабораторных работ

| № раздела / темы дисциплины | Темы лабораторных работ | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **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. Изучение лекционного материала;<br>2. Контрольная работа;<br>3. Подготовка к практическому занятию;<br>4. Прохождение тестирования;<br>5. Решение задач. | 41 | |
| Раздел 2. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Контрольная работа;<br>3. Подготовка к практическому занятию;<br>4. Прохождение тестирования;<br>5. Решение задач. | 41 | |
| Раздел 3. | 1. Изучение теоретического материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 41 | |
| Раздел 4. | 1. Изучение теоретического материала;<br>2. Прохождение тестирования;<br>3. Решение задач. | 40 | |
| *Контроль* | *Подготовка к экзамену* | 9 | |
| **Итого:** | | **172** | **0** |

## 10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Контролируемые компетенции | Оценочные средства |
|---|---|---|
| Раздел 1. | ОПК-3;<br>ОПК-4;<br>ОПК-6 | 1. Задачи;<br>2. Контрольная работа;<br>3. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>4. Оценка участия в работе на лекционном занятии;<br>5. Тестовые задания |
| Раздел 2. | ОПК-3;<br>ОПК-4; | 1. Задачи;<br>2. Контрольная работа; |

| | | |
|---|---|---|
| | ОПК-6 | 3. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>4. Оценка участия в работе на лекционном занятии;<br>5. Тестовые задания |
| Раздел 3. | ОПК-3;<br>ОПК-4;<br>ОПК-6 | 1. Тестовые задания |
| Раздел 4. | ОПК-3;<br>ОПК-4;<br>ОПК-6 | 1. Задачи;<br>2. Тестовые задания |
| Экзамен. | ОПК-3;<br>ОПК-4;<br>ОПК-6 | 1. Вопросы 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 – 30 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. Максимальное количество – 20 баллов.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

| Максимальный балл | Проходной балл | Оценка |
|---|---|---|
| 20 | не менее 14 | зачтено |
| 13 | - / - | не зачтено |

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;
– 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 – задачи; контрольная работа; наблюдение за работой на практическом занятии; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

### 12.2 Описание оценочных средств

### Шкалы оценивания (методики оценки)

#### 12.2.1 Рекомендации по оцениванию контрольной работы

Контрольная работа – 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 контрольной работы:

| Наименование параметра оценки | Оценка |
|---|---|
| Задания выполнены в полном объёме; расчеты проведены правильно;<br>допущены незначительные ошибки в расчетах. | зачтено |
| Не выполнены требования к написанию и оформлению заданий контрольной работы;<br>задание выполнено в неполном объеме;<br>расчеты выполнены не верно. | не зачтено |

### 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 используются вопросы 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 процент | Проходной процент | Оценка |
|---|---|---|
| 100 | не менее 80 | зачтено |
| 79 | - / - | не зачтено |

### 12.2.3 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов за одно лекционное занятие |
|---|---|
| Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций | 0,5 |
| Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе:<br>- материал изложен последовательно, четко и аккуратно<br>- в конспекте имеются изученные темы, основные термины, схемы | 0,5 |
| Всего | 1 |

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

### 12.2.4 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».

### 12.2.5 Рекомендации по оцениванию решений задач

Решение задач – это форма учебной деятельности обучающегося, которая осуществляется под руководством и контролем со стороны преподавателя с целью формирования знаний и умений.

**Критерии оценки решения задач:**

– правильность решения задач (учитывается количество и характер ошибок);

– сознательность решения задач (учитывается понимание материала);

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

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

– использование при выполнении учебных заданий требований нормативных документов, учебной литературы (обязательное условие).

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

Критерии оценки решения задачи:

| Наименование параметра оценки | Оценка |
|---|---|
| Обучающийся решил задачу в полном объёме; расчеты проведены правильно; полно и аргументировано отвечает по | отлично |

| Наименование параметра оценки | Оценка |
|---|---|
| содержанию задания; обнаруживает понимание материала; может обосновать решение, применить знания на практике; излагает материал последовательно и правильно. | |
| 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 решение неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке ответа; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать решение и допускает ошибки. | удовлетвори тельно |
| Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в решении или ответе в целом, искажающие смысл задания, не может обосновать решение. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом. | неудовлетво рительно |

**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.

### 13.2 Оценивание обучающегося на экзамене:

| Наименование параметра оценки | Оценка |
|---|---|
| Обучающийся решил задачу в полном объёме; расчеты проведены правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; обнаруживает понимание материала; может обосновать решение, применить знания на практике; 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 решение неполно и допускает | удовлетвори тельно |

| Наименование параметра оценки | Оценка |
|---|---|
| неточности в определении понятий или формулировке ответа; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать решение и допускает ошибки. | |
| Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в решении или ответе в целом, искажающие смысл задания, не может обосновать решение. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом. | неудовлетворительно |

**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, 2021. – 831 с. – ISBN 978-5-534-10731-9. – URL: https://urait.ru/bcode/475458 (дата обращения: 17.04.2025);

2 Новожилов, О. П. Электротехника (теория электрических цепей) : учебник для вузов. В 2 ч. Часть 1 / О. П. Новожилов. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 643 с. – ISBN 978-5-534-04038-8. – URL: https://urait.ru/bcode/451960 (дата обращения: 17.04.2025);

3 Бычков, Ю. А. Основы теоретической электротехники : учебное пособие / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Э. П. Чернышев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 592 с. – ISBN 978-5-8114-0781-1. – URL: https://e.lanbook.com/book/36 (дата обращения: 17.04.2025);

4 Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие / Г. И. Атабеков. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 592 с. – ISBN 978-5-8114-0800-9. – URL: https://e.lanbook.com/book/90 (дата обращения: 17.04.2025);

5 Бычков, Ю. А. Сборник задач по основам теоретической электротехники : учебное пособие / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Э. П. Чернышев, А. Н. Белянин. – 1-е изд. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 400 с. – ISBN 978-5-8114-1157-3. – URL: https://e.lanbook.com/book/703 (дата обращения: 17.04.2025);

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

8 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;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– 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 (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) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Составитель(и):

доцент Симаков Вадим Петрович (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Руководитель проектов
отдела по внедрению АСУ ТП
РИЦ АСУТП «Сибирь
ООО «ЕвразТехника»
должность, степень, звание
представителя работодателя



Д. Г. Чудинов
инициалы, фамилия

## Приложение

## Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

**Выберите один правильный ответ.**

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 $R$ и $X_L$?

а) $G = \frac{R^2}{R^2 + X_L^2}$; б) $G = \frac{R}{R^2 + X_L^2}$; в) $G = \frac{R}{R + X_L}$; г) $G = \frac{R}{R^2 - X_L^2}$.

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

а) $\varphi = arctg\frac{B_L + B_C}{G}$; б) $\varphi = arctg\frac{B_L - B_C}{G}$; в) $\varphi = arctg\frac{B_L - B_C}{R}$.

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) $Z = 50$ Ом; б) $Z = 60$ Ом; в) $Z = 70$ Ом; г) $Z = 110$ 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 Для цепи синусоидального тока при параллельном соединении двух приёмников справедлива формула:

а) $\underline{Z}_{1,2} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2$; б) $\underline{Z}_{1,2} = \frac{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$; в) $\underline{Z}_{1,2} = \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}$; г) $I = I_1 + I_2$.

8 Чему равен модуль комплексного сопротивления цепи, содержащей активное сопротивление R и ёмкость С?

а) $\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$; б) $R - \frac{1}{\omega C}$; в) $\sqrt{R^2 + (\omega C)^2}$; г) $\sqrt{R^2 - \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$.

9 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) $i(t)=R\cdot u_R(t).$

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

а) $P=50\,Bm;$ б) $P=100\,Bm;$ в) $P=200\,Bm;$ г) $P=400\,Bm.$

11 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) $I=3\ A.$

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

13 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) $U=140B.$

14 Какое соотношение характеризует связь между током и напряжением для индуктивного элемента?

а) $i(t)=L\cdot\frac{du_L(t)}{dt};$ б) $u_L(t)=L\cdot\frac{di(t)}{dt};$ в) $u_L(t)=L\cdot i(t);$ г) $u_L(t)=L\cdot\int i(t)\cdot dt.$

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

а) $u_C(t)=C\cdot\frac{di(t)}{dt};$ б) $i(t)=C\cdot\frac{du_C(t)}{dt};$ в) $i(t)=C\cdot u_C(t);$ г) $i(t)=C\cdot\int u_C(t)\cdot dt.$

16 Действующее значение синусоидального тока определится по формуле:

а) $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}};$ б) $I=\frac{I_m}{\sqrt{3}};$ в) $I=\frac{I_m}{2};$ г) $I=\sqrt{2}\cdot I_m.$

17 По какой формуле можно определить активную мощность цепи синусоидального тока?

а) $P=U\cdot I;$ б) $P=R\cdot I^2\cdot Cos\varphi;$ в) $P=U\cdot I\cdot Sin\varphi;$ г) $P=U\cdot I\cdot Cos\varphi.$

18 Что является условием резонанса в последовательном резонансном контуре?

а ) $L = C$; б) $X_L = X_C$; в) $B_L = B_C$ .

19 Резонансная частота последовательного резонансного контура определится по формуле?

а) $\omega_0 = \frac{1}{L \cdot C}$; б) $\omega_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$; в) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$; г) $f_0 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$.

20 Что является условием резонанса в параллельном резонансном контуре?

а) $B_L = B_C$ ; б) $X_L = X_C$; в) $L = C$.

## Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

### 2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

### 2.1 Раздел 1 Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами

Перечень вопросов для тестирования:

1 Напряжение на участке электрической цепи изменяется по закону: $u(t) = 30 + 60\sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}(\omega t) + 20\sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}(2 \cdot \omega t), \mathrm{B}$. Чему будет равно показание вольтметра электромагнитной системы?

а) 143 В; б) 110 В; в) 94,3 В; г) 70 В.

2 Ток в цепи несинусоидального тока изменяется по закону: $i(t) = 12 + 6\sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}(\omega t) + 4\sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}(3 \cdot \omega t), \mathrm{A}$. Чему равно показание амперметра магнито-электрической системы без выпрямителя, включенного в цепь?

а) 12 А; б) 14 А; в) 22 А; г) 26 А.

3 Как сопротивление ёмкостного элемента зависит от номера гармоники “k” в цепи несинусоидального тока?

а) $X_C^{(k)} = k \cdot \omega \cdot C$; б) $X_C^{(k)} = \frac{1}{k} \cdot X_C^{(1)}$; в) $X_C^{(k)} = \frac{1}{k} \cdot \omega \cdot C$; г) $X_C^{(k)} = \frac{k}{\omega \cdot C}$.

4 По стандарту напряжение промышленной частоты считается практически синусоидальным, если коэффициент несинусоидальности в нормальном режиме не превышает значения ...

а) 2 % ; б) 8 % ; в) 10 % ; г) 15 % .

5 Какое значение покажет вольтметр электромагнитной системы, включенный на несинусоидальное напряжение?

а) постоянную составляющую; б) действующее значение;

в) среднее значение; г) максимальное значение.

6 Как влияет на форму тока в цепи при несинусоидальном входном напряжении индуктивность L , включенная последовательно с нагрузкой?

а) уменьшает долю высших гармоник; б) не влияет на форму тока;

в) увеличивает долю высших гармоник.

7 Как влияет на форму тока в цепи при несинусоидальном входном напряжении ёмкость C, включенная последовательно с нагрузкой?

а) не влияет на форму тока; б) увеличивает долю высших гармоник;

в) уменьшает долю высших гармоник.

8 Как влияет на форму тока в цепи при несинусоидальном входном напряжении сопротивление R, включенное последовательно с нагрузкой?

а) уменьшает долю высших гармоник; б) не влияет на форму тока;

в) увеличивает долю высших гармоник.

9 Ток в ветви несинусоидальный, изменяется по закону: $i(t) = 3 + 6\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}\left(\omega\, t\right) + 2\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}\left(2\cdot\omega\, t\right),\ \mathrm{A}$. Чему равно показание амперметра электромагнитной системы, включенного в ветвь?

а) 3 А; б) 7 А; в) 11 А; г) 14,3 А.

10 Действующее значение несинусоидального тока $I$ определится через действующие значения составляющих гармоник $\mathrm{I_k}$ по формуле:

а) $\mathrm{I} = \sum_{k=0}^{\infty} \mathrm{I_k}$; б) $\mathrm{I} = \sqrt{\mathrm{I_0} + \sum_{k=1}^{\infty} \mathrm{I_k^2}}$; в) $\mathrm{I} = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} \mathrm{I_k}}$; г) $\mathrm{I} = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} \mathrm{I_k^2}}$.

11 Напряжение в цепи несинусоидального тока изменяется по закону: $u(t) = 60 + 120\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}\left(\omega\, t\right) + 40\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}\left(2\cdot\omega\, t\right),\ \mathrm{B}$. Какое значение покажет вольтметр электромагнитной системы, включенный в цепь?

а) 60 В; б) 140 В; в) 188,7 В; г) 220 В.

12 Как сопротивление индуктивного элемента зависит от номера гармоники “k” в цепи несинусоидального тока?

а) $\mathrm{X_L^{(k)}} = \frac{1}{\mathrm{k}}\cdot\omega\cdot\mathrm{L}$; б) $\mathrm{X_L^{(k)}} = \frac{1}{\mathrm{k}}\cdot\mathrm{X_L^{(1)}}$; в) $\mathrm{X_L^{(k)}} = \mathrm{k}\cdot\omega\cdot\mathrm{L}$; г) $\mathrm{X_L^{(k)}} = \frac{1}{\mathrm{k}\cdot\omega\cdot\mathrm{L}}$.

13 Чему будет равно действующее значение тока второй гармоники (k=2) в катушке индуктивности ($R_к$ = 80 Ом и $X_L^{(1)} = 30\,Ом$) при подключении к источнику несинусоидального напряжения, если $U^{(2)} = 220В$?

а) $I^{(2)} = 2\,А$; б) $I^{(2)} = 2{,}2\,А$; в) $I^{(2)} = 4{,}4\,А$; г) $I^{(2)} = 5\,А$.

14 Коэффициент искажения напряжения определится по формуле:

а) $k_И = \frac{U^{(1)}}{\sqrt{\sum_{к=0}^{\infty} U^{(K)2}}}$; б) $k_И = \frac{U^{(3)}}{U}$; в) $k_И = \frac{U}{U^{(1)}}$; г) $k_И = \frac{U^{(0)}}{U}$.

15 Коэффициент несинусоидальности (коэффициент гармоник) напряжения определится по формуле:

а) $k_{нес} = \frac{\sqrt{\sum_{к=2}^{\infty} U^{(K)}}}{U^{(1)}}$; б) $k_{нес} = \frac{\sqrt{\sum_{к=0}^{\infty} U^{(K)2}}}{U^{(1)}}$; в) $k_{нес} = \frac{\sqrt{\sum_{к=2}^{\infty} U^{(K)2}}}{U^{(1)}}$.

16 Чему будет равно действующее значение напряжения третьей гармоники на сопротивлении ( R = 40 Ом ) и ёмкости ( с реактивным сопротивлением $X_C^{(1)} = 90Ом$), если действующее значение тока: $I^{(3)} = 2А$?

а) $U^{(3)} = 20В$; б) $U^{(3)} = 100В$; в) $U^{(3)} = 140В$; г) $U^{(3)} = 260В$.

17 Чему будет равно действующее значение тока гармоники “k” в катушке индуктивности ( $R_к$ = 30 Ом и $X_L^{(k)} = 40Ом$ ), подключенной к источнику несинусоидального напряжения, если для этой гармоники $U^{(k)} = 140В$?

а) $I^{(k)} = 14\,А$; б) $I^{(k)} = 5\,А$; в) $I^{(k)} = 2{,}8\,А$; г) $I^{(k)} = 2\,А$.

18 Определить действующее значение тока пятой гармоники, если ток изменяется во времени по закону: $i^{(5)}(t) = 10 \cdot Sin\left(5 \cdot \omega t - 90^{\circ}\right), А$.

а) $I^{(5)} = \frac{10}{\sqrt{2}}\,А$; б) $I^{(5)} = 10 \cdot \sqrt{2}\,А$; в) $I^{(5)} = 10\,А$; г) $I^{(5)} = \frac{10}{\sqrt{3}}\,А$.

19 Как определится активная мощность цепи несинусоидального тока через составляющие гармоники ряда Фурье?

а) $P = \sum_{k=1}^{\infty} P_k$; б) $P = \sum_{k=0}^{\infty} P_k$; в) $P = \sum_{k=0}^{\infty} U_k \cdot I_k$; г) $P = \sum_{k=0}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot Sin\varphi_k$.

20 Комплексное действующее значение напряжения третьей гармоники в цепи известно: $\dot{U}^{(3)} = 100 \cdot e^{j30^\circ}$ В. Как запишется закон изменения напряжения этой гармоники во времени?

а) $u^{(3)}(t) = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot Sin\left(3 \cdot \omega t + 30^\circ\right)$, В; б) $u^{(3)}(t) = 100 \cdot \mathrm{Sin}\left(3\ \omega t + 30^\circ\right)$, В;

в) $u^{(3)}(t) = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}\left(\omega t + 30^\circ\right)$, В; г) $u^{(3)}(t) = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}\left(3\omega t + 30^\circ\right)$, В.

**Задачи**

1 К генератору с несинусоидальным периодическим напряжением подключена цепь, состоящая из последовательного соединения активного сопротивления, индуктивности и емкости. Написать уравнение тока в цепи, если напряжение генератора может быть выражено уравнением *u(t)=40+120sin1000t+60sin(2000t−π/6)+50sin(5000t−π3),* В. Найти действующее значение напряжения на конденсаторе и мощность, расходуемую в цепи, где *R*=50 Ом, *L*=0,05 Гн, С= 5мкФ.

2 Определить показания амперметра электродинамической системы, включенного с помощью измерительного трансформатора в цепь, содержащую идеальный вентиль и активное сопротивление (схема 1).

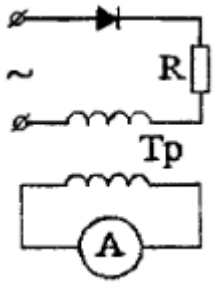



Схема 1

3 На вход схемы 2 с параметрами $R_1$=100 Ом, $R_2$=600 Ом, $\omega L$=3000 Ом; 1/($\omega C$) = 20 Ом подано напряжение от идеального двухполупериодного выпрямителя с частотой ω (рисунок 3). Найти входной ток *i(t).*

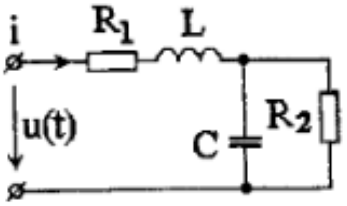



Схема 2

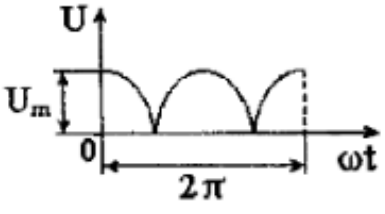



Рисунок 3

4 Определить действующее значение напряжения *U*, если его мгновенное значение *u* = 8,1sin$\omega t$ - 0,9sin3$\omega t$ +0,32 sin5$\omega t$.

5 Цепь (схема 4), элементы которой имеют параметры *R* = 40 Ом, *L* = 31,2 мГн и *C* = 146 мкФ, подключена к источнику несинусоидального напряжения *u*=25+100 *sin*($\omega t$+45°)+50 *sin*(3$\omega t$–30°) с частотой первой гармоники *f*1 = 50 Гц. Определить показания приборов, указанных на

схеме. Записать аналитическое выражение несинусоидального тока в цепи.

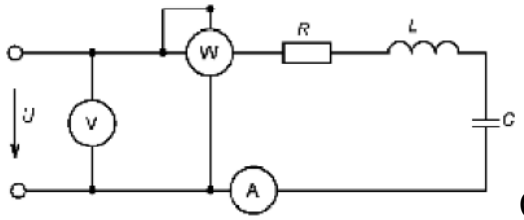



Схема 4

## 2.2 Раздел 2 Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях

Перечень вопросов для тестирования:

1 Закон коммутации для токов математически запишется:

а) $i_L(+0)=i_L(0)=i_L(-0)$; б) $i_R(+0)=i_R(0)=i_R(-0)$; в) $i_c(+0)=i_c(0)=i_c(-0)$.

2 Закон коммутации для напряжений математически запишется:

а) $u_R(+0)=u_R(0)=u_R(-0)$; б) $u_L(+0)=u_L(0)=u_L(-0)$;

в) $u_C(+0)=u_C(0)=u_C(-0)$.

3 По какой формуле определится постоянная времени цепи R - L при переходном процессе?

а) $\tau=\frac{R}{L}$; б) $\tau=R\cdot L$; в) $\tau=\frac{L}{R}$; г) $\tau=\frac{1}{R\cdot L}$.

4 По какой формуле определится постоянная времени цепи R - C при переходном процессе?

а) $\tau=R\cdot C$; б) $\tau=\frac{R}{C}$; в) $\tau=\frac{1}{R\cdot C}$; г) $\tau=\frac{C}{R}$.

5 В каком случае переходный процесс разрядки конденсатора ёмкостью C на катушку индуктивности (R - L) будет апериодическим?

а) $R<R_{кр}=2\sqrt{\frac{L}{C}}$; б) $R>R_{кр}=2\sqrt{\frac{L}{C}}$; в) $p_1=p_2=-\frac{R}{2L}$; г) $p_{1,2}=-\alpha\pm j\cdot\omega^{/}$.

6 В каком случае переходный процесс разрядки конденсатора ёмкостью C на катушку индуктивности ( R – L ) будет колебательным?

а) $R>R_{кр}=2\sqrt{\frac{L}{C}}$; б) $R=R_{кр}=2\sqrt{\frac{L}{C}}$; в) $p_{1,2}=-\alpha\pm j\cdot\omega^{/}$; г) $p_1=p_2=-\frac{R}{2L}$.

7 Практическая длительность переходного процесса в случае одного корня характеристического уравнения p $\left[\tau=1/|p|\right]$ определится:

а) $t_{ПП} = \frac{3 \div 5}{\tau}$; б) $t_{ПП} = \frac{\tau}{3 \div 5}$; в) $t_{ПП} = (3 \div 5) \cdot \tau$; г) $t_{ПП} = (3 \div 5) \cdot |p|$.

8 При выполнении какого условия переходный процесс разрядки конденсатора ёмкостью С на катушку индуктивности ( R – L ) будет предельным апериодическим?

а) $R > R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$; б) $R < R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$; в) $p_1 = p_2 = -\frac{R}{2L}$; г) $p_{1,2} = -\alpha \pm j \cdot \omega'$.

9 Порядок характеристического уравнения для электрической цепи определится числом … в цепи.

а) сопротивлений $(K_R)$; б) индуктивностей $(K_L)$; в) ёмкостей $(K_C)$;
г) индуктивностей и ёмкостей $(K_L + K_C)$.

10 По какой формуле определится коэффициент затухания в случае колебательного переходного процесса в цепи R – L – C ?

а) $\alpha = \frac{R}{L}$; б) $\alpha = \frac{R}{2L}$; в) $\alpha = \frac{R}{3L}$; г) $\alpha = \frac{R}{2C}$ .

11 Как связаны между собой частота затухающих колебаний ($\omega'$), коэффициент затухания ($\alpha$) и частота незатухающих колебаний ($\omega_0$), в случае колебательного переходного процесса в цепи R – L – C ?

а) $\omega' = \omega_0 - \alpha$ ; б) $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 + \alpha^2}$ ; в) $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$ .

12 От вида корней характеристического уравнения зависит … составляющая переходного процесса.

а) …свободная… б) …принуждённая...

13 От начальных условий к моменту коммутации зависит … составляющая переходного процесса.

а) …принуждённая... б) …свободная…

14 Чему равно изображение по Лапласу постоянного напряжения U?

а) $\frac{U}{p}$; б) $U \cdot p$; в) $U$.

15 Как на операторной схеме замещения изобразится внутренний источник энергии для индуктивности?

а) $\frac{L i_L(0)}{p}$; б) $L\, i_L(0) \cdot p$; в) $L i_L(0)$.

16 Как на операторной схеме замещения изобразится внутренний источник энергии для ёмкости?

а) $\frac{C u_C(0)}{p}$; б) $C u_C(0) \cdot p$; в) $\frac{u_C(0)}{p}$.

17 Операторное сопротивление индуктивности:

а) $Z_L(p) = \frac{1}{L \cdot p}$; б) $Z_L(p) = L \cdot p$; в) $Z_L(p) = \frac{L}{p}$.

18 Операторное сопротивление ёмкости:

а) $Z_C(p) = \frac{1}{C \cdot p}$; б) $Z_C(p) = C \cdot p$; в) $Z_C(p) = \frac{C}{p}$.

19 Формула (теорема) разложения предназначена для …

а) … нахождения изображения функции по её оригиналу;

б) … нахождения оригинала функции по её изображению.

20 Операторное сопротивление цепи R – L – C запишется:

а) $Z(p) = R + L\,p + C\,p$; б) $Z(p) = R + L\,p + \frac{1}{C\,p}$; в) $Z(p) = R + \frac{1}{L\,p} + \frac{1}{C\,p}$.

**Задачи**

1 Переходный процесс в цепи 1-го порядка при постоянной ЭДС. Дана схема 1 электрической цепи, в которой происходит коммутация. Цепь содержит источник постоянной э.д.с. *E*=100 В, *L*= 1 мГн, *R*=10 Ом.

Решить задачу классическим методом (найти закон изменения одной величины).

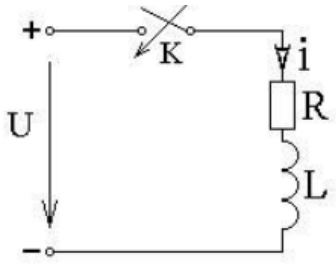


Схема 1

2 Дана схема 2 электрической цепи, в которой происходит коммутация. Переходный процесс в цепи при синусоидальной ЭДС. Цепь содержит источник синусоидальной э.д.с. e(t)=127sin(ωt)? $R_1$=$R_2$=2 Ом, *L*=0,0096 Гн. До коммутации в цепи действует установившийся режим. Решить задачу классическим методом (найти закон изменения одной величины)

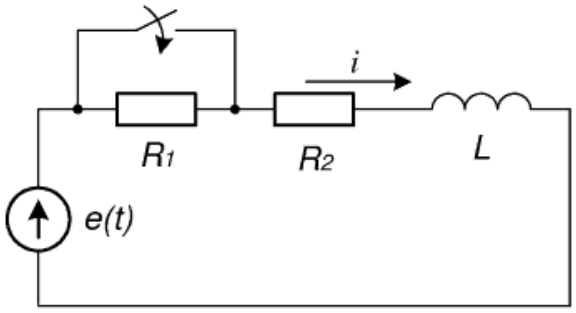



Схема 2

3 В схеме 3 происходит замыкание ключа. Параметры схемы: $e(t)=25\sin\omega t$ В, $R_1=R_2$=40 Ом ,$R_3$=32 Ом, $C$=22,5 мкФ, $f$=100 Гц.

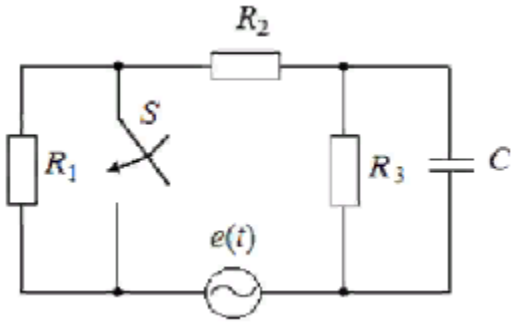



Схема 3

4 Для схемы 4 происходит отключение источника. Параметры схемы: $E = 80$ В; $L = 1$ мГ; $C = 10^3$ пФ; $R_1 = R_2 = 400$ Ом. Найти $U_C(t)$ классическим методом.

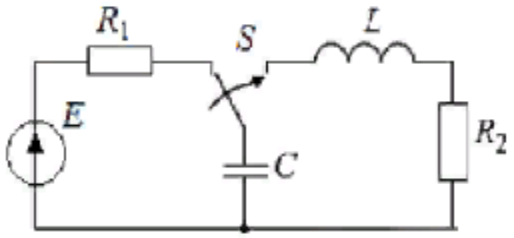



Схема 4

5 Переходный процесс в цепи 1-го порядка при постоянной ЭДС. Дана схема 1 электрической цепи, в которой происходит коммутация. Цепь содержит источник постоянной э.д.с. $E$=100 В, $L$= 1 мГн, $R$=10 Ом.

Рассчитать переходный процесс операторным методом задачу классическим методом (найти закон изменения одной величины).

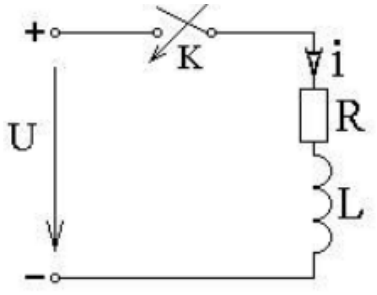



Схема 1

6 Дана схема 2 электрической цепи, в которой происходит коммутация. Переходный процесс в цепи при синусоидальной ЭДС. Цепь содержит источник синусоидальной э.д.с. e(t)=127sin(ωt)? $R_1$=$R_2$=2 Ом, $L$=0,0096 Гн. До коммутации в цепи действует установившийся режим. Рассчитать переходный процесс операторным методом (найти закон изменения одной величины)

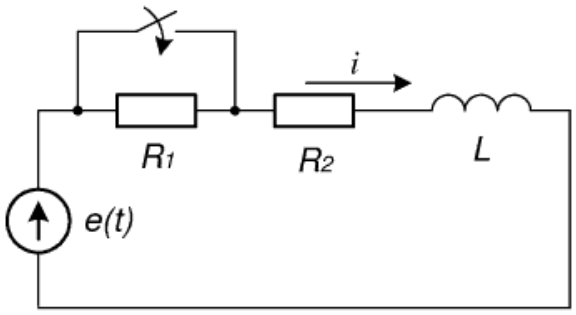



Схема 2

7 В схеме 3 происходит замыкание ключа. Параметры схемы: $e(t)=25\sin\omega t$ В, $R_1$=$R_2$=40 Ом ,$R_3$=32 Ом, $C$=22,5 мкФ, $f$=100 Гц.

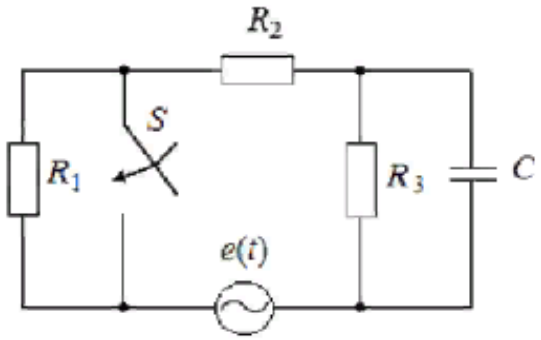



Схема 3

8 Для схемы 4 происходит отключение источника. Параметры схемы: $E = 80$ В; $L = 1$ мГ; $C = 10^3$ пФ; $R_1 = R_2 = 400$ Ом. Найти $U_C(t)$ операторным методом.

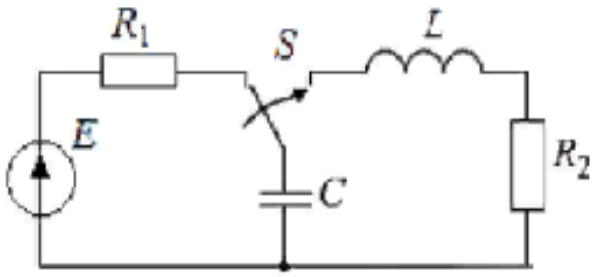
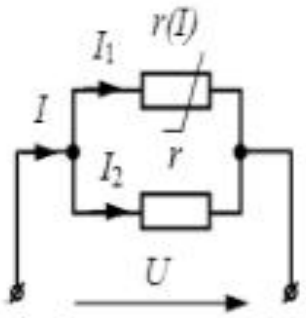


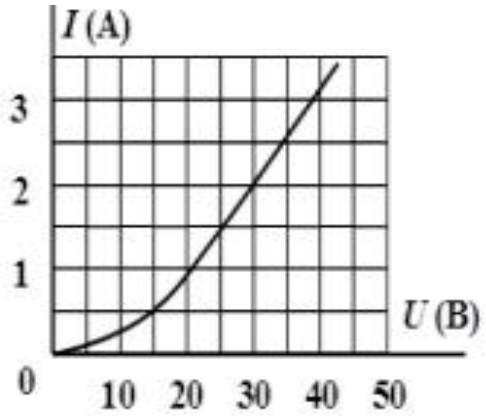

Схема 4

## 2.3 Раздел 3 Нелинейные электрические цепи при постоянных токах и напряжениях

Перечень вопросов для тестирования:

1

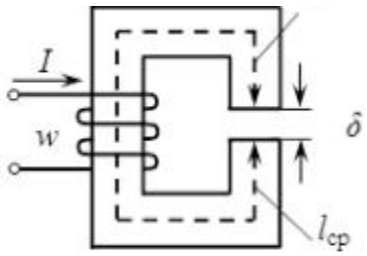



В нелинейной электрической цепи постоянного тока $I_1$ = 2 А, $r$ = 30 Ом, тогда ток $I_2$ … равен А.

а) 1 А; б) 3 А; в)2 А

2




МДС у приведенной магнитной цепи определяется уравнением

Выберите один ответ:

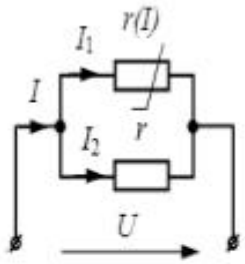
а) $Iw = \Phi l_{ср} + \Phi_\delta \delta$

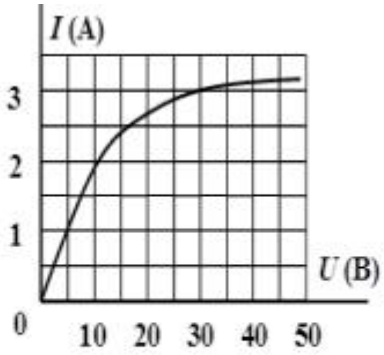
б) $Iw = Hl_{ср} + H_\delta \delta$

в) $Iw = Bl_{ср} + B_\delta \delta$

г) $Iw = \frac{H}{l_{ср}} + \frac{H_\delta}{\delta}$

3

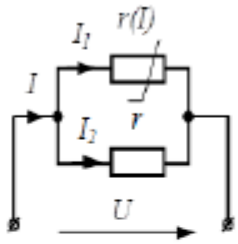


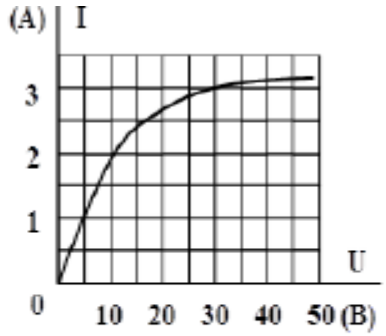




В нелинейной электрической цепи постоянного тока $I_1$ = 3 А, $r$ = 10 Ом, тогда ток $I_2$ равен … А.

а) 1 А; б) 2 А; 3 А

4

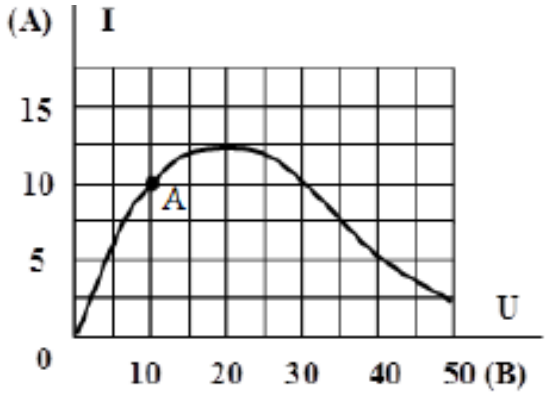



Если $I$ = 3 А, $r$ = 10 Ом, тогда статическое сопротивление нелинейного резистора в рабочей точке $R_{cm}$ равно … Ом.

а) 4 Ом; б) 5 Ом; в) 6 Ом

5




Динамическое сопротивление нелинейного элемента в рабочей точке А равно … Ом.

а) 2 Ом; б) 3 Ом; в) 4 Ом

## 2.4 Раздел 4 Нелинейные электрические цепи при переменных токах и напряжениях

1 Магнитное напряжение участка магнитной цепи запишется:

а) $U_M = R_M \cdot I$; б) $U_M = R_M \cdot H$; в) $U_M = R_M \cdot B$; г) $U_M = R_M \cdot \Phi$.

2 Абсолютная магнитная проницаемость ферромагнетика определится:

а) $\mu_a = \frac{B}{\Phi}$; б) $\mu_a = \frac{B}{F}$; в) $\mu_a = \frac{B}{H}$; г) $\mu_a = \frac{\mu}{\mu_0}$.

3 Сердечник катушки индуктивности из ферромагнитного материала характеризуется кривой намагничивания, т.е. зависимостью ...

а) $B = f(H)$; б) $B = f(I)$; в) $B = f(\Phi)$; г) $B = f(F)$.

4 Для магнитного сопротивления участка магнитной цепи справедливо соотношение:

а) $R_{м} = \frac{\ell}{\mu_a \cdot S}$; б) $R_M = \frac{1}{\mu_a \cdot \ell \cdot S}$; в) $R_{м} = \mu_a \frac{\ell}{S}$; г) $R_M = \frac{S}{\mu_a \cdot \ell}$.

5 Магнитное напряжение $\mathrm{U_м} = H \cdot \ell$ для магнитной цепи измеряется в …

а) Вольтах (В); б) Теслах (Тл); в) Веберах (Вб); г) Амперах (А).

6 Магнитное сопротивление ферромагнитного сердечника $(R_{мс})$ и магнитное сопротивление воздушного промежутка магнитной цепи $(R_{мв})$ с одинаковыми геометрическими размерами связаны между собой соотношением:

а) $R_{мв} < R_{мс}$; б) $R_{мв} = R_{мс}$; в) $R_{мв} > R_{мс}$.

7 Нелинейная индуктивность характеризуется нелинейной ... характеристикой.

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

8 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) $\sum_{k=1}^{\infty} H_k = 0$.

9 Как запишется второй закон Кирхгофа для магнитной цепи?

а) $\sum_{k=1}^{\infty} H_k \cdot \ell_k = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$; б) $\sum_{k=1}^{\infty} B_k \cdot \ell_k = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$; в) $\sum_{k=1}^{\infty} H_k \cdot S_k = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$.

10 «Идеальный» выпрямитель характеризуется соотношениями:

а) $R_{пр} = 0, \quad R_{обр} = \infty$; б) $R_{пр} = 0, \quad R_{обр} = 0$; в) $R_{пр} = \infty, \quad R_{обр} = 0$.

11 Для полупроводникового выпрямителя снимают характеристику...

а) вебер-амперную б) кулон-вольтную…; в) вольт-амперную….

12 При идеальном вентиле в однополупериодной схеме выпрямления действующее значение выпрямленного тока определится:

а) $\mathrm{I} = \frac{\mathrm{I_m}}{\sqrt{2}}$; б) $\mathrm{I} = \frac{\mathrm{I_m}}{2}$; в) $\mathrm{I} = \frac{\mathrm{I_m}}{2 \cdot \sqrt{2}}$.

13 При идеальном вентиле в однополупериодной схеме выпрямления постоянная составляющая выпрямленного тока (нулевая гармоника)) определится:

а) $\mathrm{I_0} = \frac{\mathrm{I_m}}{\sqrt{2}}$; б) $\mathrm{I_0} = \frac{\mathrm{I_m}}{2}$; в) $\mathrm{I_0} = \frac{\mathrm{I_m}}{\pi}$.

14 Коэффициент искажения в однополупериодной схеме выпрямления с идеальным вентилем определится:

а) $\mathrm{Cos}\varphi = \frac{2}{\sqrt{2}}$; б) $\mathrm{Cos}\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$; в) $\mathrm{Cos}\varphi = 1$

15 Как насыщение сердечника катушки сказывается на форме тока в этой катушке при синусоидальном приложенном напряжении?
а) искажает форму тока; б) не влияет на форму тока; в) улучшает форму тока.

16 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) $F = W \cdot I$.

17 Уравнение трансформаторной ЭДС для катушки индуктивности с сердечником и числом витков W запишется:

а) $\mathrm{E} = 4{,}44 \cdot \mathrm{W} \cdot f \cdot \Phi_\mathrm{m}$; б) $\mathrm{E} = \frac{1}{\sqrt{2}} \mathrm{W} \cdot f \cdot \Phi_\mathrm{m}$; в) $\mathrm{E} = 4{,}44 \cdot \mathrm{W} \cdot \omega \cdot \Phi_\mathrm{m}$

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

а) $\Phi = \mathrm{W} \cdot \mathrm{B}$; б) $\Phi = \frac{B}{S}$; в) $\Phi = \mathrm{S} \cdot B$; г) $\Phi = \square \cdot B$.

**Задачи**

1 Рассчитать энергию, запасенную в магнитном поле катушки с кольцевым сердечником, предполагая это поле равномерным (рисунок 1), и коэффициент самоиндукции $L$. Все величины заданы на рисунке в общем виде, как и *l*, $\mu_r$.

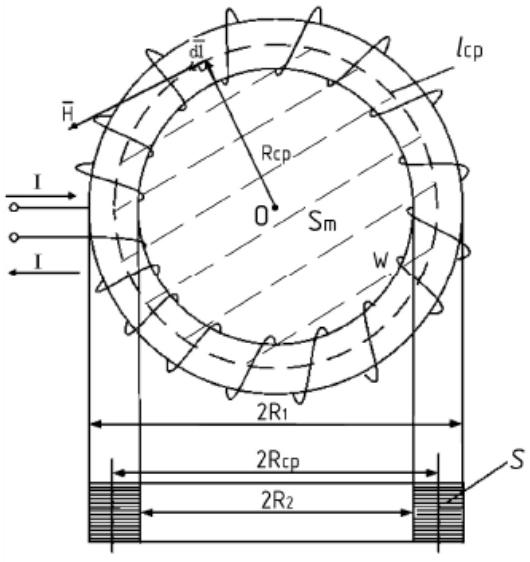



Рисунок 1

2 На кольцевом замкнутом сердечнике магнитопровода расположена обмотка с равномерным распределением витков по всей длине. Поперечный разрез магнитопровода прямоугольный: внешний

диаметр $D_1$=0,35 м, внутренний $D_2$=0,25 м, толщина *h=0,08 м.* Вычислить магнитную индукцию для заданного магнитного потока $\Phi=25\cdot10^{-4}$ Вб.

3 На кольцевом замкнутом сердечнике магнитопровода из литой стали расположена обмотка с равномерным распределением витков по всей длине. Вычислить напряженность магнитного поля в катушке, если магнитная индукция B=0,63 Тл.

4 На кольцевом замкнутом сердечнике магнитопровода с длиной средней линии $l_{ср}$=0.94 м расположена обмотка с равномерным распределением витков *w=250*. Вычислить тока силу в катушке, необходимую для создания напряженности магнитного поля в катушке *H*= 490 А/м.

5 На кольцевом замкнутом сердечнике магнитопровода расположена обмотка с равномерным распределением витков. Вычислить относительную магнитную проницаемость при заданном значении магнитной индукции *B*=0,63 Тл и напряженности магнитного поля в катушке *H*= 490 А/м.

6 Оцените потери в стали 1521 (B=1,44 Тл) при частоте 50 Гц и напряженности внешнего магнитного поля 2500 А/м и сравните эти потери с потерями в стали 1511 (B=1,5 Тл) при тех же условиях.

7 Определить магнитодвижущую силу, необходимую для получения магнитного потока $5{,}9\cdot10^{-4}$ Вб в кольцеобразном сердечнике, сечением S = 5 см$^2$. Длина средней линии магнитной индукции l = 25 см. Определить H (напряженность магнитного поля в сердечнике) и $\mu_r$ (относительная магнитная проницаемость материала сердечника). Материал сердечника - слаболегированная электротехническая листовая сталь Э11.

## 3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ (разделы 1,2), теоретический и методический материал для самостоятельного изучения представлены в методических указаниях к практическим занятиям и приложении.

### Примеры заданий на практических занятиях

### 1 Тема «Расчет линейных электрических цепей с несинусоидальными токами»

Задание 1 Электрической цепь (рисунок 3) нагружена на активное сопротивление нагрузки $R_н$. На вход цепи воздействует периодическое напряжение $u_1(t)$, заданное в виде графика (рисунок 4). Значения напряжения $U_m$ , периода изменения T, параметров элементов схемы L, C и сопротивления $R_н$ заданы (таблица 2).

Требуется:

1 Представить входное напряжение $u_1(t)$ в виде ряда Фурье до 5-й гармоники включительно, используя табличные разложения, приведѐнные в учебниках (справочниках).

2 Обозначив сопротивления элементов схемы в общем виде как $R_н$, $jX_L^{(k)}$ и $jX_C^{(k)}$ вывести формулу для комплексной амплитуды напряжения на нагрузке $U_{2m}$ через $U_{1m}$ – амплитуду входного напряжения. Полученное выражение пригодно для каждой гармоники.

3 Записать закон изменения напряжения на нагрузке (мгно-венное значение напряжения) в виде ряда Фурье.

4 Построить друг под другом линейчатые спектры амплитуд входного $u_1(t)$ и выходного $u_2(t)$ напряжений.

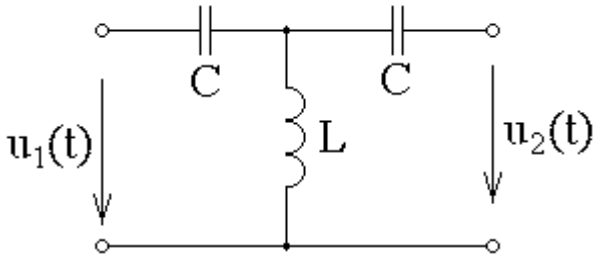



Рисунок 3

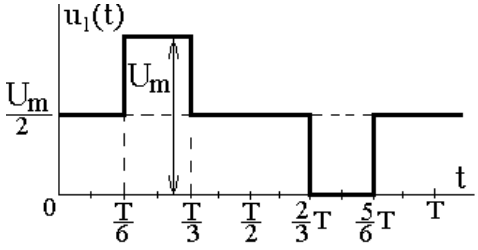



Рисунок 4

Таблица 2 – Параметры элементов электрической цепи

| L | C | T | $U_m$ | $R_н$ |
|---|---|---|---|---|
| мГн | мкФ | мс | В | Ом |
| 0,5 | 0,4 | 0,137 | 110 | 28,1 |

## 2 Тема «Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях»

Задание 1 Рассчитать переходный процесс в цепи (рисунок 6).
Исходные данные:

e(t)=40sin(ωt+40) В, R=10 Ом, L=0,28 мГн.

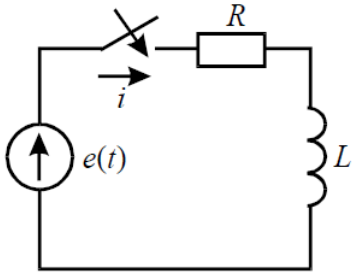



Рисунок 6

Задание 2 На рисунке 7 происходит замыкание ключа. Параметры схемы: E=30 В, R=200 Ом, L=12 мГн, C=5000пФ. Найти классическим методом выражения для $U_C(t)$ и $U_{Cm}$.

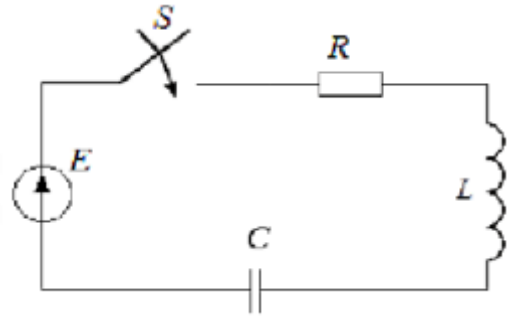


Рисунок 7

## 4 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1 Напряжение смещения нейтрали в трёхфазной цепи.

2 Роль нулевого провода в трёхфазной цепи.

3 Мощности трёхфазной цепи.

4 Разложение несимметричной системы трёх векторов на симметричные составляющие.

5 Сопротивления симметричной трёхфазной цепи токам различных последовательностей.

6 Причины появления несинусоидальных токов и напряжений. Нахождение коэффициентов ряда Фурье. Дискретный частотный спектр несинусоидальных функций.

7 Максимальное, среднее и действующее значения несинусоидальных токов и напряжений.

8 Коэффициенты, характеризующие несинусоидальные токи и напряжения (коэффициенты амплитуды, формы, искажения, несинусоидальности).

9 Мощности цепи несинусоидального тока (активная, реактивная, полная, мощность искажения).

10 Измерения в цепи несинусоидальных токов и напряжений.

11 Расчёт линейных электрических цепей с несинусоидальными токами.

12 Влияние параметров цепи на форму тока при несинусоидальном входном напряжении.

13 Резонансные явления в цепи с несинусоидальными токами. Электрические фильтры.

14 Причины возникновения переходных процессов. Законы коммутации.

15 Свободный, принуждённый и переходный токи.

16 Общий случай расчёта переходных процессов классическим методом.

17 Короткое замыкание катушки индуктивности.

18 Включение катушки индуктивности на постоянное напряжение.

19 Включение катушки индуктивности на синусоидальное напряжение. Ударный ток, ударный коэффициент.

20 Разряд конденсатора на резистор.

21 Определение постоянной времени цепи по графику переходного процесса.

22 Длительность переходного процесса.

23 Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов R, L и C. Критическое сопротивление.

24 Апериодический разряд конденсатора.

25 Периодический (колебательный) разряд конденсатора. Коэффициент затухания, частота затухающих колебаний, декремент колебания.

26 Изображение временной функции по Лапласу.

27 Закон Ома в операторной форме. Законы Кирхгофа в операторной форме.

28 Эквивалентные операторные схемы замещения.

29 Нахождение оригинала по известному изображению. Теорема разложения.

30 Порядок расчёта переходных процессов операторным методом.

31 Инерционные и безынерционные нелинейные элементы электрической цепи.

32 Аналитические методы расчёта нелинейных электрических цепей.

33 Графические методы расчёта нелинейных электрических цепей.

34 Вольтамперная характеристика полупроводникового диода (реального, идеального). Аппроксимация характеристики диода.

35 Однополупериодный выпрямитель.

36 Аналитический метод расчёта цепи, содержащей полупроводниковый диод.

37 Графический метод расчёта цепи, содержащей полупроводниковый диод.

38 Форма тока и магнитного потока в катушке с ферромагнитным сердечником при синусоидальном входном напряжении.

39 Условная линеаризация нелинейной цепи переменного тока.

40 Схема замещения и векторные диаграммы катушки с ферромагнитным сердечником.

**Примеры заданий контрольной работы**

**Задание 1** Электрической цепь (рисунок 3) нагружена на активное сопротивление нагрузки $R_н$. На вход цепи воздействует периодическое напряжение $u_1(t)$, заданное в виде графика (рисунок 4). Значения напряжения $U_m$ , периода изменения T, параметров элементов схемы L, C и сопротивления $R_н$ заданы (таблица 2).

Требуется:

1 Представить входное напряжение $u_1(t)$ в виде ряда Фурье до 5-й гармоники включительно, используя табличные разложения, приведѐнные в учебниках (справочниках).

2 Обозначив сопротивления элементов схемы в общем виде как $R_н$, $jX_L^{(k)}$ и $jX_C^{(k)}$ вывести формулу для комплексной амплитуды напряжения на нагрузке $U_{2m}$ через $U_{1m}$ – амплитуду входного напряжения. Полученное выражение пригодно для каждой гармоники.

3 Записать закон изменения напряжения на нагрузке (мгновенное значение напряжения) в виде ряда Фурье.

4 Построить друг под другом линейчатые спектры амплитуд входного $u_1(t)$ и выходного $u_2(t)$ напряжений.

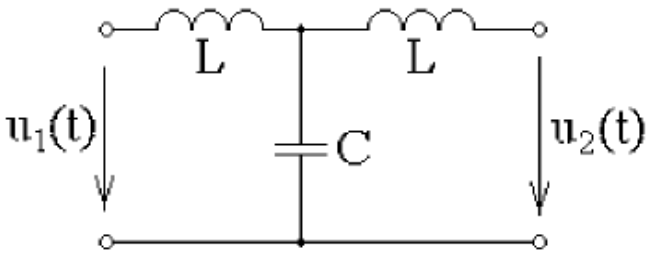



Рисунок 3

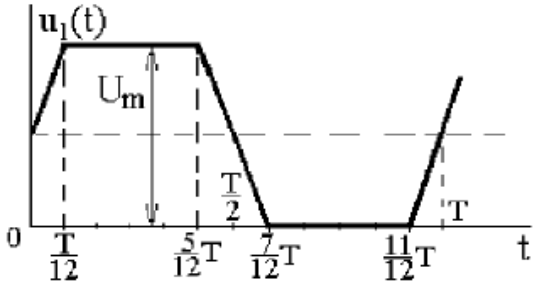



Рисунок 4

Таблица 2 – Параметры элементов электрической цепи

| L | C | T | $U_m$ | $R_н$ |
|---|---|---|---|---|
| мГн | мкФ | мс | В | Ом |
| 0,5 | 0,4 | 0,137 | 110 | 28,1 |

**Задание 2** Рассчитать переходный процесс в цепи (рисунок 2). Исходные данные приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Схема электрической цепи и переводные коэффициенты

| № схемы | $к_R$ | $к_L$ | Цепь содержит элементы | Источник энергии в цепи | Найти ток |
|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 1,50 | 1,20 | $R_1$, $R_2$, $L_2$, $R_3$, $C_3$ | $E_2$ | $i_1(t)$ |

Таблица 4 – Базовые параметры элементов электрической цепи

| № варианта | $E_2$, В | $R_{10}$, Ом | $R_{20}$, Ом | $L_{20}$, мГн | $R_{30}$, Ом | $C_{30}$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 50 | 12 | 11 | 400 | 25 | 150 |

Последовательность срабатывания ключей:

первым размыкается ключ К33 (К33 = К1),

вторым замыкается ключ К21 (К21 = К2) .

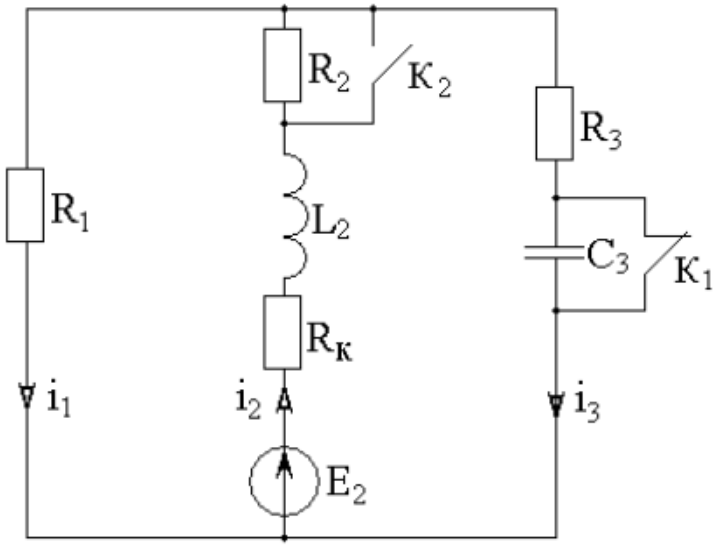



Рисунок 2