



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИнЭО

\_\_\_\_\_ С.И. Качин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Методические указания и индивидуальные задания  
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению  
230100 «Информатика и вычислительная техника»

*Составители*

**Л.И. Аристова, Е.Б. Шандарова**

<b>Семестр</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Кредиты		6
Лекции, часов	2	6
Лабораторные занятия, часов		6
Практические занятия, часов		2
Индивидуальные задания		№1, №2
Самостоятельная работа, часов		112
Формы контроля		экзамен

Издательство

Томского политехнического университета

2015





УДК 21.3

Электротехника: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника» / сост. Л.И. Аристова, Е.Б. Шандарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 59 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры электрических сетей и электротехники 30 июня 2015 г., протокол № 36.

И.о. зав. кафедрой ЭСиЭ,  
кандидат техн. наук \_\_\_\_\_ А.В. Прохоров

#### **Аннотация**

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Электротехника» предназначены для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника». Данная дисциплина изучается один семестр.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны темы лабораторных работ и практических занятий. Приведены варианты индивидуальных домашних заданий. Даны методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий.





## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ .....	24
3.1. Тематика практических занятий .....	24
3.2. Перечень лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ) .....	24
3.3. Перечень лабораторных работ для студентов, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) .....	24
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ.....	26
4.1. Общие методические указания .....	26
4.2. Требования к оформлению ИДЗ .....	27
4.3. Варианты ИДЗ и методические указания.....	29
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ .....	52
5.1. Требования для сдачи экзамена .....	52
5.2. Вопросы для подготовки к экзамену .....	52
5.3. Образец экзаменационного билета для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ) .....	54
5.4. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ .....	55
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	57
6.1. Литература обязательная .....	57
6.2. Литература дополнительная.....	58
6.3. Учебно-методические пособия .....	58





## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Целью** изучения дисциплины является формирование электротехнических знаний, позволяющих специалисту достаточно четко представлять физические процессы, происходящие в электрических и магнитных цепях, понимать назначение, выполняемые функции и возможности электрооборудования, знать свойства электроизмерительных приборов, уметь разбираться в электрических схемах, представленных в инструкциях и технических паспортах.

**Задачей** изучения дисциплины студентами неэлектротехнических специальностей является овладение основами методами расчета электрических цепей, теоретическими и практическими знаниями по выбору электрооборудования и электронных приборов для осуществления технологического процесса.

Дисциплина «Электротехника» относится к базовой части профессионального цикла направления 230100 «Информатика и вычислительная техника». Изучение курса «Электротехника» базируется на знаниях и умениях, приобретенных студентами при изучении курсов «Физика 1», «Физика 2», «Физика 3», «Математический анализ 1», «Математический анализ 2» и «Информатика». Из курса дисциплины «Физика 1», «Физика 2», «Физика 3» базовыми являются разделы «Электричество и магнетизм» и «Колебания и волны». Из курса дисциплины «Математический анализ 1», «Математический анализ 2» студенты должны знать тригонометрические функции и операции с ними, решение системы линейных алгебраических уравнений, иметь понятие о векторной алгебре, функции комплексного переменного. Из курса дисциплины «Информатика» студенты должны уметь применять компьютерную технику и информационные технологии при решении инженерных задач.

Для успешного освоения дисциплины студенту необходимо

**знать:**

- основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления;
- функции комплексных переменных;
- методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений;
- основные физические явления и законы электротехники;

**уметь:**

- применять методы математического анализа;
- применять компьютерную технику и информационные технологии при решении инженерных задач;





– выявлять физическую сущность явлений и процессов в различных устройствах;

**владеть:**

– инструментарием при решении математических и физических задач.

**Пререквизитами** данной дисциплины являются: «Физика 1», «Физика 2», «Физика 3», «Математический анализ 1», «Математический анализ 2», «Информатика».

**Кореквизит:** «Периферийные устройства».

В результате изучения данной дисциплины студент должен получить теоретические знания и практические навыки по методам расчета и анализа схем замещения электротехнических устройств.

В результате освоения дисциплины студент должен

**знать:**

– основные понятия и законы электротехники, методы расчета электрических цепей;

– электрические измерения;

– электротехническую терминологию и символику;

**уметь:**

– производить измерение электрических величин;

– экспериментально определять параметры и характеристики электротехнических элементов;

– выбирать электротехнические и электронные приборы для различных задач технологического процесса;

**владеть:**

– умением расчета электрических цепей;

– навыками подключения электротехнических приборов и устройств, управления ими и контроля над их эффективной и безопасной работой;

– способами измерений основных электрических величин.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются компетенции:

**общекультурные:**

– способностью стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (**ОК-6**);

– способностью использовать основные законы электротехники в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (**ОК-10**);

– способность логического мышления.

**профессиональные:**

– способностью владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей (**ПК-4**);





- способностью владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных **(ПК-5)**;
- обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности **(ПК-6)**.





## 2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Электрические цепи постоянного тока

**1.1.** Электрические устройства постоянного тока и области их применения. Элементы электрических цепей, их условные графические обозначения. Источники и приемники электрической энергии. Электрические схемы замещения электротехнических устройств постоянного тока. Источники электродвижущей силы и тока, резистивные элементы, их свойства и характеристики. Режимы работы источников постоянного тока.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 3–6], [2, с. 5–8], [5, с. 8–23], [8, с. 10–14, 24–25], [9, с. 13–16], [10, с. 4–6, 9–15, 35–36].

**1.2.** Топологические понятия теории электрических цепей. Незаветвленные и разветвленные электрические цепи с одним источником электрической энергии. Условные положительные направления электродвижущих сил, напряжений и токов на схемах электрических цепей.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 6–7], [5, с. 24–25], [8, с. 17–19], [9, с. 16–22], [10, с. 7–8].

**1.3.** Определение эквивалентных сопротивлений неразветвленных и разветвленных пассивных электрических схем. Взаимное преобразование схем соединений треугольником и звездой пассивных элементов. Анализ линейных электрических цепей с одним источником электрической энергии методом эквивалентных преобразований.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 7–8], [5, с. 27–35], [8, с. 25–35, 40–41], [9, с. 25–28, 36–44], [10, с. 21–24].

**1.4.** Законы Кирхгофа. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа для анализа электрического состояния линейных электрических цепей постоянного тока.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 7–8, 11–12], [5, с. 26, 36–40], [8, с. 41–42], [9, с. 23–25, 44–47], [10, с. 5–21].

**1.5.** Практические методы анализа электрического состояния разветвленных электрических цепей с одним и несколькими источниками электрической энергии, методы расчета: метод контурных токов, метод узлового напряжения, метод эквивалентного генератора (эквивалентного активного двухполюсника).

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 13–19], [5, с. 40–49], [8, с. 42–48], [9, с. 47–55], [10, с. 24–28, 31–35].





**1.6.** Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов. Графический метод анализа простейших нелинейных электрических цепей. Понятие статического и динамического сопротивлений нелинейных элементов. Графо-аналитические методы расчета нелинейных электрических цепей. Применение метода эквивалентного активного двухполюсника (эквивалентного генератора) для анализа нелинейных электрических цепей.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 50–57], [8, с. 50–56].

### Методические указания

Необходимо иметь представление об электротехнических устройствах постоянного тока и областях их применения; об источниках и приемниках электрической энергии и режимах их работы.

Знать принципы составления схем замещений электротехнических устройств. Иметь представление о нелинейных электрических цепях и особенностях их расчета.

Необходимо знать понятия электрической цепи, узла, контура, линейных элементов электрических цепей; законы Ома и Кирхгофа, энергетические соотношения в электрических цепях.

Уметь проводить анализ неразветвленных и разветвленных электрических цепей с одним источником энергии и с несколькими источниками электрической энергии.

Иметь опыт применения законов Кирхгофа, метода контурных токов, двух узлов и эквивалентного генератора для расчета электрических цепей постоянного тока.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Определите понятия: *электрическая цепь, схема, ветвь, узел, контур, независимый контур.*
2. Дайте определения понятиям *электрический ток, потенциал точки, напряжение, мощность.*
3. Дайте определение понятию *активный элемент электрической цепи.*
4. Чему равно:
  - внутреннее сопротивление идеального источника напряжения?
  - внутренняя проводимость идеального источника тока?
5. Нарисуйте внешние характеристики и условные обозначения в схемах замещения идеальных источников энергии.
6. Дайте определение понятию *пассивный элемент электрической цепи.*
7. Какие функции выполняет резистор как элемент схемы замещения реальной электрической цепи? Нарисуйте его условное обозначение







в схемах замещения. Запишите основные формулы связи между напряжением и током.

8. Сформулируйте первый закон Кирхгофа. Сколько независимых уравнений возможно составить на основе первого закона для цепи с тремя узлами?

9. Сформулируйте второй закон Кирхгофа. Сколько независимых уравнений возможно составить на основе второго закона для цепи с четырьмя узлами и шестью ветвями?

10. Опишите суть метода контурных токов. Какие законы электротехники положены в основу этого метода?

11. Схема содержит  $N$  узлов и  $M$  ветвей. Сколько уравнений может быть записано по методу контурных токов?

12. В каких случаях при анализе работы электрических схем используется метод междуузлового напряжения? Какие законы электротехники используются в данном методе? Нарисуйте электрическую схему с несколькими параллельно соединенными ветвями, включающими активные и пассивные элементы. Составьте выражения для расчета напряжения между узлами и токов в ветвях.

13. Как определяется число подсхем в методе наложения?

14. В каждой подсхеме оставляют один источник, а что делают с остальными?

15. Какой суммой частичных токов (арифметической или алгебраической) определяются токи ветвей в методе наложения?

16. От чего зависит сопротивление эквивалентного генератора?

17. Что следует понимать под *балансом мощностей*?

## Тема 2. Линейные однофазные электрические цепи синусоидального тока

**2.1.** Особенности электромагнитных процессов в цепях переменного тока. Простейший генератор синусоидальной электродвижущей силы. Способы представления электрических величин – синусоидальных функций: временными диаграммами, средними и действующими значениями, векторами, комплексными числами. Основные параметры, характеризующие синусоидальную функцию.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 20–23], [2, с. 20–22], [5, с. 59–61, 67–77], [8, с. 60–69, 106–111], [9, с. 57–66], [10, с. 37–38, 45–53].

**2.2.** Электротехнические устройства однофазного синусоидального тока. Идеальные элементы электрической цепи переменного тока: резистивный, индуктивный, емкостный. Электрические схемы замещения.





**Рекомендуемая литература:** [1, с. 23–26], [2, с. 22–26], [5, с. 62–66], [8, с. 70–84], [9, с. 66–74], [10, с. 38–45].

**2.3.** Анализ электрического состояния простейших электрических цепей переменного тока с идеальными элементами: резистивным, индуктивным, емкостным. Условные положительные направления синусоидальных величин на схемах электрических цепей. Уравнения электрического состояния электрических цепей синусоидального тока. Запись уравнений для мгновенных и комплексных величин.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 26–28], [5, с. 82–93], [8, с. 70–78], [9, с. 78–83], [10, с. 53–57].

**2.4.** Уравнения электрических состояний электрических цепей с последовательным соединением элементов. Активное, реактивное и полное сопротивления двухполюсника. Векторные диаграммы на комплексной плоскости. Фазовые соотношения между токами и напряжениями.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 28–30], [5, с. 93–98], [8, с. 79–86], [9, с. 83–92], [10, с. 57–61, 65–77].

**2.5.** Параллельное соединение элементов. Уравнения электрического состояния. Активная, реактивная, полная проводимости. Векторные диаграммы на комплексной плоскости. Фазовые соотношения между токами и напряжениями.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 103–106], [8, с. 95–99], [9, с. 92–100], [10, с. 77–82].

**2.6.** Резонансные явления в электрических цепях, условия возникновения резонансов и их практическое значение.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 34–40], [5, с. 98–103, 106–112], [8, с. 90–95, 100–104], [9, с. 116–123], [10, с. 88–94].

**2.7.** Понятие об анализе электрического состояния разветвленных электрических цепей синусоидального тока с одним источником питания. Активная, реактивная и полная мощности.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 30–33], [5, с. 113–125], [8, с. 86–89, 95–100, 112–119], [9, с. 103–114], [10, с. 83–86].

**2.8.** Коэффициент мощности. Техничко-экономическое значение повышения коэффициента мощности и способы компенсации реактивной мощности.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 125–130], [8, с. 145–148], [9, с. 114–116], [10, с. 87–88].



## Методические указания

Необходимо иметь понятие о способах представления электрических величин тригонометрическими функциями, временными диаграммами, векторами, комплексными числами; об особенностях электромагнитных процессов в электрических цепях переменного тока.

Знать условные графические обозначения электротехнических устройств переменного тока.

Знать элементы схем замещения электрических цепей переменного тока; уравнения электрического состояния цепей синусоидального тока для мгновенных и комплексных значений; условия возникновения и практическое применение резонанса напряжений и резонанса токов; колебания энергии и мощности в цепях синусоидального тока.

Уметь проводить анализ электрического состояния разветвленных синусоидальных цепей с одним источником питания.

Иметь опыт расчета синусоидальных цепей, построения векторных диаграмм на комплексной плоскости, определения фазовых соотношений между токами и напряжениями.

## Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение *мгновенного значения тока, напряжения, ЭДС*.
2. Что такое *период, частота, угловая частота периодически изменяющегося тока или напряжения*?
3. Зависят ли действующие значения синусоидальных токов и напряжений от их начальных фаз?
4. Что такое *фазовый сдвиг*?
5. На каком пассивном элементе фазовый сдвиг равен нулю?
6. На каком пассивном элементе напряжение:
  - опережает ток на угол 90 градусов?
  - отстает от тока на угол 90 градусов?
7. Запишите формулы для реактивного сопротивления и проводимости:
  - емкостного элемента;
  - индуктивного элемента.
8. Изложите основы символического метода расчета. Запишите основные формулы перехода из одной формы записи комплексного числа к другой.
9. Дайте формулировки закона Ома и законов Кирхгофа в комплексной форме.
10. Дайте определение *векторной диаграммы*. Поясните, как строятся лучевая и топографическая векторные диаграммы.
11. Что такое *треугольник сопротивлений*?



12. Объясните, что понимают под *активной, реактивной и полной мощностями цепи*. Запишите, по каким формулам они рассчитываются.

13. Что такое *коэффициент мощности*? Выразите его через активную и реактивную мощности в цепи синусоидального тока.

14. Какие методы расчета цепей с переменными токами применяются? Поясните, чем они отличаются от методов расчета цепей с постоянными токами.

15. Дайте определение *резонанса*.

16. Изменяя какие величины можно достигнуть резонанса в цепи?

17. Объясните, в каком контуре и при каких условиях возможен:

- резонанс напряжений;
- резонанс токов.

18. Объясните, что определяет добротность контура при резонансе напряжений и токов.

19. Что называют *резонансными кривыми*?

20. Какое значение (наибольшее или наименьшее) входного тока цепи будет при резонансе:

- в последовательном колебательном контуре?
- в параллельном колебательном контуре?

### Тема 3. Трехфазные цепи

**3.1.** Элементы трехфазных электрических цепей. Принцип действия трехфазного генератора. Способы изображения симметричной системы электродвижущих сил.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 40–42], [5, с. 150–152], [8, с. 123–126], [9, с. 124–127], [10, с. 104–106].

**3.2.** Способы соединения фаз трехфазного источника питания. Трехпроводные и четырехпроводные электрические цепи. Фазные и линейные напряжения. Условно-положительные направления электрических величин в трехфазной электрической цепи. Классификация и способы включения электрических приемников в трехфазную электрическую цепь.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 42–45], [5, с. 153–157], [8, с. 127–131], [9, с. 127–131], [10, с. 106–112].

**3.3.** Соединение элементов трехфазной электрической цепи звездой и треугольником. Соотношение между фазными и линейными напряжениями и токами при симметричных и несимметричных режимах работы.



**Рекомендуемая литература:** [1, с. 45–55], [5, с. 157–166], [8, с. 131–143], [9, с. 132–148], [10, с. 117–123].

### Методические указания

Необходимо иметь представление об элементах трехфазных цепей; трехфазных генераторах; способах изображения симметричной системы ЭДС; способах соединения фаз обмотки генератора.

Знать трехпроводные и четырехпроводные электрические цепи, их фазные и линейные напряжения, их соотношения.

Иметь представление о классификации и способах включения приемников в трехфазную цепь; назначении нейтрального провода.

Иметь представление о расчете мощности трехфазной цепи и способах измерения активной мощности при симметричной и несимметричной нагрузках.

Уметь проводить анализ трехпроводной и четырехпроводной трехфазных цепей при симметричной и несимметричной нагрузках.

Иметь опыт расчета и построения векторных диаграмм симметричных и несимметричных приемников, соединенных звездой и треугольником.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Изобразите схемы трехфазных электрических цепей при соединении приемников «звездой» и «треугольником». Покажите включение электроизмерительных приборов для измерения линейных и фазных напряжений и токов.

2. Что такое *симметричная и несимметричная трехфазная нагрузка, симметричная система электродвижущих сил, напряжений и токов.*

3. Напишите выражения для мгновенных значений напряжений, образующих трехфазную симметричную систему.

4. Напишите выражения для мгновенных значений токов, образующих трехфазную симметричную систему.

5. Запишите соотношения линейных и фазных напряжений и токов для трехфазной симметричной нагрузки, соединенной «звездой» и «треугольником».

6. Объясните роль нейтрального провода в трехфазных четырехпроводных электрических цепях.

7. Трехфазный приемник соединен «треугольником». В фазу *AB* включен реостат, в фазу *BC* – реальная индуктивная катушка (*L, R*), в фазу *CA* – конденсатор. Начертите топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.





8. Действующее значение линейного тока в трехфазном симметричном приемнике, соединенном по схеме «звезда» без нейтрального провода, равно 1 А. В одном из линейных проводов произошел обрыв. Чему равны токи в двух других линейных проводах?

9. Напишите выражения для активной, реактивной и полной мощностей трехфазной системы.

10. Трехфазный электрический приемник соединен по схеме «звезда» с нейтральным проводом. Сопротивление нейтрального провода принимаем равным нулю ( $Z_N = 0$ ). Фазные токи в трехфазном приемнике равны соответственно 50, 80 и 20 А и сдвинуты относительно фазных напряжений соответственно на углы  $-30^\circ$ ,  $-60^\circ$  и  $+60^\circ$ . Начертите топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.

11. Докажите, что в симметричной трехфазной системе токов сумма их мгновенных значений всегда равна нулю.

12. Изобразите топографическую векторную диаграмму напряжений и покажите на ней векторы токов для трехфазной системы, соединенной по схеме «звезда» с нейтральным проводом, если в одну фазу включен резистор с сопротивлением  $R$ , а в две другие – индуктивные катушки с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$ .

13. Изобразите топографическую векторную диаграмму напряжений и покажите на ней векторы линейных и фазных токов для трехфазной системы, соединенной «треугольником» если в одну фазу включен элемент с параметром  $R$ , во вторую – с параметром  $L$  и в третью – с параметром  $C$ .

14. Каковы основные преимущества трехфазного тока?

15. В каких случаях применяется соединение трехфазной нагрузки «треугольником» и «звездой»?

## Тема 4. Переходные процессы

**4.1.** Причины возникновения переходных процессов в электрических цепях. Дифференциальные уравнения электрического состояния электрических цепей и методы их решения. Законы коммутации и их использование для определения начальных условий переходных процессов. Установившиеся и свободные составляющие электрических токов и напряжений. Влияние параметров электрической цепи на длительность переходного процесса. Постоянная времени.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 55–56], [5, с. 176–178], [8, с. 149–152], [9, с. 169–172], [10, с. 132–135].





**4.2.** Описания переходного процесса в электрической цепи с последовательным соединением конденсатора и резистора.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 58–62], [5, с. 179–185], [8, с. 166–169], [9, с. 178–182], [10, с. 140–143].

**4.3.** Описание переходного процесса в электрической цепи, содержащей индуктивную катушку и резистор, включенной на постоянное напряжение. Возникновение перенапряжений и дугового разряда на контактах выключателя при размыкании электрической цепи с индуктивной катушкой и резистором. Способы и средства ограничения перенапряжения.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 62–65], [5, с. 186–191], [8, с. 152–156], [9, с. 172–176], [10, с. 135–140].

**4.4.** Понятие о переходных процессах в электрической цепи, содержащей индуктивную катушку и резистор при включении на синусоидальное напряжение.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 192–194], [8, с. 160–161], [9, с. 176–178], [10, с. 149–151].

### **Методические указания**

Необходимо иметь представление о переходных процессах в электрических цепях, причинах их возникновения.

Знать основные понятия и определения, законы коммутации и их использование.

Иметь опыт расчета принужденной составляющей и постоянных интегрирования в цепи первого и второго порядка.

Уметь рассчитывать время переходного процесса.

Уметь проводить анализ дифференциальных уравнений электрического состояния переходных процессов.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что понимают под *переходными процессами в электрической цепи*?
2. Что является причиной возникновения переходных процессов в электрических цепях?
3. Сформулируйте законы коммутации.
4. К какому пределу стремится в течение времени переходного процесса свободная составляющая переходных токов?
5. Что понимают под *независимыми и зависимыми начальными условиями*?



6. Из каких условий определяются принужденные составляющие переходных токов?

7. Что такое *постоянная времени в цепи первого порядка* и как ее определить графически по экспериментальным кривым тока (напряжения)?

8. Какие изменения в электрической цепи приводят к возникновению переходного процесса?

9. Как объяснить возникновение переходных процессов с энергетической точки зрения?

10. Как зависит характер переходного процесса от начальных условий?

11. Какой вид имеют свободные составляющие токов и напряжений в переходном процессе в зависимости от параметров электрической цепи?

## Тема 5. Периодические несинусоидальные напряжения и токи в электрических цепях

**5.1.** Причины возникновения периодических несинусоидальных электродвижущих сил, токов и напряжений. Способы представления периодических несинусоидальных величин. Максимальные, средние и действующие значения напряжений и токов, мощность электрической цепи несинусоидального тока.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 200–205], [8, с. 175–182], [9, с. 156–162], [10, с. 123–128].

**5.2.** Анализ линейных электрических цепей с источниками несинусоидальных электродвижущих сил. Влияние индуктивных и емкостных элементов на форму временных диаграмм мгновенных значений токов и напряжений в электрических цепях с источниками несинусоидальных электродвижущих сил.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 206–212], [8, с. 182–188], [9, с. 162–167].

**5.3.** Электрические схемы и принципы работы простейших сглаживающих и резонансных фильтров.

**Рекомендуемая литература:** [5, с. 166–169], [8, с. 188–190], [10, с. 128–132].

### Методические указания

Необходимо иметь представление о периодических несинусоидальных величинах в электрических цепях.

Знать такие понятия как *действующее значение, среднее значение, мощность искажения, коэффициент искажения.*







Уметь проводить анализ линейных электрических цепей с источниками несинусоидальных электродвижущих сил.

Знать, как зависят реактивное индуктивное и реактивное емкостное сопротивления элементов электрической цепи от частоты питающей сети.

Иметь опыт использования методов расчета электрических цепей с источниками несинусоидальных электродвижущих сил.

### Вопросы для самоконтроля

1. Как зависят реактивное индуктивное и реактивное емкостное сопротивления элементов электрической цепи от частоты питающей сети?

2. Как вычисляются действующие значения периодических несинусоидальных тока и напряжения?

3. Что такое *порядок гармоник периодических несинусоидальных напряжений и токов*?

4. Что положено в основу расчета токов линейной электрической цепи при несинусоидальном периодическом напряжении на входе?

5. Можно ли применять комплексные числа к расчету токов в линейной электрической цепи с несинусоидальным периодическим напряжением на входе?

6. Поясните, могут ли возникать несинусоидальные токи и напряжения в электрической цепи с синусоидальной электродвижущей силой.

7. С какой целью кривые периодических несинусоидальных электродвижущих сил, напряжений и токов раскладывают в тригонометрический ряд?

8. Что понимают под *несинусоидальными периодическими токами и напряжениями*?

9. Как определяется активная мощность в цепях несинусоидального периодического тока?

10. Какими величинами характеризуют несинусоидальные периодические токи и напряжения?

### Тема 6. Магнитные цепи

**6.1.** Электромагнитные устройства и их применение. Ферромагнитные материалы и их магнитные характеристики.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 68–72], [5, с. 221–233], [8, с. 192–202], [9, с. 205–213], [10, с. 168–175].

**6.2.** Магнитные цепи постоянных магнитных потоков. Применение закона полного тока для анализа магнитной цепи. Магнитные цепи





с воздушным зазором в магнитопроводе. Схемы замещения магнитных цепей. Аналогия методов расчета электрических и магнитных цепей.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 73–75], [5, с. 234–246], [8, с. 203–213, 215–218], [9, с. 213–221], [10, с. 175–178].

**6.3. Понятие о магнитных цепях с постоянными магнитами.**

**Рекомендуемая литература:** [8, с. 213–215], [9, с. 222–224], [10, с. 178–180].

**6.4. Магнитные цепи переменных магнитных потоков. Особенности электромагнитных процессов в индуктивной катушке с ферромагнитным магнитопроводом. Мощность потерь в магнитопроводе. График мгновенных значений магнитного потока и тока при синусоидальном напряжении. Анализ электромагнитного состояния индуктивной катушки с ферромагнитным магнитопроводом. Уравнение электрического состояния, электрическая схема замещения, векторная диаграмма.**

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 75–80], [5, с. 247–258], [8, с. 223–245], [9, с. 233–243], [10, с. 182–192].

**6.5. Энергия и механические силы в электромагнитных системах.**

**Рекомендуемая литература:** [8, с. 220–222], [10, с. 180–182].

### **Методические указания**

Необходимо иметь представление о типовых электромагнитных устройствах; о магнитных цепях и их основных свойствах; характеристиках ферромагнитных материалов.

Знать электромагнитные устройства и магнитные цепи с постоянными потоками и с переменными магнитными потоками; потери энергии в сердечнике от перемагничивания и вихревых токов.

Уметь проводить анализ электромагнитного состояния катушки с магнитопроводом в цепи переменного тока.

Иметь опыт расчета магнитных цепей с постоянной намагничивающей силой.

Иметь представление о расчете магнитной цепи с переменной намагничивающей силой.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Для чего необходима кривая намагничивания ферромагнитного материала?

2. Что такое *магнитный поток*, *магнитная индукция*, *напряженность магнитного поля* и в каких единицах они измеряются?





3. Чему практически равна магнитная проницаемость неферромагнитных материалов?
4. Начертите петлю гистерезиса ферромагнитных материалов и покажите на ней характерные точки остаточной магнитной индукции, коэрцитивной силы.
5. Напишите закон полного тока для магнитной цепи и объясните его физическую сущность.
6. Определите, основываясь на законе полного тока для магнитной цепи, напряженность магнитного поля в ферромагнитном кольцевом сердечнике с равномерной обмоткой, число витков которой равно  $w$ .
7. Начертите схему неразветвленной магнитной цепи с воздушным зазором в ферромагнитном сердечнике. Напишите для нее закон полного тока.
8. Выведите закон Ома для магнитной цепи. Почему это выражение не может быть непосредственно использовано для расчета магнитной цепи?
9. Изложите метод расчета разветвленной симметричной магнитной цепи.
10. Начертите вольтамперную характеристику катушки с ферромагнитным сердечником и постройте на том же графике кривую зависимости индуктивности от силы тока.
11. Постройте кривую тока  $i(t)$  в катушке с ферромагнитным сердечником, если напряжение на ее зажимах изменяется по синусоидальному закону.
12. В чем заключается отличие феррорезонанса напряжений от резонанса напряжений в линейной электрической цепи?
13. Какую роль играют ферромагнитные материалы в электрических машинах, трансформаторах, электромагнитных аппаратах и приборах?
14. Объясните принцип работы стабилизатора напряжения.

## Тема 7. Трансформаторы

**7.1.** Назначение и области применения трансформаторов. Устройство и принцип работы однофазного трансформатора в режиме холостого хода.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 80–85], [2, с. 95–99], [6, с. 5–12], [8, с. 301–305], [9, с. 295–300], [10, с. 196–200].

**7.2.** Уравнения электрического и магнитного состояний однофазного трансформатора при нагрузке, электрическая схема замещения, векторная диаграмма. Опыты холостого хода и короткого замыкания.





**Рекомендуемая литература:** [1, с. 85–92], [6, с. 13–20], [8, с. 308–313], [9, с. 300–308], [10, с. 200–212].

**7.3.** Потери энергии в однофазном трансформаторе. Коэффициент полезного действия трансформатора. Изменение вторичного напряжения однофазного трансформатора, внешние характеристики.

**Рекомендуемая литература:** [6, с. 21–27], [8, с. 320–321, 329–331], [9, с. 309–317], [10, с. 213–216].

**7.4.** Устройство, принцип действия и области применения трехфазных трансформаторов.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 92–96], [2, с. 99–100], [6, с. 29–31], [8, с. 322–326], [9, с. 318–327], [10, с. 216–222].

**7.5.** Устройство, принцип действия и области применения автотрансформаторов.

**Рекомендуемая литература:** [6, с. 32–33], [8, с. 337–342], [9, с. 329–331], [10, с. 222–224].

**7.6.** Измерительные трансформаторы напряжения и тока. Схемы включения, погрешности измерений измерительных трансформаторов напряжения и тока.

**Рекомендуемая литература:** [8, с. 337–342], [9, с. 329–331], [10, с. 230–237].

### **Методические указания**

Необходимо иметь представление о назначении и области применения трансформаторов, типах трансформаторов; схемах соединения фаз обмоток; иметь понятие об основных группах соединений.

Необходимо знать устройство, принцип действия трансформатора и схемы замещения; уравнения электрического и магнитного состояний; о потерях мощности и коэффициенте полезного действия.

Уметь проводить анализ опытов холостого хода, короткого замыкания и работы трансформатора под нагрузкой.

Иметь опыт расчета параметров и характеристик трехфазного трансформатора.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Поясните назначение трансформаторов. Какие типы трансформаторов вы знаете?





2. Опишите устройство однофазного трансформатора. Назовите основные элементы конструкции трансформатора.
3. Как индуцируется электродвижущая сила в обмотках трансформатора? Запишите выражения для действующих значений электродвижущих сил в первичной и вторичной обмотках трансформатора.
4. Какую величину называют коэффициентом трансформации трансформатора?
5. Почему трансформатор не может работать от сети постоянного напряжения?
6. Запишите выражения электрического и магнитного состояний для однофазного двухобмоточного трансформатора.
7. Как определяется магнитный поток в сердечнике трансформатора при холостом ходе и при нагрузке (анализ провести для однофазного двухобмоточного трансформатора)?
8. Почему при изменении тока во вторичной обмотке трансформатора соответственно изменяется и ток его первичной обмотки?
9. Какой *трансформатор* называют *приведенным*? Из каких соображений осуществляется приведение параметров вторичной обмотки трансформатора? Нарисуйте Г-образную схему замещения трансформатора.
10. При каких условиях выполняется опыт холостого хода трансформатора, на что расходуется электрическая мощность, потребляемая трансформатором при холостом ходе? Какие параметры Г-образной схемы замещения можно определить по данным опыта холостого хода?
11. При каких условиях выполняется опыт короткого замыкания трансформатора, на что расходуется электрическая мощность, потребляемая трансформатором в опыте короткого замыкания? Какие параметры Г-образной схемы замещения можно определить по данным опыта короткого замыкания?
12. Из каких составляющих складываются потери электрической энергии в трансформаторах? Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора? Привести выражение для коэффициента полезного действия трансформатора базовое и по паспортным данным.
13. Какую величину называют изменением вторичного напряжения трансформатора  $\Delta U_2$ ? Как изменение напряжения  $\Delta U_2$  зависит от величины тока и характера нагрузки? Показать вид внешних характеристик трансформатора  $U_2(I_2)$  для различных характеров нагрузки.
14. Что понимают под *группой соединения обмоток трансформатора*? От чего зависит группа соединения обмоток трехфазного трансформатора?





15. Назовите условия, которые необходимо выполнять при включении трансформаторов на параллельную работу.

16. Чем отличается автотрансформатор от двухобмоточного трансформатора? Нарисуйте схемы однофазного и трехфазного автотрансформаторов.

17. Как зависит коэффициент трансформации от способа соединения фаз высокого и низкого напряжения?

## **Тема 8. Электрические измерения и приборы**

**8.1.** Понятие о средствах измерений: мере, электроизмерительном приборе, преобразователе, методах измерения.

**Рекомендуемая литература:** [10, с. 332–340].

**8.2.** Основные метрологические характеристики электроизмерительных приборов. Погрешности измерения, классы точности.

**Рекомендуемая литература:** [7, с. 9–14], [8, с. 272–277], [9, с. 254–255], [10, с. 334–336].

**8.3.** Системы электроизмерительных показывающих приборов непосредственной оценки.

**Рекомендуемая литература:** [7, с. 16–25], [8, с. 262–272], [9, с. 255–263], [10, с. 340–352].

**8.4.** Регистрирующие измерительные приборы.

**Рекомендуемая литература:** [8, с. 278–279], [10, с. 364–368].

**8.5.** Понятие об электрических способах измерения неэлектрических величин.

**Рекомендуемая литература:** [7, с. 54–61], [8, с. 298–301], [9, с. 287–292], [10, с. 369–371].

**8.6.** Понятие о цифровых приборах.

**Рекомендуемая литература:** [7, с. 376–380], [8, с. 295–298], [9, с. 281–285], [10, с. 363–364].

### **Методические указания**

Необходимо иметь представление о средствах измерений.

Необходимо знать основные метрологические характеристики электроизмерительных приборов.

Уметь проводить классификацию электроизмерительных приборов.



Иметь понятие об электрических способах измерения неэлектрических величин.

Иметь опыт работы с цифровыми приборами.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Объясните принцип действия прибора магнитоэлектрической системы.
2. В какой части шкалы прибора с равномерной шкалой относительная погрешность измерения будет наибольшей?
3. Какой системы измерительные приборы меньше всего подвержены воздействию внешних магнитных полей?
4. Какой системы приборы могут быть использованы в качестве ваттметров?
5. Какими способами измеряют сопротивление резисторов постоянному току?
6. С какой целью применяют мостовой метод для измерения сопротивлений?
7. Как измерить сопротивление резистора компенсационным методом?





### **3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Тематика практических занятий**

1. Методы расчета линейных электрических цепей постоянного и переменного токов (2 часа).

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 11–40], [2, с. 11–18, 20–37].

#### **3.2. Перечень лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ)**

1. Исследование эквивалентного генератора (эквивалентного активного двухполюсника) (2 часа).

2. Однофазная цепь с последовательным соединением элементов. Резонанс напряжений. (2 часа).

3. Исследование трехфазной цепи при соединении фаз приемников звездой (2 часа).

Требования к этапам работы, связанные с лабораторными занятиями, определены в методических указаниях ко всем лабораторным работам в [4], с которыми можно ознакомиться на сайте кафедры в [15].

#### **3.3. Перечень лабораторных работ для студентов, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ)**

1. Исследование линейной разветвленной цепи постоянного тока (2 часа).

2. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи синусоидального тока (2 часа).

3. Исследование трехфазной цепи, соединенной звездой (2 часа).

Студентами, обучающимися с использованием ДОТ, лабораторные работы выполняются в системе схемотехнического моделирования **Electronics Workbench**. Программу можно взять с сайта <http://ewb.narod.ru/start.htm>. Программа упакована архиватором WinZip, не требует инсталляции. Создайте на жестком диске каталог с произвольным именем и разархивируйте. Запускным файлом является файл с именем Wewb.exe. Просто «кликните» на нем дважды.

Студент должен проделать лабораторную работу и результаты отправить преподавателю, который его курирует.







Оформление работы должно соответствовать требованиям, представленным в методических указаниях к лабораторным работам в [3]. Все лабораторные работы студентам необходимо проделать до сессии. Если лабораторные работы не сделаны и нет положительной рецензии преподавателя, то студент не допускается до сдачи экзамена.





## 4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

### 4.1. Общие методические указания

Индивидуальные домашние задания (ИДЗ) по электротехнике состоят из ряда задач, охватывающих основные разделы курса. В **первом ИДЗ** решаются задачи **1, 2, 3**, во **втором ИДЗ** – задачи **4, 5, 6**. К каждой задаче дается таблица с численными данными на 20 вариантов.

**Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 20, то следует взять сумму этих цифр.** Например, если номер зачетной книжки 3-8В30/12, то номер варианта задания равен 12. Если номер зачетной книжки Д-8В3/23, то номер варианта задания равен 7.

Задачи, входящие в индивидуальное домашнее задание, весьма разнообразны, поэтому можно предложить такие общие рекомендации к их решению и оформлению:

1. Уяснить содержание задачи, изобразить электрическую схему цепи, выписать заданные и искомые величины.

2. Проанализировать схему электрической цепи, то есть выяснить, сколько ветвей ( $N_B$ ), узлов ( $N_U$ ) и независимых контуров ( $N_K$ ) она содержит и определить возможности ее упрощения.

3. Разметить схему, то есть обозначить ее узлы, показать заданные и принятые направления электродвижущих сил, напряжений и токов. Индексы токов в ветвях рекомендуется выбирать такими же, как индексы у элементов данной ветви.

4. Выбрать способ решения задачи, если нет рекомендаций в условии. Предварительно ознакомиться с теорией по учебнику и методикой решения подобных задач по сборнику задач в [2], [13].

5. Во избежание ошибки при числовых расчетах все значения величин подставлять в формулы в основных единицах системы СИ (В, А, Ом, Ф, Гн и т.д.), для чего все производные единицы следует перевести в основные, например:  $1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$ ;  $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$  и т.д. Проанализировать в процессе решения задачи полученные результаты: реальны ли найденные значения величин (коэффициент полезного действия меньше единицы, сопротивление положительно), возможны ли подобные режимы, правильны ли единицы полученных физических величин и др.





6. Проверить правильность полученных результатов каким-либо методом, например, решив задачу другим способом, составить баланс мощностей и т.п.

7. На каждой странице оставить поле шириной не менее трех сантиметров.

8. При числовых расчетах рекомендуется придерживаться определенного порядка: искомая величина описывается формулой, затем подставить числовые значения величин, результат расчета (числовое значение) искомой величины и единица измерения. Расчеты выполнить до двух или трех значащих цифр (в зависимости от заданной точности расчета).

9. Решение задачи обязательно сопровождать пояснениями, т.е. называть законы, на основании которых составлены уравнения, смысл преобразований в схемах и формулах, последовательность действий, комментировать полученные результаты.

10. Электрические схемы необходимо чертить с соблюдением ГОСТов на условные графические изображения элементов этих схем (можно пользоваться изображениями элементов схем в приведенных ниже задачах). Следует строго придерживаться установленных буквенных обозначений электрических величин.

11. Графики представить выполненными аккуратно желательнее на миллиметровой бумаге. Оси координат чертить сплошными линиями со стрелками на концах. Масштабы шкал по осям необходимо выбрать равномерными, начиная с нуля, таким образом, чтобы использовалась вся площадь координатной плоскости. Цифры шкал нанести слева от оси ординат и под осью абсцисс. Буквенное обозначение шкалы и единицу измерения величины записать над числами шкалы ординат и под осью абсцисс, справа от последнего числа шкалы.

12. Векторные диаграммы строят в масштабе, который указывается таким образом:  $m_u = \dots \text{В} / \text{мм}$ ;  $m_I = \dots \text{А} / \text{мм}$ .

13. В конце ИДЗ поставить дату выполнения.

## 4.2. Требования к оформлению ИДЗ

Студенты всех форм обучения отправляют свои работы через сайт ИнЭО. ИДЗ должно быть представлено в электронном виде.

Условия и решения задач необходимо набрать с использованием программы Microsoft Word, формулы набираются в MathType. Кегль не менее 12. Обязательно должен быть титульный лист. На титульном листе указывают: фамилию, имя и отчество, домашний адрес, номер





учебного шифра, номер группы и номер варианта. Все страницы и графики должны быть пронумерованы.

Все страницы работы должны иметь сквозную нумерацию. Обязательно прилагается список использованной литературы, в который включаются методические указания, в соответствии с которыми выполнены задания, поставить дату выполнения работы.

В случае несоответствия работы требованиям к оформлению студент получает отрицательную рецензию. Работа должна быть исправлена и повторно отправлена на проверку в минимально короткий срок.

**Студенты, обучающиеся по классической заочной форме (КЗФ):** отправляют ИДЗ на проверку и получают рецензию; защита ИДЗ, оформленного в виде твердой копии, проходит во время сессии; к этому времени нужно исправить все замечания, указанные в рецензии; при отсутствии положительной рецензии на защите ИДЗ студенты к экзамену не допускаются. Защита ИДЗ происходит в индивидуальной беседе с преподавателем по выполненным задачам. Если ИДЗ не зачтено или зачтено при условии внесения исправлений, то все необходимые поправки делают в конце работы в разделе «Работа над ошибками». Нельзя вносить какие-либо исправления в текст, расчеты или графики, просмотренные преподавателем.

**Студенты, обучающиеся с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ):** отправляют ИДЗ на проверку, и, в обязательном порядке, получают рецензию на ИДЗ. Правильно выполненные работы студенту не возвращаются. При наличии ошибок в ИДЗ, указанных в рецензии, студент должен их исправить и вновь выслать работу на повторное рецензирование. Студент, не получивший положительной рецензии на ИДЗ, не допускается к экзамену по данной дисциплине.



### 4.3. Варианты ИДЗ и методические указания

**Задача 1.** Для электрических цепей, схемы которых изображены на рис. 1.1–1.20, по заданным величинам сопротивлений и электродвижущих сил (табл. 1) выполнить следующие операции: составить систему уравнений, необходимых для определения токов по первому и второму законам Кирхгофа; рассчитать токи во всех ветвях заданной схемы методом контурных токов; упростить схему, заменив треугольник сопротивлений  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  эквивалентным соединением звездой. Нарисовать схему, полученную после преобразования, показать токи в ветвях и рассчитать их методом узлового напряжения; определить ток в резисторе с сопротивлением  $R_6$  методом эквивалентного генератора; составить баланс мощностей для заданной схемы; определить показание вольтметра.

**Указание:** перед решением задачи ознакомиться с решением задач 1.2.2÷1.2.4 по [2, с. 11–18].

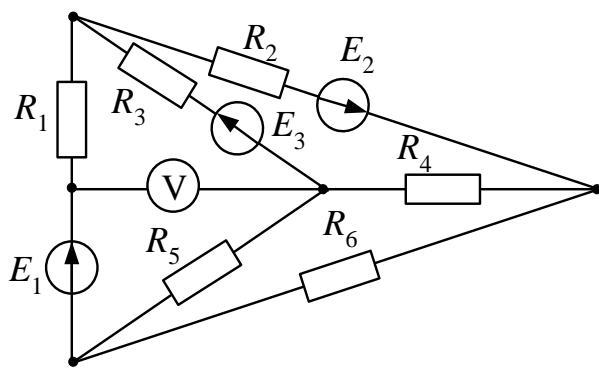


Рис. 1.1

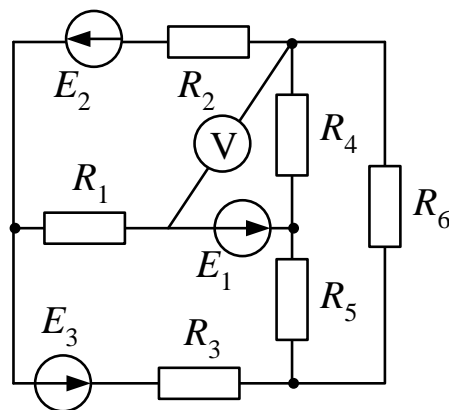


Рис. 1.2.

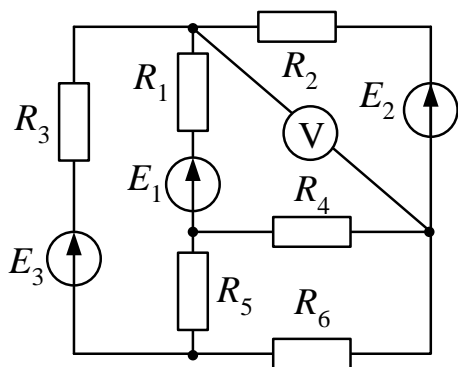


Рис. 1.3

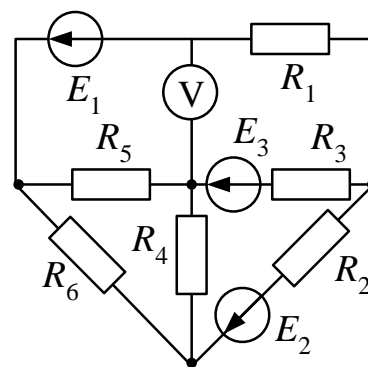


Рис. 1.4

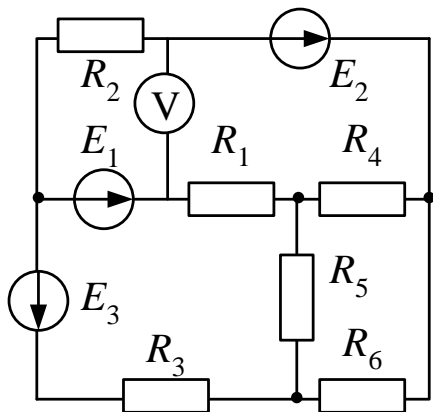


Рис. 1.5

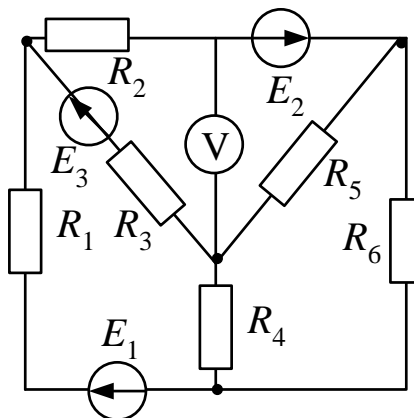


Рис. 1.6

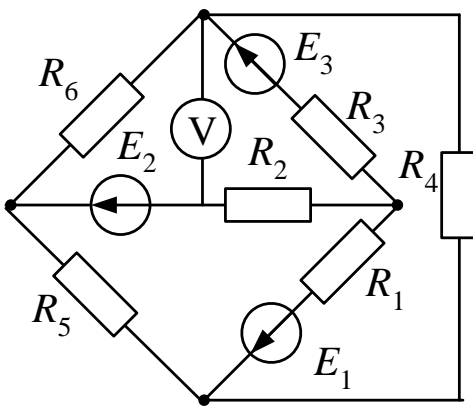


Рис. 1.7

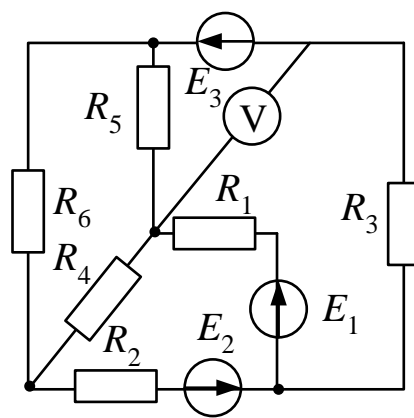


Рис. 1.8

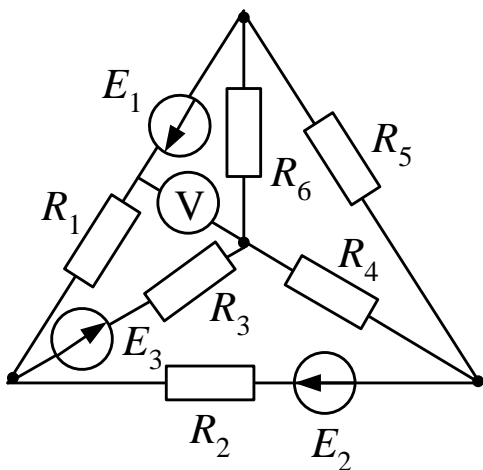


Рис. 1.9

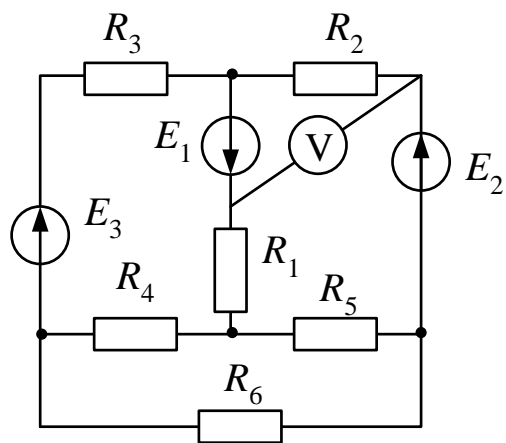


Рис. 1.10

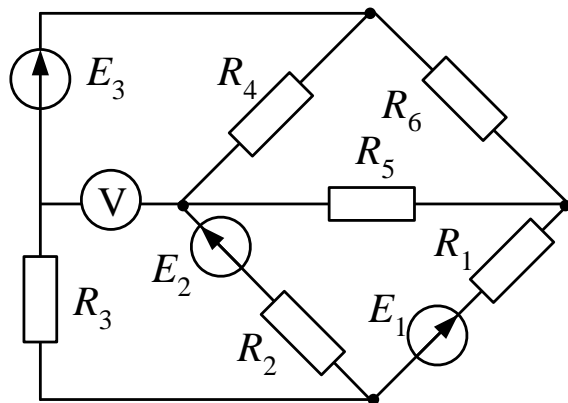


Рис. 1.11

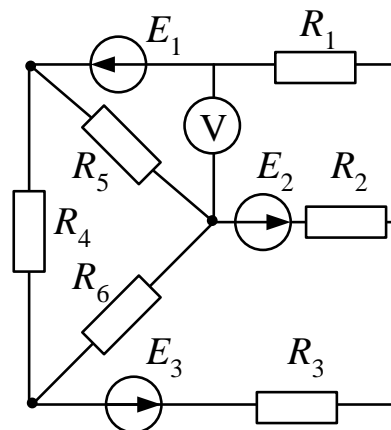


Рис. 1.12

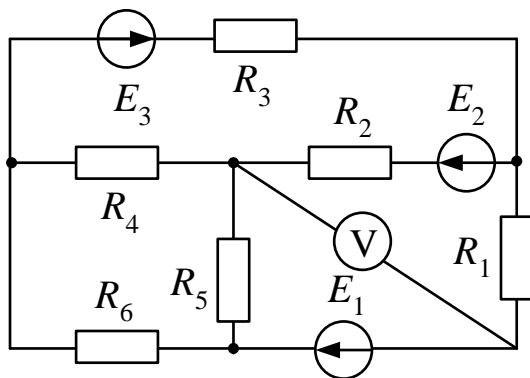


Рис. 1.13

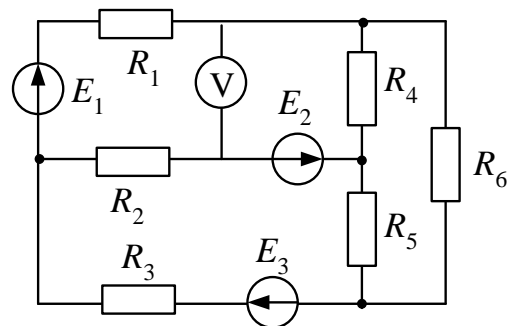


Рис. 1.14

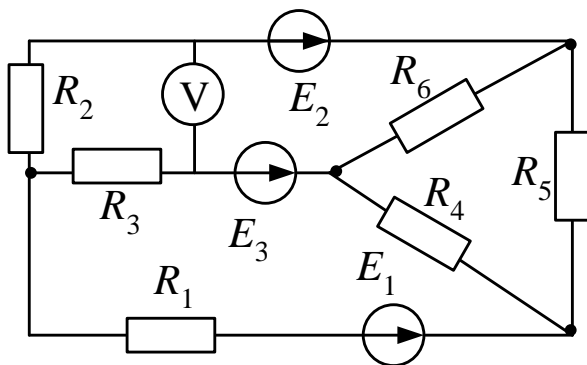


Рис. 1.15

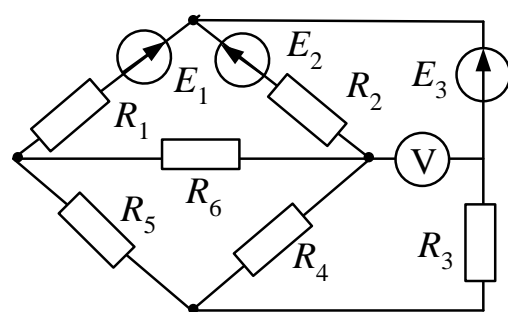


Рис. 1.16

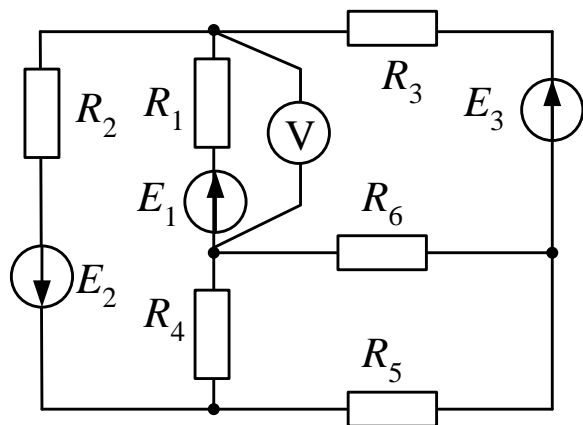


Рис. 1.17

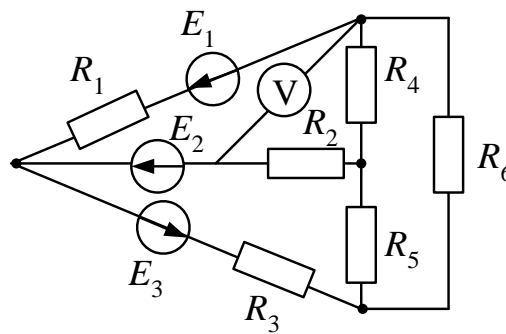


Рис. 1.18

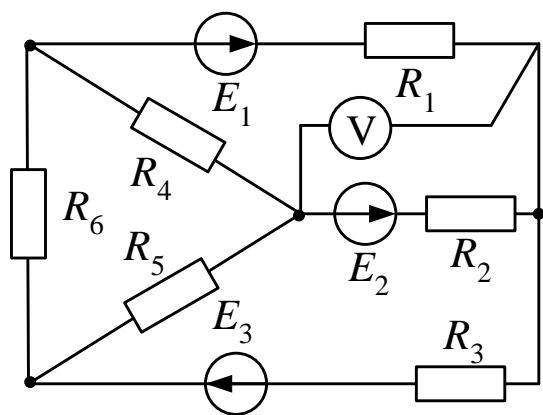


Рис. 1.19

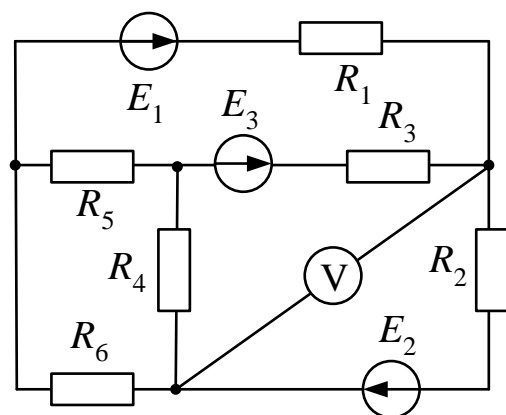


Рис. 1.20





Таблица 1

Вар.	Рис.	$E_1, В$	$E_2, В$	$E_3, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$	$R_5, Ом$	$R_6, Ом$
1	1.1	22	24	10	2	1	6	4	10	6
2	1.2	55	18	4	8	4	3	2	4	4
3	1.3	36	10	25	4	8	3	1	2	7
4	1.4	16	5	32	9	3	2	4	1	5
5	1.5	20	22	9	1	2	6	3	8	4
6	1.6	25	14	28	5	2	8	2	2	6
7	1.7	5	16	30	6	4	3	2	5	3
8	1.8	10	6	24	3,5	5	6	6	3	1
9	1.9	6	20	4	4	6	4	4	3	3
10	1.10	21	4	10	5	7	2	8	1	1
11	1.11	14	9	18	2,7	10	4	8	10	2
12	1.12	15	24	6	9,1	8	1,5	16	10	8
13	1.13	16	8	23	2,8	6	6	11	9	5
14	1.14	48	12	6	4,2	4,6	2	12	6	9
15	1.15	12	36	12	3,5	5,6	1,8	5	6	9
16	1.16	12	6	40	18	34	8	15	7	12
17	1.17	18	20	36	8,7	12	10	6	8	6
18	1.18	72	12	24	6,3	4,5	10	4	12	4
19	1.19	12	48	6	2,5	1,6	4,6	15	2	3
20	1.20	9	6	27	4,5	2	8,2	13	4	3

**Задача 2.** Электрическая цепь содержит линейные резисторы  $R_1, R_2, R_3, R_4$ ; два источника постоянной электродвижущей силы и нелинейный элемент, вольтамперная характеристика которого задана уравнением  $U = mI^3$ . В соответствии с шифром выбрать схему и параметры пассивных и активных элементов (табл. 2). Привести электрическую схему к эквивалентному генератору, нагрузкой которого является нелинейный элемент. Рассчитать параметры эквивалентного генератора и построить вольтамперную характеристику источника электродвижущей силы. Рас-

считать ток и напряжение на нелинейном элементе графическим методом сложения вольтамперных характеристик. Графическим методом определить статическое и динамическое сопротивление нелинейного элемента для полученной рабочей точки.

**Указание:** перед решением задачи ознакомиться с решением задач 6.2.1÷6.2.4 по [2, с. 76–82].

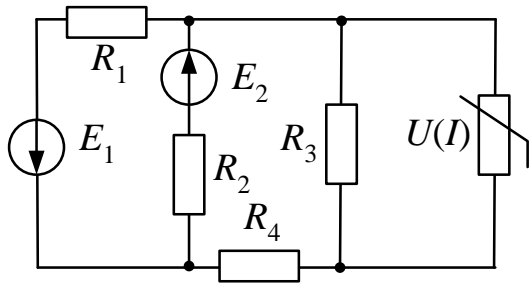


Рис. 2.1

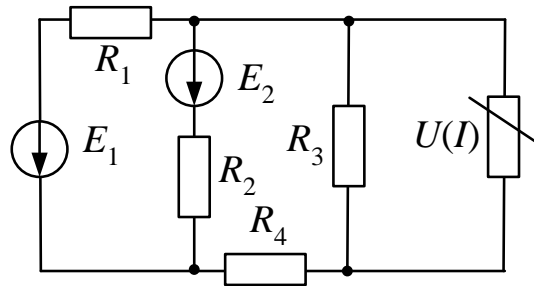


Рис. 2.2

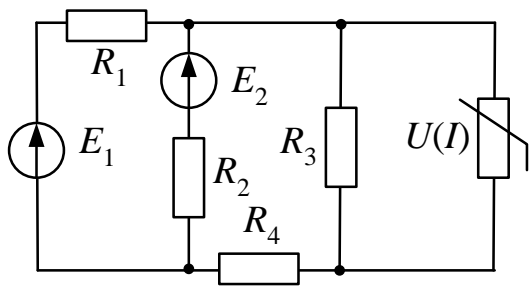


Рис. 2.3

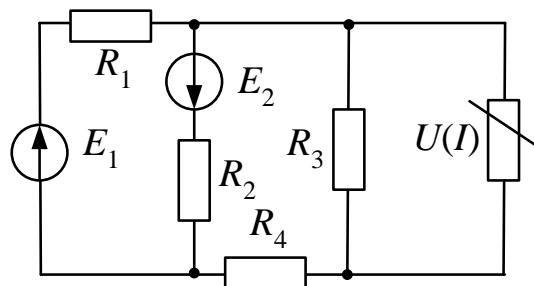


Рис. 2.4

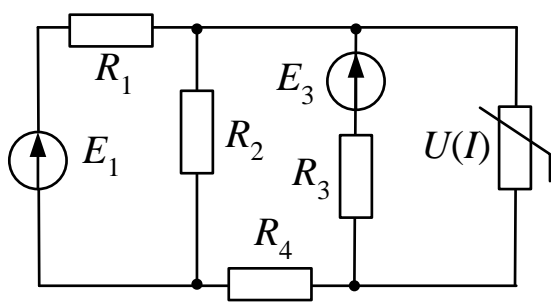


Рис. 2.5

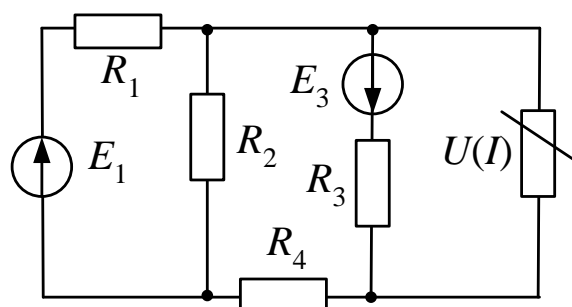


Рис. 2.6

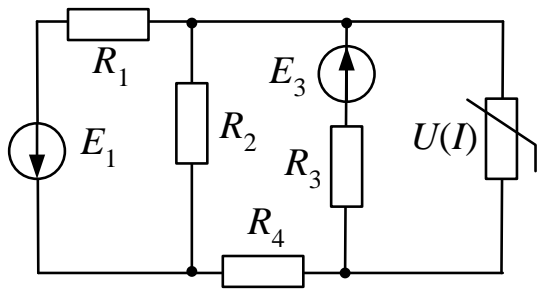


Рис. 2.7

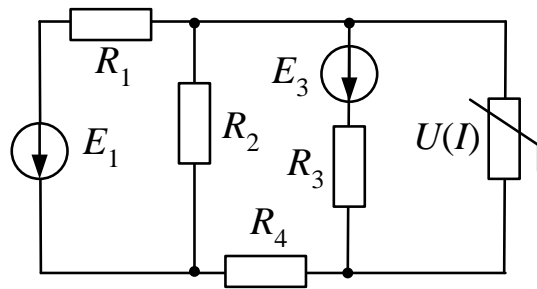


Рис. 2.8

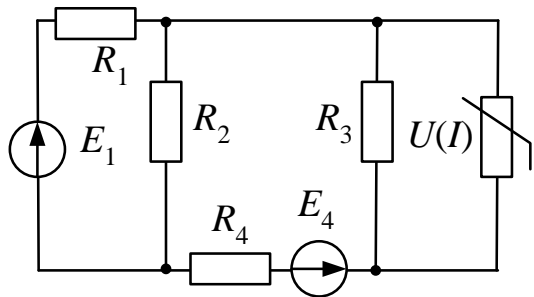


Рис. 2.9

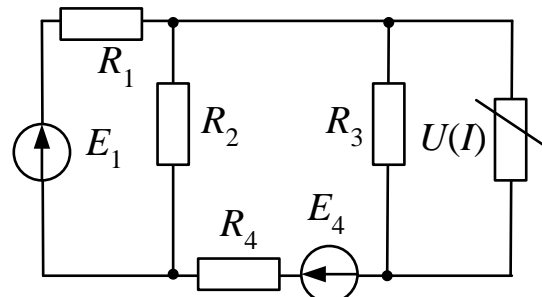


Рис. 2.10

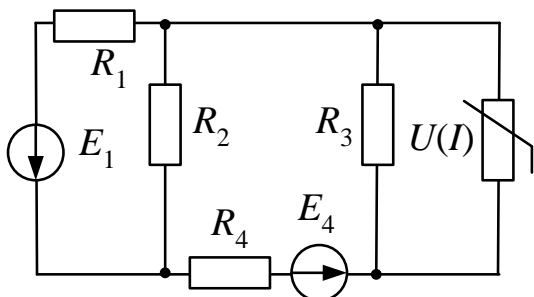


Рис. 2.11

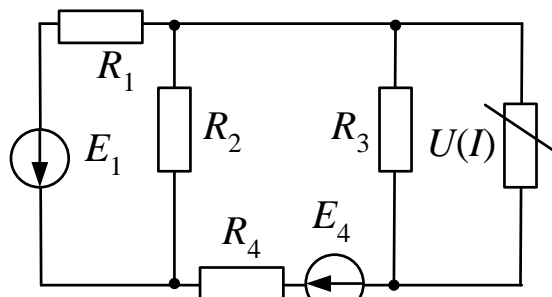


Рис. 2.12

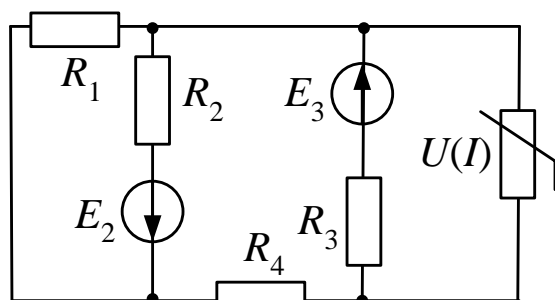


Рис. 2.13

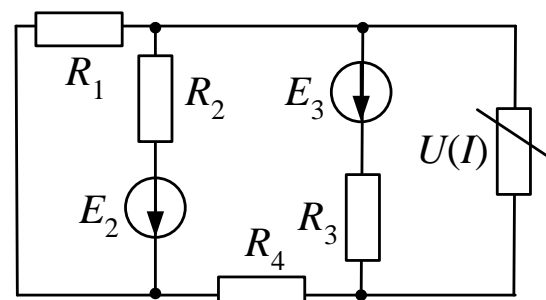


Рис. 2.14

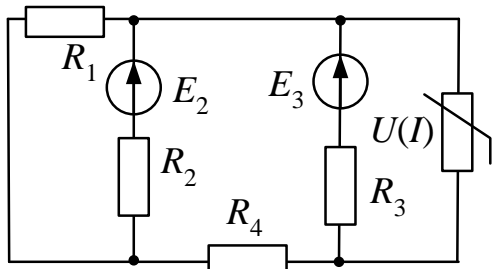


Рис. 2.15

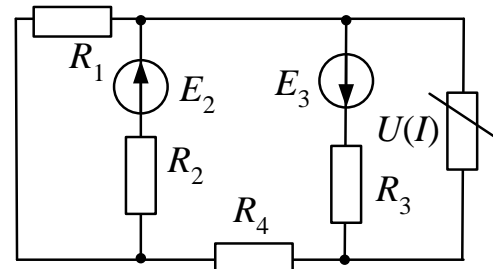


Рис. 2.16

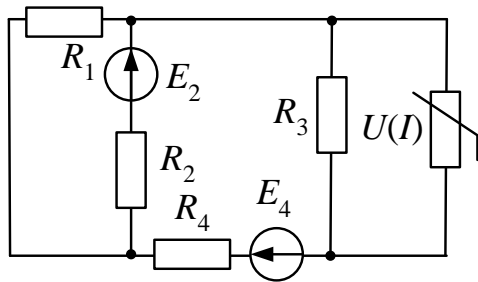


Рис. 2.17

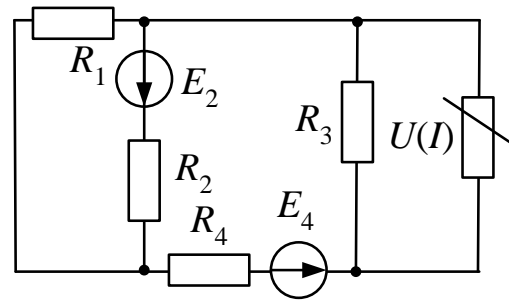


Рис. 2.18

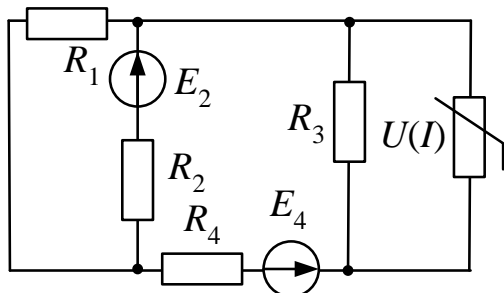


Рис. 2.19

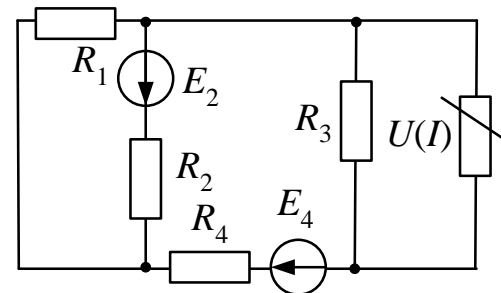


Рис. 2.20

Данные к задаче 2

№ схемы	$E_1, В$	$E_2, В$	$E_3, В$	$E_4, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$	$m$
1	20	10	–	–	1	2	3	4	0,10
2	18	12	–	–	4	1	2	3	0,09
3	16	14	–	–	3	4	1	2	0,08
4	14	16	–	–	2	3	4	1	0,07
5	20	–	10	–	1	2	3	4	0,10
6	18	–	12	–	4	1	2	3	0,11
7	16	–	14	–	3	4	1	2	0,12

Окончание табл. 2

№ схемы	$E_1, В$	$E_2, В$	$E_3, В$	$E_4, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$	$m$
8	14	–	16	–	2	3	4	1	0,13
9	20	–	–	10	1	2	3	4	0,10
10	18	–	–	12	4	1	2	3	0,08
11	16	–	–	14	3	4	1	2	0,07
12	14	–	–	16	2	3	4	1	0,06
13	–	20	10	–	1	2	3	4	0,10
14	–	18	12	–	4	1	2	3	0,12
15	–	16	14	–	3	4	1	2	0,13
16	–	14	16	–	2	3	4	1	0,14
17	–	20	–	10	1	2	3	4	0,10
18	–	18	–	12	4	1	2	3	0,07
19	–	16	–	14	3	4	1	2	0,06
20	–	14	–	16	2	3	4	1	0,05

**Задача 3.** В электрических цепях, схемы которых представлены на рис. 3.1–3.20, известны параметры элементов цепи (табл. 3). К зажимам электрической цепи приложено синусоидальное напряжение  $u(t) = \sqrt{2} U \sin \omega t$ , изменяющееся с частотой  $f = 50$  Гц. Рассчитать комплексные действующие значения токов в ветвях схемы, определить показания приборов: амперметра, вольтметра электромагнитной системы, ваттметра и коэффициент мощности  $\cos \varphi$  на входе электрической цепи.

**Указание:** перед решением задачи ознакомиться с решением задач 2.2.1÷2.2.4 по [2, с. 31–37].

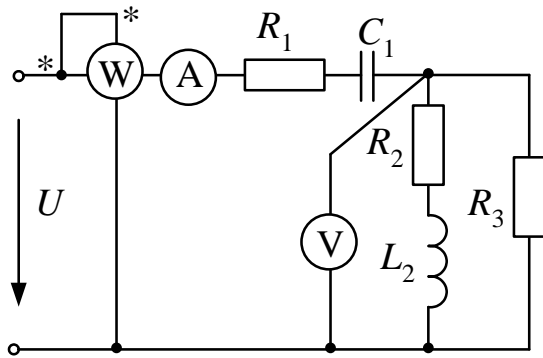


Рис. 3.1

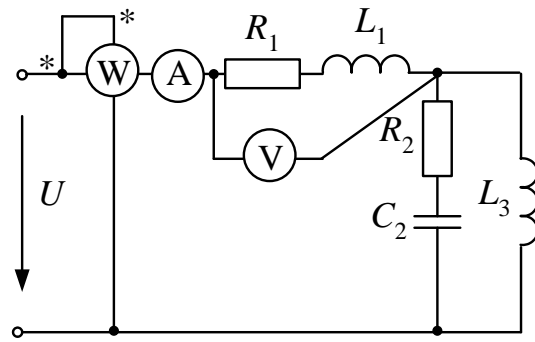


Рис. 3.2

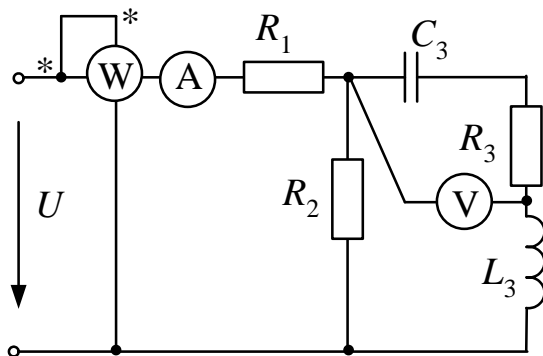


Рис. 3.3

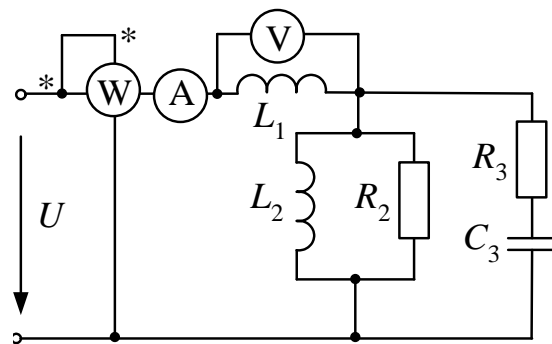


Рис. 3.4

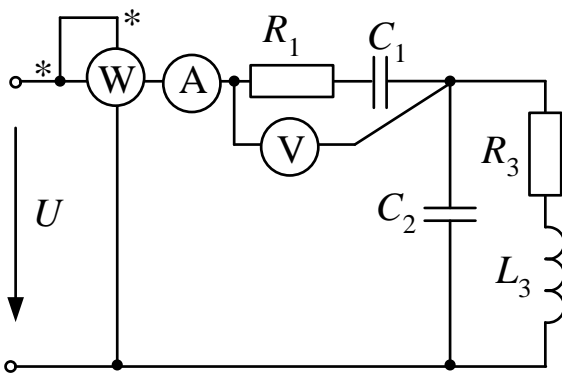


Рис. 3.5

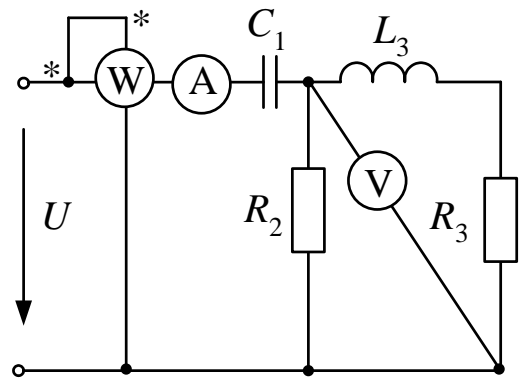


Рис. 3.6

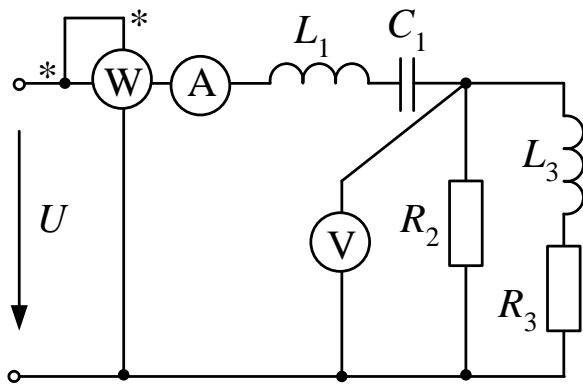


Рис. 3.7

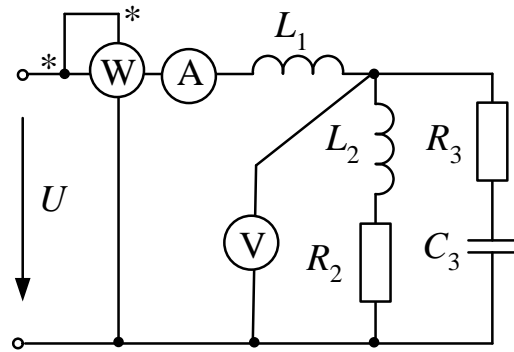


Рис. 3.8

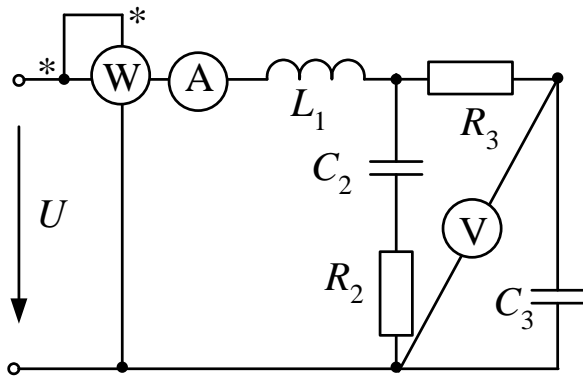


Рис. 3.9

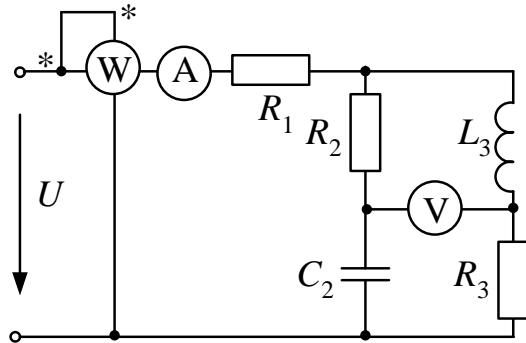


Рис. 3.10

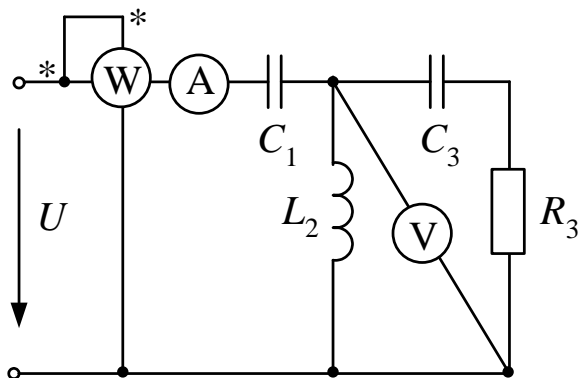


Рис. 3.11

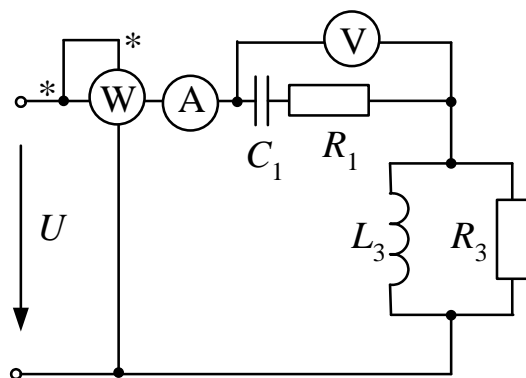


Рис. 3.12

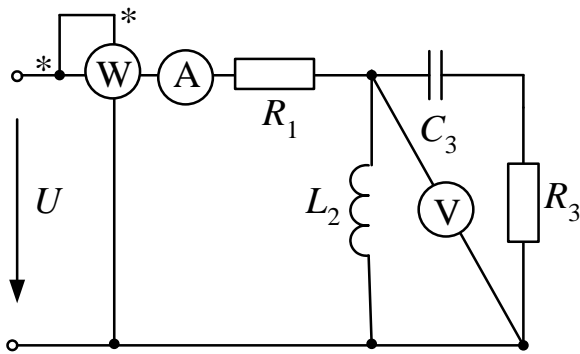


Рис. 3.13

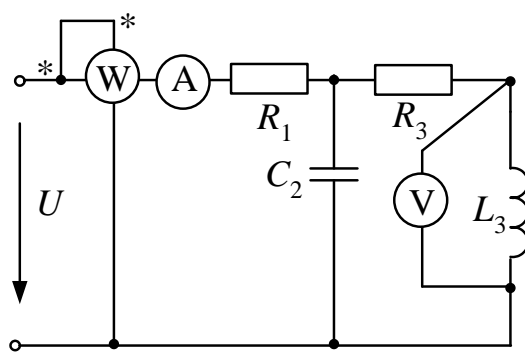


Рис. 3.14

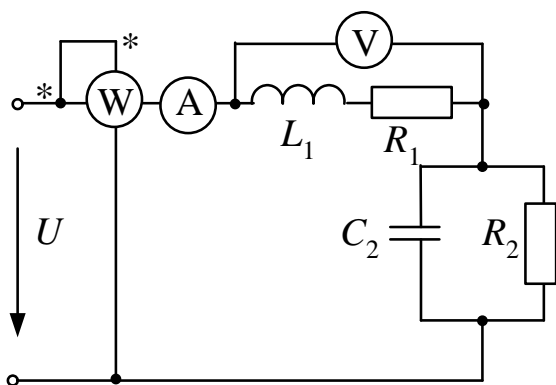


Рис. 3.15

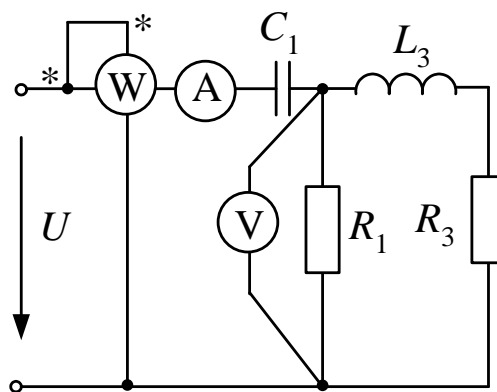


Рис. 3.16

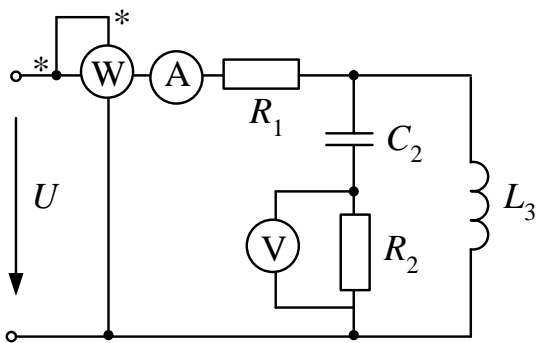


Рис. 3.17

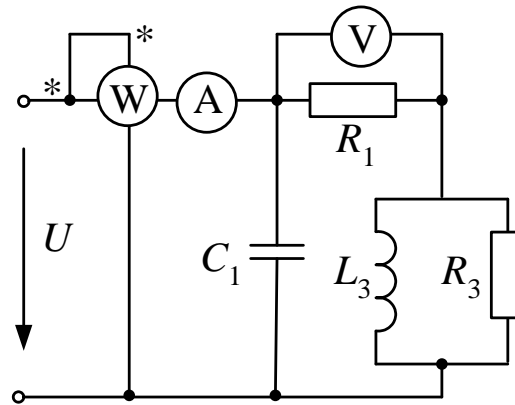


Рис. 3.18



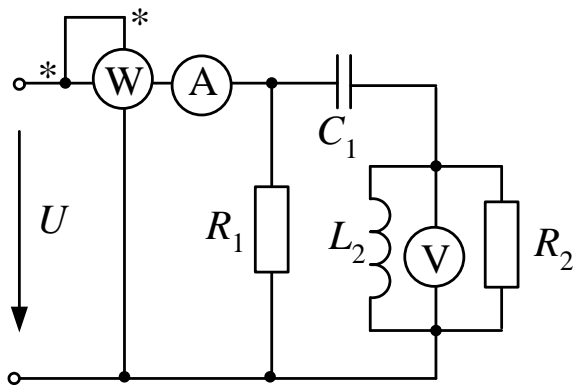


Рис. 3.19

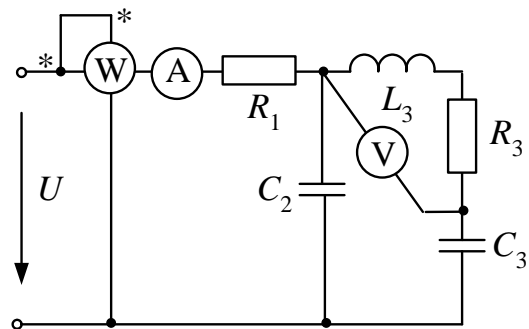


Рис. 3.20

Таблица 3

Номер		Данные к задаче 3									
варианта	рисунка	$U$ , В	$C_1$ , мкФ	$C_2$ , мкФ	$C_3$ , мкФ	$L_1$ , мГн	$L_2$ , мГн	$L_3$ , мГн	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом
1	3.1	150	637	–	–	–	18	15,9	2	3	4
2	3.2	100	–	100	–	15,9	–	15,9	8	3	–
3	3.3	120	–	–	318	–	–	15,9	8	3	4
4	3.4	200	–	–	398	15,9	15,9	–	–	3	4
5	3.5	220	637	159	–	–	–	19,1	8	–	4
6	3.6	50	318	–	–	–	–	115	–	20	50
7	3.7	100	159	–	–	15,9	–	115	–	25	40
8	3.8	200	–	–	159	115	63,7	–	–	22	18
9	3.9	220	–	212	100	63,7	–	–	–	15	35
10	3.10	50	–	530	–	–	–	19,1	10	4	8
11	3.11	100	63,7	–	265	–	31,8	–	–	–	15
12	3.12	120	398	–	–	–	–	38,2	8	–	10
13	3.13	200	–	–	212	–	63,7	–	25	–	12
14	3.14	220	–	159	–	–	–	115	45	–	30

Окончание табл. 3

Номер		Данные к задаче 3									
варианта	рисунка	$U$ , В	$C_1$ , мкФ	$C_2$ , мкФ	$C_3$ , мкФ	$L_1$ , мГн	$L_2$ , мГн	$L_3$ , мГн	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом
15	3.15	150	–	212	–	115	–	–	15	25	–
16	3.16	100	398	–	–	–	–	38,2	18	–	8
17	3.17	120	–	265	–	–	–	47,8	12	10	–
18	3.18	200	159	–	–	–	–	115	25	–	40
19	3.19	220	398	–	–	–	115	–	15	36	–
20	3.20	50	–	530	159	–	–	38,2	6	–	8

**Задача 4.** Для электрических цепей, схемы которых изображены на рис. 4.1–4.3, по заданным параметрам трехфазной симметричной нагрузки  $Z_k = R_k \pm jX_k$  и линейному напряжению источника электрической энергии (табл. 4) рассчитать фазные и линейные токи, фазные напряжения, полную, активную и реактивную мощности симметричного трехфазного приемника. Определить фазные и линейные токи, ток в нейтральном проводе (для четырехпроводной схемы) и фазные напряжения приемников для одного из несимметричных режимов электрической цепи, указанных в примечании табл. 4. Построить векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений для случая симметричного режима.

**Указание:** перед решением задачи ознакомиться с решением задач 3.2.1÷3.2.5 по [2, с. 41–54].



Таблица 4

Вариант	Рисунок	Лин. напр. $U, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$X_1, Ом$	$X_2, Ом$	$X_3, Ом$	Примечание
1	4.1	220	8	8	8	6 (инд)	6 (инд)	6 (инд)	Отключение фазы «А»
2	4.3	220	10	10	10	–	–	–	Отключение фазы «bc»
3	4.1	380	15	15	15	5 (емк)	5 (емк)	5 (емк)	Короткое замыкание фазы «с»
4	4.3	127	4	4	4	3 (инд)	3 (инд)	3 (инд)	Обрыв линейного провода «С»
5	4.2	380	–	–	–	11 (емк)	11 (емк)	11 (емк)	Обрыв линейного провода «А»
6	4.3	127	–	–	–	10 (инд)	10 (инд)	10 (инд)	Обрыв линейного провода «В»
7	4.1	220	15	15	15	–	–	–	Короткое замыкание фазы «а»
8	4.3	127	–	–	–	20 (емк)	20 (емк)	20 (емк)	Обрыв линейного провода «С»
9	4.1	220	5	5	5	8 (инд)	8 (инд)	8 (инд)	Короткое замыкание фазы «b»
10	4.3	380	16	16	16	12 (инд)	12 (инд)	12 (инд)	Обрыв линейного провода «А»
11	4.1	380	12	12	12	6 (инд)	6 (инд)	6 (инд)	Короткое замыкания фазы «b»
12	4.3	220	25	25	25	–	–	–	Отключение фазы «са»
13	4.2	380	12	12	12	16 (инд)	16 (инд)	16 (инд)	Обрыв линейного провода «С»

Окончание табл. 4

Вариант	Рисунок	Лин. напр. $U, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$X_1, Ом$	$X_2, Ом$	$X_3, Ом$	Примечание
14	4.3	220	18	18	18	10 (емк)	10 (емк)	10 (емк)	Отключение фазы « <i>ab</i> »
15	4.2	220	10	10	10	15 (инд)	15 (инд)	15 (инд)	Обрыв линейного провода « <i>A</i> »
16	4.3	127	30	30	30	–	–	–	Отключение фазы « <i>bc</i> »
17	4.1	380	–	–	–	22 (емк)	22 (емк)	22 (емк)	Короткое замыкание фазы « <i>b</i> »
18	4.3	220	–	–	–	40 (емк)	40 (емк)	40 (емк)	Обрыв линейного провода « <i>B</i> »
19	4.1	220	8	8	8	16 (инд)	16 (инд)	16 (инд)	Короткое замыкание фазы « <i>c</i> »
20	4.2	380	20	20	20	15 (инд)	15 (инд)	15 (инд)	Отключение фазы « <i>b</i> »

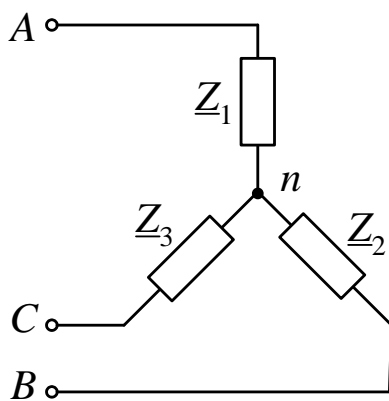


Рис. 4.1

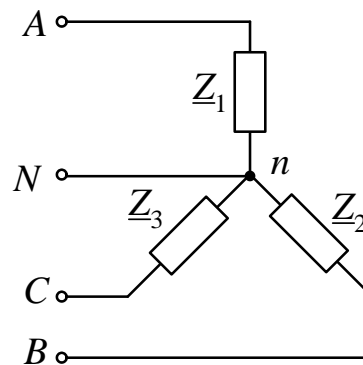


Рис. 4.2

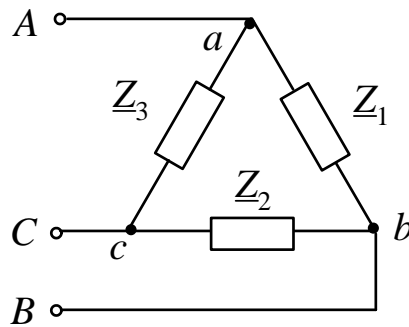


Рис. 4.3

**Задача 5.** Электрическая цепь содержит активные и пассивные элементы, а также ключи. На рис. 5.1–5.20 приведены схемы электрических цепей, а в табл. 5 – параметры элементов, входящих в электрическую цепь. Потребители подключены к постоянной электродвижущей силе  $E$ . Определить закон изменения напряжения на индуктивности  $u_L(t)$  или тока на емкости  $i_C(t)$  классическим методом расчета переходных процессов.

**Указание:** перед решением задачи ознакомиться с решением задач 4.2.1÷4.2.2 по [2, с. 60–67].

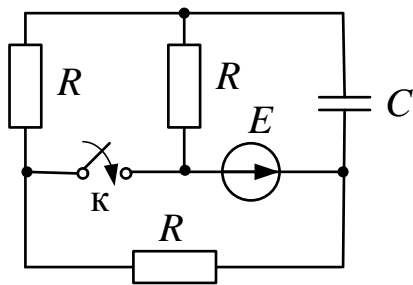


Рис. 5.1

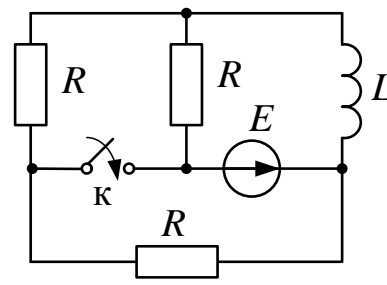


Рис. 5.2

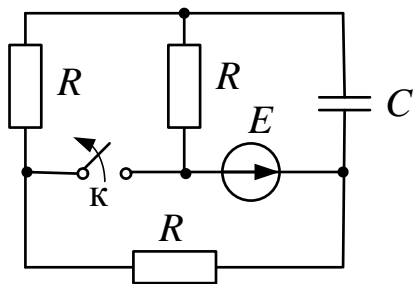


Рис. 5.3

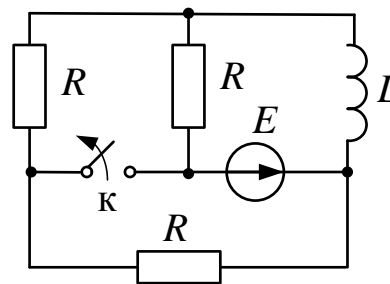


Рис. 5.4

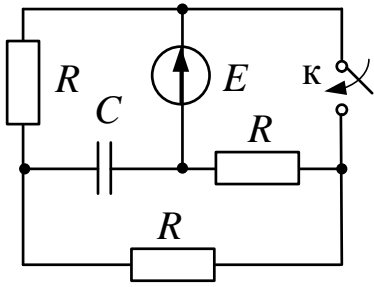


Рис. 5.5

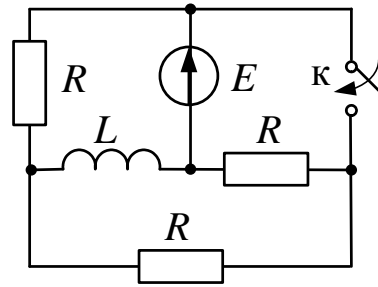


Рис. 5.6

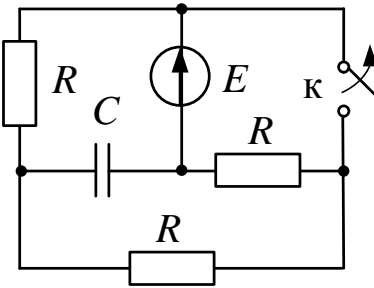


Рис. 5.7

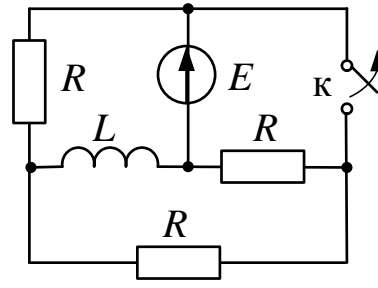


Рис. 5.8

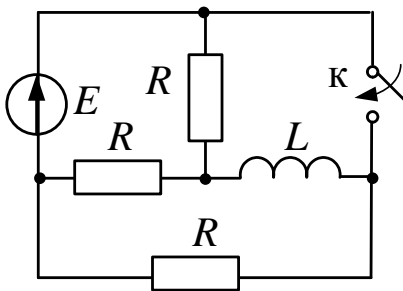


Рис. 5.9

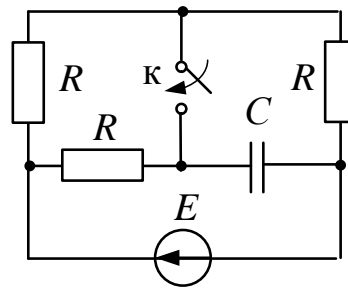


Рис. 5.10

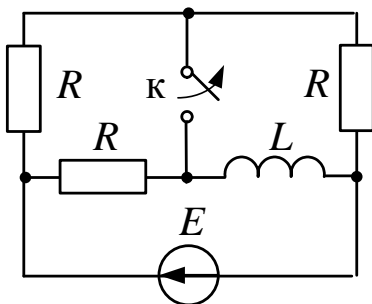


Рис. 5.11

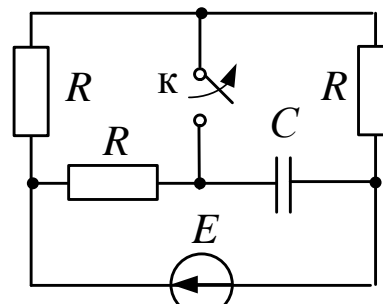


Рис. 5.12

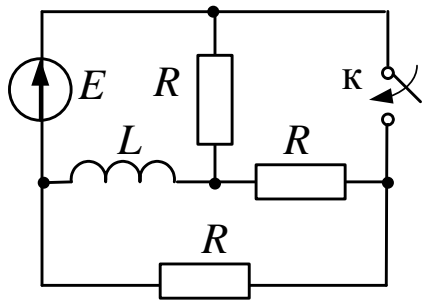


Рис. 5.13

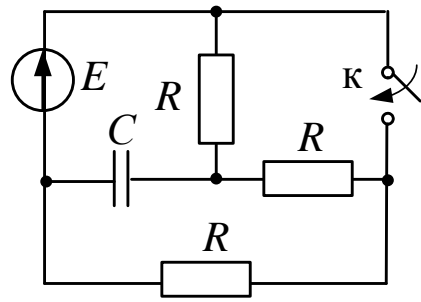


Рис. 5.14

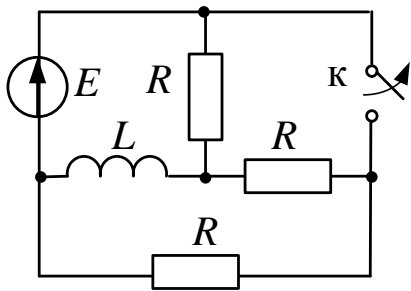


Рис. 5.15

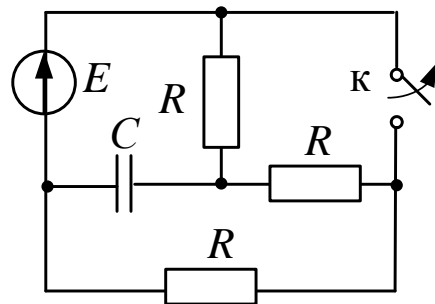


Рис. 5.16

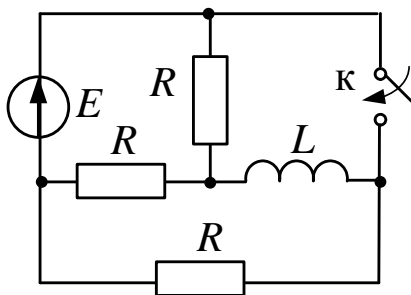


Рис. 5.17

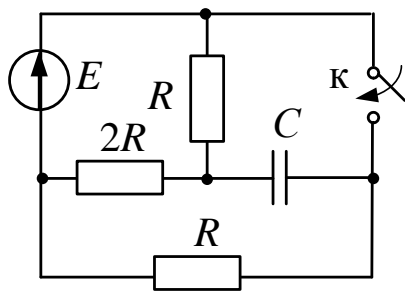


Рис. 5.18

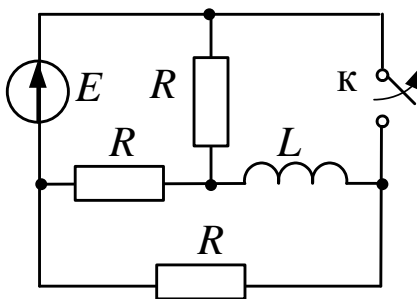


Рис. 5.19

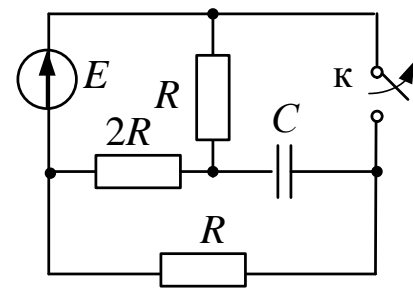


Рис. 5.20

Таблица 5

$E$	$C$	$L$	$R$
В	мкФ	мГн	Ом
120	637	31,85	10

**Задача 6.** На рис. 6.1–6.4 изображены схемы электрических цепей, на входе которых действует источник периодического несинусоидального напряжения  $u_1(t)$ . Формы этих напряжений приведены в виде графиков  $f(\omega t)$  в табл. 6. Нагрузкой четырехполюсников является сопротивление  $R_H$ . Параметры периодического несинусоидального напряжения электрических цепей представлены в табл. 7.

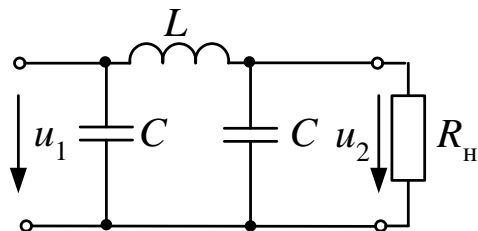


Рис. 6.1

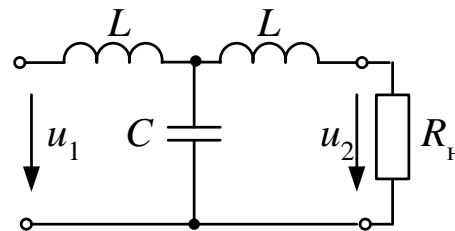


Рис. 6.2

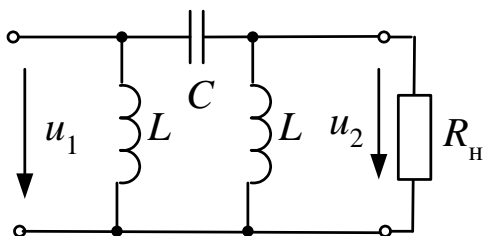


Рис. 6.3

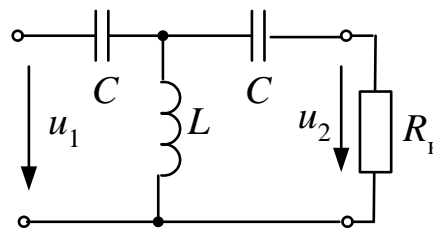


Рис. 6.4

Согласно номеру шифра и схеме цепи выбрать форму несинусоидального периодического напряжения  $u_1(t)$  и изобразить его с указанием периода и максимальных значений. Разложить входное напряжение  $u_1(t)$  источника в ряд Фурье (по пятую гармонику включительно), используя таблицу 7. Обозначив сопротивления элементов схемы в общем виде как  $R_H$ ,  $jx_L$ , и  $-jx_C$ , вывести формулу для передаточной функции по напряжению  $k_u(j\omega) = \frac{u_2(j\omega)}{u_1(j\omega)}$ . Записать в общем виде комплексную амплитуду напряжения на нагрузке  $R_H$  для  $k$ -й гармоники,





а затем определить числовые значения для всех членов ряда, включая пятую гармонику. Построить друг под другом графики спектров амплитуд входного и выходного напряжения. Записать мгновенные значения напряжения на нагрузке в виде ряда Фурье и определить его действующее значение. Рассчитать активную, реактивную и полную мощности цепи, а также мощность искажения. Определить коэффициент мощности.

Таблица 6

Шифр	Схема	График $f(\omega t)$	$a_{\max}$	$\alpha$	$\omega$	$L$ , мГн	$C$ , мкФ	$R_H$ , Ом
1	6.1	1	8	$\pi/4$	1000	50	20	100
2	6.1	2	10	–	2000	250	4	200
3	6.1	3	12	–	1000	100	5	250
4	6.1	4	14	$\pi/4$	2000	100	5	100
5	6.1	5	16	–	1000	100	20	200
6	6.2	6	18	–	2000	10	100	10
7	6.2	1	20	$\pi/3$	1000	50	5	50
8	6.2	2	22	–	2000	100	5	200
9	6.2	3	24	–	1000	25	20	25
10	6.2	4	8	$\pi/3$	2000	100	5	250
11	6.3	5	10	–	1000	50	20	50
12	6.3	6	12	–	2000	50	40	25
13	6.3	1	14	$\pi/5$	1000	100	5	150
14	6.3	2	16	–	2000	25	10	25
15	6.3	3	18	–	1000	10	100	25
16	6.4	4	20	$\pi/5$	2000	100	5	200



Окончание табл. 6

Шифр	Схема	График $f(\omega t)$	$a_{\max}$	$\alpha$	$\omega$	$L$ , мГн	$C$ , мкФ	$R_H$ , Ом
17	6.4	5	22	–	1000	25	10	25
18	6.4	6	24	–	2000	10	100	50
19	6.4	1	26	$\pi/6$	1000	40	25	50
20	6.4	2	8	–	2000	25	5	25



Таблица 7

	График $f(\omega t)$	Разложение в ряд $f(\omega t)$
1.		$f(\omega t) = \frac{4a_{\max}}{\alpha\pi} (\sin \alpha \times \sin \omega t + \frac{1}{9} \sin 3\alpha \times \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\alpha \times \sin 5\omega t)$
2.		$f(\omega t) = \frac{8a_{\max}}{\pi^2} (\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t)$
3.		$f(\omega t) = \frac{4a_{\max}}{\pi} (\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t)$
4.		$f(\omega t) = \frac{4a_{\max}}{\pi} (\sin \frac{\alpha\pi}{2} \times \cos \omega t + \frac{1}{3} \sin \frac{3\alpha\pi}{2} \times \cos 3\omega t + \frac{1}{5} \sin \frac{5\alpha\pi}{2} \times \cos 5\omega t)$
5.		$f(\omega t) = \frac{2a_{\max}}{\pi} (\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \cos \omega t + \frac{1}{3} \cos 2\omega t - \frac{1}{15} \cos 4\omega t)$
6.		$f(\omega t) = \frac{4a_{\max}}{\pi} (\frac{1}{2} + \frac{1}{3} \cos 2\omega t - \frac{1}{15} \cos 4\omega t + \frac{1}{35} \cos 6\omega t)$



## **5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ**

По итогам изучения курса проводится проверка приобретенных знаний, навыков и умений, которая осуществляется посредством сдачи экзамена.

### **5.1. Требования для сдачи экзамена**

Студент считается допущенным к сдаче экзамена при обязательном выполнении следующих условий:

- 1) сданы и зачтены индивидуальные домашние задания;
- 2) выполнены и зачтены отчеты по лабораторным работам.

Студенты КЗФ сдают экзамен во время экзаменационной сессии по билетам (в устной или письменной форме).

Студенты, обучающиеся с использованием ДОТ, сдают зачет в тестовой форме (online-режим). Экзамен считается сданным, если студент ответил на 55 % экзаменационных вопросов билета.

### **5.2. Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Классификация электрических цепей. Определение понятий: электрического тока, потенциала точки, напряжения, мгновенной мощности, энергии электрического поля.

2. Параметры и элементы схем замещения электрических цепей.

3. Основные законы электрических цепей. Последовательное, параллельное и смешанное соединения сопротивлений.

4. Законы Ома и Кирхгофа и их применение для расчета установившегося режима линейных электрических цепей постоянного тока.

5. Метод контурных токов. Для схемы, представленной преподавателем, записать систему уравнений по методу контурных токов, через контурные токи выразить реальные токи схемы.

6. Метод междуузлового напряжения. Для схемы, представленной преподавателем, записать систему уравнений, выразить реальные токи схемы.

7. Метод эквивалентного генератора. Для схемы, представленной преподавателем, записать формулу для расчета тока ветви, объяснить принцип нахождения ЭДС генератора и эквивалентного сопротивления генератора.

8. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов. Графический метод анализа простейших нелинейных электрических цепей.

9. Понятие статического и динамического сопротивлений нелинейных элементов. Графо-аналитические методы расчета нелинейных электрических цепей.





10. Применение метода эквивалентного активного двухполюсника (эквивалентного генератора) для анализа нелинейных электрических цепей.
11. Получение синусоидального напряжения. Период. Частота. Начальная фаза. Среднее и действующее значение синусоидальной величины.
12. Для схемы, представленной преподавателем, записать систему уравнений по законам Кирхгофа для мгновенных значений. Чему равен угол сдвига фаз между векторами напряжения и тока для резистивного, индуктивного и емкостного элемента?
13. Символический метод расчета установившегося режима линейных электрических цепей с синусоидальными напряжениями и токами. Комплексные схемы замещения.
14. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Для схемы, представленной преподавателем, записать систему уравнений по законам Кирхгофа в комплексной форме.
15. Активная, реактивная и полная мощности при синусоидальных напряжениях и токах. Коэффициент мощности. Баланс мощностей в цепи синусоидального тока.
16. Последовательное соединение  $R, L, C$ . Резонанс напряжений.
17. Параллельное соединение  $R, L, C$ . Резонанс токов.
18. Расчет симметричного режима линейных трехфазных цепей с синусоидальными токами и напряжениями.
19. Расчет несимметричного режима линейных трехфазных цепей с синусоидальными токами и напряжениями.
20. Измерение мощности в трехфазных цепях.
21. Возникновение переходных процессов и законы коммутации.
22. Сущность и применение классического метода расчета переходных процессов в линейных электрических цепях.
23. Независимые и зависимые начальные условия, принужденные составляющие напряжений и токов, корни характеристического уравнения и их определение при расчете переходных процессов в линейных электрических цепях.
24. Представление периодических негармонических напряжений и токов в тригонометрический ряд Фурье. Действующее и среднее значения.
25. Активная, реактивная и полная мощности при периодических негармонических напряжениях и токах.
26. Расчет линейных цепей с периодическими негармоническими напряжениями и токами.
27. Основные величины, характеризующие магнитное поле. Закон полного тока. Основные законы магнитных цепей.
28. Расчет магнитной цепи с постоянной МДС.
29. Катушка с ферромагнитным сердечником в цепи переменного тока.





30. Устройство, принцип действия однофазного трансформатора.
31. Уравнения электрического и магнитного равновесия идеализированного трансформатора.
32. Схема замещения идеализированного трансформатора. Параметры схемы замещения.
33. Реальный трансформатор. Уравнения, схема замещения.
34. Опыты холостого хода и короткого замыкания трансформатора.
35. Потери энергии и коэффициент полезного действия трансформатора.
36. Внешняя характеристика трансформатора.
37. Устройство трехфазного трансформатора.
38. Понятие о средствах измерений: мере, электроизмерительном приборе, преобразователе, методах измерения.
39. Основные метрологические характеристики электроизмерительных приборов. Погрешности измерения, классы точности.
40. Системы электроизмерительных показывающих приборов непосредственной оценки.
41. Регистрирующие измерительные приборы.
42. Понятие об электрических способах измерения неэлектрических величин.
43. Понятие о цифровых приборах.

### 5.3. Образец экзаменационного билета для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ)

Экзаменационный билет должен охватывать основные разделы курса и могут содержать как теоретические вопросы, так практические задания. Количество и форму вопросов экзаменационного билета формирует преподаватель, принимающий экзамен. Обычно билет состоит из двух теоретических вопросов и задачи.

#### Билет №X

1. Режимы работы источника энергии
2. Несимметричный режим трехфазной цепи. Соединение «звездой». Четырехпроводная цепь.
3. **Задача.** Катушку, активным сопротивлением которой можно пренебречь, включили под синусоидальное напряжение, с действующим значением – 380 В и частотой 50 Гц, и в ней установили ток 4 А. Определить индуктивность катушки.

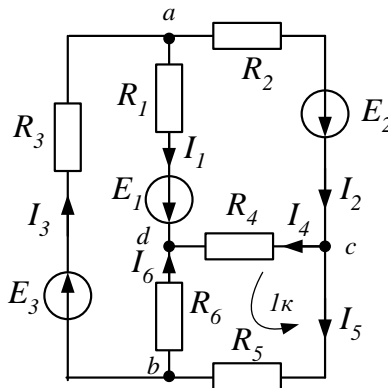


### 5.4. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ

В данном разделе приведены примеры вопросов из экзаменационного билета для студентов, сдающих экзамен в онлайн-режиме (через Интернет на сайте ИнЭО). Экзаменационный билет включает в себя 20 заданий: задания на выбор единственного ответа (8); задания на выбор множественных ответов (4); задания на установление последовательности (4); задания на установление соответствия (2); задания для краткого ответа (2).

#### 1. Задание на выбор единственного ответа

Укажите правильно записанное уравнение по второму закону Кирхгофа для выделенного контура:



- 1)  $-I_5R_5 + I_4R_4 + I_6R_6 = E_2 + E_1$
- 2)  $-I_5R_5 + I_4R_4 - I_6R_6 = E_1$
- 3)  $-I_5R_5 + I_4R_4 - I_6R_6 = 0$
- 4)  $I_5R_5 + I_4R_4 + I_6R_6 = 0$

#### 2. Задание на выбор множественных ответов

Выберите верные утверждения: При постоянных напряжениях и токах в установившемся режиме \_\_\_\_

- 1) напряжение емкостного элемента равно нулю
- 2) напряжение индуктивного элемента равно нулю
- 3) ток емкостного элемента равен нулю
- 4) ток индуктивного элемента равен нулю

### 3. Задание на установление соответствия

Установите соответствие между названием и формой записи, если мгновенное значение тока  $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 36^\circ)$ , А :

Название:

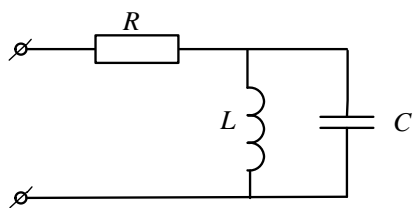
- 1) действующее значение
- 2) амплитудное значение
- 3) комплекс действующего значения
- 4) комплексная амплитуда

Форма записи:

1.  $8 + j5,88$
2.  $11,4 + j8,27$
3. 10
4. 14,1

### 4. Задание на установление последовательности

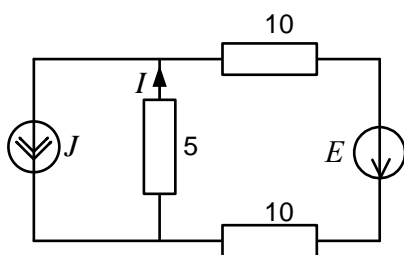
Расположите модули комплексных сопротивлений цепи для первой  $Z_1$ , второй  $Z_2$ , третьей  $Z_3$  и четвертой  $Z_4$  гармоник в порядке их убывания, если  $\omega L = 10 \text{ Ом}$ ,  $\frac{1}{\omega C} = 100 \text{ Ом}$ ,  $R = 20 \text{ Ом}$ .



Варианты ответов:

- 1)  $Z_1$
- 2)  $Z_2$
- 3)  $Z_3$
- 4)  $Z_4$

### 5. Задание для краткого ответа



Определить ток  $I$  методом контурных токов, если  $J = 10 \text{ А}$ ,  $E = 100 \text{ В}$  и сопротивления на схеме заданы в Омах.





## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Литература обязательная**

1. Лукутин А.В. Электротехника и электроника: учеб. пособие / А.В. Лукутин, Е.Б. Шандарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 198 с.
2. Аристова Л.И. Электротехника и электроника: учеб. пособие / Л.И. Аристова, А.В. Лукутин, В.И. Шпаков.– Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 180 с.
3. Электротехника и электроника: метод. указ. к выполнению лабораторных работ / сост. В.А. Колчанова, Е.О. Кулешова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 56 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/k/KULESHOVA/Uchoba/%D0%A1%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%83%20%D0%98%D0%94%D0%9E/Tab/mulp.pdf>, свободный.
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электротехника и электроника». Ч. 1: Электрические цепи / сост. Л.И. Аристова, Н.М. Малышенко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 64 с.
5. Электротехника и электроника: в 3-х кн. Кн. 1: Электрические и магнитные цепи / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 288 с.
6. Электротехника и электроника: в 3-х кн. Кн. 2: Электромагнитные устройства и электрические машины / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 272 с.
7. Электротехника и электроника: в 3-х кн. Кн. 3: Электрические измерения и основы электроники / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 432 с.
8. Борисов Ю.М. Электротехника / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов, Ю.Н. Зорин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 551 с.
9. Волынский Б.А. Электротехника / Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 525 с.
10. Касаткин А.С. Электротехника / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – М.: Высшая школа, 2003. – 542 с.
11. Сборник задач по электротехнике и основам электроники / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1987. – 286 с.
12. Рекус Г.Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники / Г.Г. Рекус, А.И. Белоусов. – М.: Высшая школа, 2001. – 416 с.



## **6.2. Литература дополнительная**

13. Аристова Л.И. Сборник задач по электротехнике: учеб. пособие / Л.И. Аристова, А.В. Лукутин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 107 с.

14. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

## **6.3. Учебно-методические пособия**

15. Сайт кафедры электрических сетей и электротехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/ese/yhebmetod/ele%20toe/Tab2>, свободный.





Учебное издание

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Методические указания и индивидуальные задания

*Составители*

АРИСТОВА Людмила Ивановна  
ШАНДАРОВА Елена Борисовна

Рецензент

*доктор технических наук,  
профессор кафедры ЭсиЭ ЭНИИ*


*В.И. Курец*

Компьютерная верстка *Е.А. Руденко*



Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета  
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)

