



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИДО

С.И. Качин

«___» _____ 2013 г.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИДО, обучающихся по направлению
220700 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
профиль: Автоматизация технологических
процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Составители

Л.И. Аристова, Е.Б. Шандарова

| | | |
|-------------------------------|----------|----------|
| Семестр | 5 | 6 |
| Кредиты | 4 | 6 |
| Лекции, часов | 10 | 8 |
| Лабораторные занятия, часов | | 8 |
| Практические занятия, часов | 4 | 4 |
| Индивидуальные задания | № 1, № 2 | № 3, № 4 |
| Самостоятельная работа, часов | 100 | 102 |
| Формы контроля | экзамен | экзамен |

Издательство

Томского политехнического университета

2013





УДК 21.3

Электротехника: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИДО, обучающихся по напр. 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли / сост. Л.И. Аристова, Е.Б. Шандарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 67 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры электрических сетей и электротехники 26 апреля 2013 г., протокол № 11.

Зав. кафедрой ЭСиЭ

к.т.н., доцент

_____ В.И. Полищук

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Электротехника» предназначены для студентов ИДО, обучающихся по направлению 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль: «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли». Данная дисциплина изучается в двух семестрах.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны перечень лабораторных работ и темы 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 |
| 5 семестр | 7 |
| Тема 1. Электрические цепи постоянного тока..... | 7 |
| Тема 2. Линейные однофазные электрические цепи синусоидального тока | 9 |
| Тема 3. Трехфазные цепи | 12 |
| Тема 4. Переходные процессы..... | 14 |
| Тема 5. Периодические несинусоидальные напряжения и токи в электрических цепях | 16 |
| Тема 6. Магнитные цепи | 17 |
| 6 семестр | 19 |
| Тема 7. Трансформаторы..... | 19 |
| Тема 8. Электрические машины постоянного тока | 22 |
| Тема 9. Асинхронные машины | 24 |
| Тема 10. Синхронные машины | 27 |
| Тема 11. Основы электропривода..... | 29 |
| Тема 12. Электрические измерения и приборы..... | 29 |
| 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ | 31 |
| 3.1. Тематика практических занятий..... | 31 |
| 3.2. Тематика лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ) | 31 |
| 3.3. Тематика лабораторных работ для студентов, обучающихся с применением ДОТ | 32 |
| 4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ..... | 33 |
| 4.1. Общие методические указания | 33 |
| 4.2. Требования к оформлению ИДЗ для студентов КЗФ | 35 |
| 4.3. Требования к оформлению ИДЗ для студентов, обучающихся с применением ДОТ | 35 |
| 4.4. Индивидуальные задания | 36 |
| 5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ..... | 59 |
| 5.1. Требования для сдачи экзамена..... | 59 |
| 5.2. Вопросы для подготовки к экзамену..... | 59 |
| 5.3. Образцы экзаменационных билетов..... | 59 |
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 65 |
| 6.1. Литература обязательная..... | 65 |
| 6.2. Литература дополнительная..... | 65 |
| 6.3. Учебно-методические пособия | 66 |



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 и электронной техники, 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 общепрофессионального модуля цикла «Профессиональный» ОПП направления 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли. Изучение курса «Электротехника» базируется на знаниях и умениях, обретенных студентами при изучении курсов физики, математики и информатики. Из курса физики базовыми являются разделы «Электричество и магнетизм» и «Колебания и волны». Из курса математики студенты должны знать тригонометрические функции и операции с ними, решение системы линейных алгебраических уравнений, иметь понятие о векторной алгебре, функции комплексного переменного. Из курса информатики студенты должны уметь применять компьютерную технику и информационные технологии при решении инженерных задач.

Для успешного освоения дисциплины слушателю 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: «Высшая математика», «Физика», «Информатика».

В результате изучения данной дисциплины студент должен получить теоретические знания и практические навыки по методам расчета и анализа электромагнитных полей, 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:

– способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;

– способность к личностному развитию и повышению профессионального мастерства;

– способность критически оценить свои достоинства и недостатки, наметить пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков;

– осознание социальной значимости своей будущей профессии, высокая мотивация к выполнению профессиональной деятельности;



– способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознание опасности и угроз, возникающих в этом процессе, соблюдение основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

профессиональные:

– способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

– способность собирать и анализировать научно-техническую информацию, учитывать современные тенденции развития и использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в профессиональной деятельности;

– способность рассчитывать и проектировать элементы и устройства, основанные на различных физических принципах действия;

– способность к анализу технического задания и задач проектирования приборов на основе изучения технической литературы и патентных источников;

– способность участвовать в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов техники;

профильно-специализированные:

– изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.





2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

5 семестр

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], [3, с. 8–23], [6, с. 10–14, 24–25], [7, с. 13–16], [8, с. 4–6, 9–15, 35–36].

1.2. Топологические понятия теории электрических цепей. Неразветвленные 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], [3, с. 24–25], [6, с. 17–19], [7, с. 16–22], [8, 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], [3, с. 27–35], [6, с. 25–35, 40–41], [7, с. 25–28, 36–44], [8, 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], [3, с. 26, 36–40], [6, с. 41–42], [7, с. 23–25, 44–47], [8, 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], [3, с. 40–49], [6, с. 42–48], [7, с. 47–55], [8, с. 24–28, 31–35].



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

Рекомендуемая литература: [3, с. 50–57], [6, 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, схемах замещения; о нелинейных электрических цепях, особенностях при их расчете.

Необходимо знать понятие электрической цепи, узла, контура, линейных элементах 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 междуузловое 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], [3, с. 59–61, 67–77], [6, с. 60–69, 106–111], [7, с. 57–66], [8, 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], [3, с. 62–66], [6, с. 70–84], [7, с. 66–74], [8, 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], [3, с. 82–93], [6, с. 70–78], [7, с. 78–83], [8, 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], [3, с. 93–98], [6, с. 79–86], [7, с. 83–92], [8, 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: [3, с. 103–106], [6, с. 95–99], [7, с. 92–100], [8, с. 77–82].

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

Рекомендуемая литература: [1, с. 34–40], [3, с. 98–103, 106–112], [6, с. 90–95, 100–104], [7, с. 116–123], [8, 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], [3, с. 113–125], [6, с. 86–89, 95–100, 112–119], [7, с. 103–114], [8, с. 83–86].

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

Рекомендуемая литература: [3, с. 125–130], [6, с. 145–148], [7, с. 114–116], [8, с. 87–88].

Методические указания

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



ловных графических обозначениях 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 цепей 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 для:
 - 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], [3, с. 150–152], [6, с. 123–126], [7, с. 124–127], [8, 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], [3, с. 153–157], [6, с. 127–131], [7, с. 127–131], [8, 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], [3, с. 157–166], [6, с. 131–143], [7, с. 132–148], [8, 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; классификацию и способы включения приемников в трехфазную цепь; назначение нейтрального провода; мощности трехфазной цепи и способы 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. Дайте понятие симметричной и несимметричной трехфазной нагрузки, симметричной системы 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° , -60° 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], [3, с. 176–178], [6, с. 149–152], [7, с. 169–172], [8, с. 132–135].

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

Рекомендуемая литература: [1, с. 58–62], [3, с. 179–185], [6, с. 166–169], [7, с. 178–182], [8, 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], [3, с. 186–191], [6, с. 152–156], [7, с. 172–176], [8, с. 135–140].

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

Рекомендуемая литература: [3, с. 192–194], [6, с. 160–161], [7, с. 176–178], [8, 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.

Уметь проводить анализ дифференциальных уравнений электрического состояния переходных процессов.

Иметь опыт использования методов расчета 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: [3, с. 200–205], [6, с. 175–182], [7, с. 156–162], [8, 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: [3, с. 206–212], [6, с. 182–188], [7, с. 162–167].

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

Рекомендуемая литература: [3, с. 166–169], [6, с. 188–190], [8, с. 128–132].

Методические указания

Необходимо иметь представление о периодических несинусоидальных величинах в электрических цепях.

Знать основные понятия и определения, их использование.

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

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

Вопросы для самоконтроля

1. Как зависят реактивное индуктивное и реактивное емкостное сопротивление элементов электрической цепи от частоты питающей сети?
2. Как вычисляются действующие значения периодических несинусоидального 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], [3, с. 221–233], [6, с. 192–202], [7, с. 205–213], [8, 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], [3, с. 234–246], [6, с. 203–213, 215–218], [7, с. 213–221], [8, с. 175–178].

6.3. Понятие о магнитных цепях с постоянными магнитами.

Рекомендуемая литература: [6, с. 213–215], [7, с. 222–224], [8, 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], [3, с. 247–258], [6, с. 223–245], [7, с. 233–243], [8, с. 182–192].

6.5. Энергия и механические силы в электромагнитных системах.

Рекомендуемая литература: [6, с. 220–222], [8, 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 и 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.

6 семестр

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], [4, с. 5–12], [6, с. 301–305], [7, с. 295–300], [8, 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], [4, с. 13–20], [6, с. 308–313], [7, с. 300–308], [8, с. 200–212].

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

Рекомендуемая литература: [4, с. 21–27], [6, с. 320–321, 329–331], [7, с. 309–317], [8, с. 213–216].

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

Рекомендуемая литература: [1, с. 92–96], [2, с. 99–100], [4, с. 29–31], [6, с. 322–326], [7, с. 318–327], [8, с. 216–222].

7.5. Устройство, принцип действия и области применения автотрансформаторов.

Рекомендуемая литература: [4, с. 32–33], [6, с. 337–342], [7, с. 329–331], [8, с. 222–224].

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

Рекомендуемая литература: [6, с. 337–342], [7, с. 329–331], [8, с. 230–237].

Методические указания

Необходимо иметь представление о назначении и области применения трансформаторов, типах трансформаторов; схемах соединения фаз обмоток; 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 индуктируется 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 ΔU_2 ? Как изменение напряжения ΔU_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 машины постоянного тока

8.1. Конструкция, устройство и области применения электрических машин постоянного тока. Принцип действия, режимы генератора и двигателя. Формулы электродвижущей силы обмотки якоря и электромагнитного момента. Уравнения электрического состояния. Понятие об искрении на коллекторе, причины возникновения.

Рекомендуемая литература: [1, с. 118–124], [2, с. 122–124], [4, с. 34–46], [6, с. 342–355], [7, с. 332–343, 346–348], [8, с. 377–387].

8.2. Классификация электрических машин постоянного тока по способу возбуждения магнитного потока.

Рекомендуемая литература: [4, с. 47–48].

8.3. Свойства и основные характеристики генераторов постоянного тока.

Рекомендуемая литература: [1, с. 150–130], [4, с. 50–58], [6, с. 355–367], [7, с. 350–358], [8, с. 395–402].

8.4. Электродвигатели постоянного тока. Способы возбуждения. Пуск электродвигателя в ход. Свойство саморегулирования момента. Механические и рабочие характеристики. Регулирование частоты вращения. Паспортные данные электродвигателей постоянного тока.

Рекомендуемая литература: [1, с. 131–138], [4, с. 59–73], [6, с. 367–387], [7, с. 359–376], [8, с. 404–413].

8.5. Потери мощности и коэффициент полезного действия электрических машин постоянного тока.

Рекомендуемая литература: [1, с. 138–139], [4, с. 48–50], [6, с. 394–395], [7, с. 349].

Методические указания

Необходимо иметь представление об устройстве и областях применения машин постоянного тока; условных обозначениях в электрических схемах.

Необходимо знать принцип действия и режимы генератора, двигателя и электромагнитного тормоза; формулы ЭДС обмотки якоря и электромагнитного момента; о потерях энергии в машинах постоянного тока и КПД.

Уметь проводить классификацию машин постоянного тока; осуществлять пуск двигателей в ход, реверс; анализ механических характеристик.

Иметь опыт расчета параметров и характеристик электрических машин постоянного тока.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите основные элементы конструкции электрической машины постоянного тока.
2. Объясните устройство щеточно-коллекторного узла, назначение коллектора и щеток в генераторе и двигателе постоянного тока.
3. Как создается в машине постоянного тока основной рабочий магнитный поток?
4. Нарисуйте схемы возбуждения машин постоянного тока в зависимости от способа включения обмоток главных полюсов относительно обмотки якоря.
5. Какое назначение имеют дополнительные полюса? Почему обмотку возбуждения дополнительных полюсов соединяют последовательно с обмоткой якоря?
6. Какая по характеру электродвижущая сила (постоянная, переменная) индуктируется в обмотке якоря машины постоянного тока? Приведите формулу для расчета электродвижущей силы обмотки якоря.
7. В генераторах какого типа возможен процесс самовозбуждения? Как происходит процесс самовозбуждения? Назовите условия, необходимые для обеспечения процесса самовозбуждения в генераторах постоянного тока.
8. Может ли иметь место самовозбуждение у полностью размагниченого генератора?
9. Объясните принцип работы машин постоянного тока в качестве генератора и двигателя.
10. Напишите уравнения электрического состояния для режимов генератора и двигателя.
11. Какими способами можно регулировать напряжение на зажимах генератора?
12. Нарисуйте внешнюю и регулировочную характеристики для генераторов постоянного тока независимого, параллельного и смешанного возбуждений.
13. Напишите аналитическое выражение для электромагнитного момента. Как направлен электромагнитный момент по отношению к направлению вращения якоря в режимах генератора и электродвигателя?
14. Напишите аналитическое выражение для частоты вращения якоря электродвигателя. Как может быть определена частота вращения якоря при «идеальном» холостом ходе?
15. Назовите способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя постоянного тока.

16. Нарисуйте естественные и семейства искусственных механических характеристик при различных способах регулирования частоты вращения электродвигателей независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.

17. Какие проблемы возникают при пуске электродвигателей постоянного тока в ход, и как они решаются?

18. Почему во время пуска по мере разгона электродвигателя уменьшается ток обмотки якоря?

19. Почему ненагруженный электродвигатель с последовательным возбуждением увеличивает частоту вращения до недопустимых пределов?

20. Из каких составляющих складываются потери энергии в машине постоянного тока?

21. Как рассчитать входную мощность P_1 и полезную мощность P_2 для генератора и двигателя?

22. Приведите формулу для определения коэффициента полезного действия электрической машины постоянного тока. Как коэффициент полезного действия зависит от полезной мощности $\eta(P_2)$?

Тема 9. Асинхронные машины

9.1. Области применения асинхронных машин. Устройство и принцип работы трехфазного асинхронного электродвигателя. Режимы генератора и электромагнитного тормоза. Уравнения электрического состояния цепей обмоток статора и ротора. Схема замещения фазы асинхронного электродвигателя.

Рекомендуемая литература: [1, с. 96–103], [4, с. 85–107, 132–133], [6, с. 401–421], [7, с. 382–397], [8, с. 417–432, 434–437].

9.2. Электромагнитный момент. Механические и рабочие характеристики. Энергетическая диаграмма и коэффициент полезного действия асинхронного электродвигателя. Паспортные данные.

Рекомендуемая литература: [1, с. 103–106], [4, с. 109–120], [6, с. 422–433], [7, с. 398–409], [8, с. 439–448].

9.3. Пуск в ход трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым и фазным ротором. Регулирование частоты вращения ротора.

Рекомендуемая литература: [1, с. 107–118], [4, с. 122–131], [6, с. 433–449], [7, с. 409–416, 419–423], [8, с. 451–460].

9.4. Устройство, конструкция, принцип действия и применение однофазных и двухфазных асинхронных электродвигателей.

Рекомендуемая литература: [4, с. 134–136], [6, с. 457–464], [7, с. 424–427], [8, с. 460–464].

Методические указания

Необходимо иметь представление об устройстве и областях применения асинхронных машин; условных обозначениях в электрических схемах.

Необходимо знать принцип действия трехфазных машин, режимы работы; уравнения электрического и магнитного состояний трехфазного двигателя; энергетические диаграммы и КПД.

Уметь проводить анализ механических характеристик; осуществлять регулирование частоты вращения и пуск в ход двигателей.

Иметь опыт расчета параметров и характеристик электрических асинхронных машин.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Изобразите схематично устройство трехфазной асинхронной электрической машины. Назовите основные элементы конструкции машины.

2. Как происходит возбуждение вращающегося магнитного поля трехфазной системой токов? Назовите условия создания вращающегося магнитного поля.

3. Объясните принцип работы асинхронного электродвигателя по условно-логической схеме.

4. Что называется скольжением в асинхронном электродвигателе? Как измеряется скольжение?

5. Как зависит частота вращения вращающегося магнитного поля от частоты напряжения питающей сети и конструкции обмотки статора? Какая максимальная частота вращения ротора возможна при частоте в сети 50 Гц?

6. Как осуществить изменение направления вращения ротора трехфазного асинхронного электродвигателя?

7. Чему равна частота электродвижущей силы в роторе асинхронной электрической машины, если частота в сети равна 50 Гц, а скольжение составляет 2 %?

8. При каких условиях асинхронная машина работает в режиме: а) генератора; б) электромагнитного тормоза?

9. Напишите выражение для электродвижущей силы, наводимой в неподвижном и вращающемся роторах.

10. Напишите уравнения магнитодвижущих сил и токов.

11. Выведите выражение для тока в обмотке вращающегося ротора асинхронного электродвигателя.

12. Начертите векторную диаграмму асинхронного электродвигателя.



13. В чем заключается аналогия между асинхронным электродвигателем и трансформатором?

14. Выведите выражение для вращающего момента электродвигателя. Начертите кривую $M(s)$.

15. Почему при увеличении скольжения в пределах от нуля до $s_{кр}$ вращающий момент увеличивается, а при дальнейшем увеличении скольжения от $s_{кр}$ до 1 – уменьшается?

16. Какая часть кривой $M(s)$ соответствует устойчивой работе асинхронного электродвигателя и какая – неустойчивой?

17. Что называется механической характеристикой электродвигателя? Начертите естественную характеристику трехфазного асинхронного электродвигателя.

18. Как влияет значение активного сопротивления цепи ротора на пусковые свойства асинхронного электродвигателя?

19. Какие существуют пути уменьшения пускового тока в асинхронном двигателе с короткозамкнутым ротором?

20. Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения трехфазного асинхронного электродвигателя.

21. Как осуществляется изменение числа пар полюсов обмотки статора асинхронного электродвигателя?

22. Начертите искусственную механическую характеристику трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором при регулировании частоты вращения путем включения реостата в цепь ротора.

23. Начертите искусственные механические характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя при регулировании частоты вращения путем изменения частоты питающего напряжения.

24. Начертите искусственные механические характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя при регулировании частоты вращения путем изменения числа пар полюсов обмотки статора.

25. Каким образом асинхронная машина может быть использована для регулирования напряжения?

26. Составьте условно-логическую схему асинхронного электродвигателя и объясните по ней принцип его работы.



Тема 10. Синхронные машины

10.1. Области применения синхронных машин. Устройство, конструкция трехфазной синхронной машины. Принцип действия генератора и двигателя.

Рекомендуемая литература: [1, с. 140–144], [4, с. 147–156, 174–175], [6, с. 472–477], [7, с. 427–437], [8, с. 467–471].

10.2. Уравнение электрического состояния цепи обмотки статора генератора и электродвигателя, электрические схемы замещения, векторные диаграммы. Формула электромагнитного момента и угловые характеристики синхронной машины.

Рекомендуемая литература: [1, с. 144–151], [4, с. 157–159, 174–177], [6, с. 477–481, 484–489], [8, с. 471–473, 477–478, 483–486].

10.3. Автономная работа синхронного генератора. Внешние и регулировочные характеристики.

Рекомендуемая литература: [4, с. 172–173], [6, с. 481–483].

10.4. Особенности работы синхронного генератора в энергосистеме. Включение генератора на параллельную работу с мощной сетью. Регулирование активной и реактивной мощностей синхронного генератора.

Рекомендуемая литература: [1, с. 151–154], [4, с. 160–170], [6, с. 483–484], [7, с. 437–444], [8, с. 475–482].

10.5. Работа синхронной машины в режиме электродвигателя. Пуск электродвигателей в ход. Саморегулирование вращающего момента. Регулирование реактивной мощности и коэффициента мощности синхронного двигателя.

Рекомендуемая литература: [1, с. 154–158], [4, с. 178–182], [6, с. 484–493], [7, с. 444–454], [8, с. 486–489].

Методические указания

Необходимо иметь представление об устройстве и областях применения синхронных машин; условных обозначениях в электрических схемах и векторных диаграммах для режимов двигателя и генератора.

Необходимо знать принцип действия генератора и двигателя; уравнение электрического состояния цепи обмотки статора; автономную работу синхронного генератора; особенности работы синхронного генератора в энергосистеме.

Уметь проводить анализ электромагнитного момента и угловых характеристик; анализ влияния величины тока возбуждения на коэффициент мощности синхронного двигателя; осуществлять пуск двигателя в ход.

Иметь опыт расчета параметров и характеристик электрических синхронных машин.



Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите основные узлы синхронной машины. Опишите устройство синхронной машины, поясните, в каких условиях используются синхронные машины с явновыраженными полюсами на роторе и в каких – с неявновыраженными полюсами.
2. Нарисуйте условные изображения известных вам синхронных машин в электрических схемах.
3. Изложите принцип работы синхронной машины, работающей в режиме генератора и в режиме двигателя.
4. Напишите выражение для электродвижущей силы, наводимой в фазе обмотки статора синхронного генератора, работающего в режиме холостом ходе.
5. От каких факторов зависит частота изменения электродвижущей силы в фазе обмотки статора? Запишите выражение для частоты f .
6. Запишите уравнения электрического состояния для фазы обмотки статора синхронной машины, работающей в режимах генератора и электродвигателя.
7. Назовите условия и порядок подключения синхронного генератора на параллельную работу с энергосистемой бесконечно большой мощности.
8. Как можно регулировать активную и реактивную мощности синхронного генератора, работающего в энергосистеме бесконечно большой мощности?
9. Почему пуск в ход синхронного электродвигателя осуществляется более сложным способом, чем пуск асинхронного электродвигателя?
10. Напишите выражения для электромагнитной мощности и электромагнитного момента.
11. Нарисуйте угловую и механическую характеристики синхронного электродвигателя.
12. Как влияет изменение тока возбуждения на режим работы синхронного двигателя?
13. Чем объясняется:
 - а) возрастающая внешняя характеристика синхронного генератора при емкостном характере нагрузки;
 - б) падающая – при индуктивном характере нагрузки?



Тема 11. Основы электропривода

11.1. Понятие об электрическом приводе. Уравнение движения. Понятие о нагрузочных диаграммах. Номинальные режимы работы электродвигателей.

Рекомендуемая литература: [1, с. 158–160], [4, с. 211–229], [7, с. 479–483], [8, с. 511–517].

11.2. Выбор вида и типа электродвигателя. Расчет мощности двигателя электрического привода.

Рекомендуемая литература: [1, с. 161–162], [4, с. 228–231], [6, с. 505–513], [7, с. 484–489], [8, с. 517–524].

11.3. Управление электроприводами. Электрическая аппаратура управления и защиты электродвигателей. Контакторы, автоматические выключатели, реле, конечные выключатели.

Рекомендуемая литература: [4, с. 192–209], [6, с. 513–522], [7, с. 496–501], [7, с. 490–509, 524–527].

11.4. Типовые схемы управления электродвигателями.

Рекомендуемая литература: [4, с. 235–241], [7, с. 502–507].

11.5. Понятие о тиристорных электроприводах.

Рекомендуемая литература: [4, с. 242–246], [8, с. 524–527].

Методические указания

Необходимо иметь представление об электрическом приводе.

Необходимо знать номинальные режимы работы электродвигателей.

Уметь проводить выбор вида и типа электродвигателя.

Иметь опыт расчета мощности двигателя электрического привода.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какая совокупность электротехнических устройств называется электроприводом?
2. Что понимается под статической нагрузочной диаграммой электропривода?
3. Чем определяется режим работы электропривода? Дайте классификацию режимов работы электропривода.
4. Какие методы применяются для выбора мощностей электродвигателей постоянного и переменного тока?
5. Какие факторы влияют на выбор типа и модификации электродвигателя?

Тема 12. Электрические измерения и приборы

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

Рекомендуемая литература: [8, с. 338–340].

12.2. Основные метрологические характеристики электроизмерительных приборов. Погрешности измерения, классы точности.

Рекомендуемая литература: [5, с. 9–14], [6, с. 272–277], [7, с. 254–255], [8, с. 340–343].

12.3. Системы электроизмерительных показывающих приборов непосредственной оценки.

Рекомендуемая литература: [5, с. 16–25], [6, с. 262–272], [7, с. 255–263], [8, с. 347–356].

12.4. Регистрирующие измерительные приборы.

Рекомендуемая литература: [6, с. 278–279], [8, с. 371–375].

12.5. Понятие об электрических способах измерения неэлектрических величин.

Рекомендуемая литература: [5, с. 54–61], [6, с. 298–301], [7, с. 287–292], [8, с. 376–377].

12.6. Понятие о цифровых приборах.

Рекомендуемая литература: [5, с. 376–380], [6, с. 295–298], [7, с. 281–285], [8, с. 370–371].

Методические указания

Необходимо иметь представление о средствах измерений.

Необходимо знать основные метрологические характеристики электроизмерительных приборов.

Уметь проводить классификацию электроизмерительных приборов.

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

5 семестр

1. Методы расчета линейных электрических цепей постоянного тока (2 часа).

Рекомендуемая литература: [1, с. 11–19], [2, с. 11–18].

2. Расчет электрических цепей однофазного синусоидального тока (1 час).

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

3. Расчет симметричных и несимметричных трехфазных электрических цепей (1 час).

Рекомендуемая литература: [1, с. 40–55], [2, с. 40–54].

6 семестр

1. Расчет параметров и характеристик электрических машин постоянного тока (2 часа).

Рекомендуемая литература: [1, с. 120–140], [2, с. 122–127].

2. Расчет параметров и характеристик электрических машин переменного тока (2 часа).

Рекомендуемая литература: [1, с. 101–115], [2, с. 108–120].

3.2. Тематика лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ)

Требования к этапам работы, связанные с лабораторными занятиями, определены в методических указаниях ко всем лабораторным работам [16], с которыми можно ознакомиться на сайте кафедры [17].

Темы лабораторных работ

1. Исследование трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором (2 часа).

2. Исследование электродвигателя постоянного тока параллельного возбуждения (2 часа).

3. Исследование генератора постоянного тока независимого и параллельного возбуждения (2 часа).

4. Исследование синхронного генератора (2 часа).

3.3. Тематика лабораторных работ для студентов, обучающихся с применением ДОТ

Студенты, обучающиеся с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), выполняют лабораторные работы 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 [18]. 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.

Темы лабораторных работ

1. Исследование линейной разветвлённой цепи постоянного тока (2 часа).
2. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи синусоидального тока (2 часа).
3. Исследование трехфазной цепи, соединенной «звездой» (2 часа).
4. Нелинейный резистивный элемент в цепи источником гармонического напряжения (2 часа).

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

Индивидуальные домашние задания (ИДЗ) по электротехнике состоят из ряда задач, охватывающих основные разделы курса. **В пятом семестре в первом ИДЗ решаются задачи 1, 2, 3, во втором ИДЗ – задачи 4, 5. В шестом семестре в ИДЗ № 3 решаются задачи 6, 7, в ИДЗ № 4 – задачи 8, 9.**

К каждой задаче дается таблица с численными данными на 20 вариантов.

Номер варианта, выполняемого студентом, определяется по двум последним цифрам учебного шифра студента. Если число, образованное этими цифрами, больше 20, то из него следует вычесть 20 столько раз, чтобы в результате получилось число не превышающее 20. Оно и будет номером варианта.

ИДЗ следует выполнять в отдельной тетради, на титульном листе которой указать: фамилию, имя и отчество, домашний адрес, номер учебного шифра, номер контрольной работы и номер варианта.

Задачи, входящие в ИДЗ, 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.

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. При чистовом оформлении контрольной работы текст, формулы и числовые расчеты вписывать четко и аккуратно, без помарок.

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

9. 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).

10. Решение задачи обязательно сопровождать пояснениями, то есть назвать законы, на основании которых составлены уравнения, смысл преобразований в схемах и формулах, последовательность действий, комментировать полученные результаты.

11. Электрические схемы необходимо чертить с помощью чертежных инструментов при соблюдении 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.

12. Графики представить выполненными аккуратно желательно 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.

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

14. В конце работы поставить дату выполнения и подпись.

15. 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.

16. В случае затруднений, возникающих при решении задач, которые не удастся преодолеть с помощью учебной литературы, студент может обратиться в университет для получения устной или письменной консультации.

4.2. Требования к оформлению ИДЗ для студентов КЗФ

Индивидуальное домашнее задание следует выполнять в отдельной тетради, которая сдается преподавателю.

На обложке тетради указывается: фамилия, имя и отчество, домашний адрес, номер учебного шифра, номер группы и номер варианта.

Все страницы работы должны иметь сквозную нумерацию.

Обязательно прилагается список использованной литературы, в который включаются методические указания, в соответствии с которыми выполнены задания.

Студент КЗФ должен быть готов защитить свои индивидуальные задания во время сессии. Защита домашнего задания происходит в индивидуальной беседе с преподавателем по выполненным задачам.

Студент, не получивший положительной аттестации по индивидуальному заданию, не допускается к сдаче экзамена по данной дисциплине.

4.3. Требования к оформлению ИДЗ для студентов, обучающихся с применением ДОТ

Индивидуальное задание в электронном виде отправляется преподавателю, который курирует студента.

Индивидуальное задание оформляется в отдельном файле. 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 работы должны иметь сквозную нумерацию.

Обязательно прилагается список использованной литературы, в который включаются методические указания, в соответствии с которыми выполнены задания.

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

Студенты, обучающиеся с применением ДОТ, в обязательном порядке получают рецензию на индивидуальное задание. Правильно выполненные работы студенту не возвращаются.

Студент, не получивший положительной рецензии по индивидуальному заданию, не допускается к сдаче экзамена по данной дисциплине.

4.4. Индивидуальные задания

Задача 1. В электрических цепях, схемы которых представлены на рис. 1.1–1.10 по заданным величинам сопротивлений резисторов и мощности на одном из элементов P , измеряемой ваттметром W (табл. 1), определить токи во всех ветвях схемы и напряжение источника питания. Составить баланс мощности.

Указание: перед решением задачи ознакомиться с решением задачи 1.2.1 [2, с. 9–10].

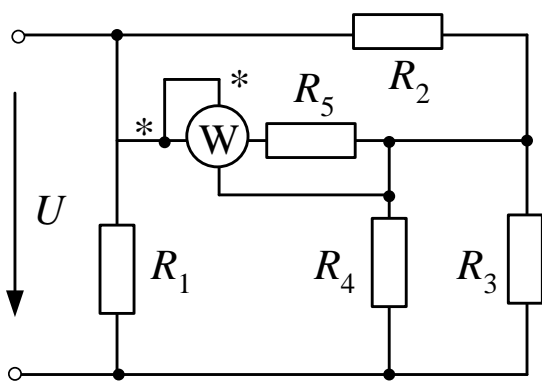


Рис. 1.1

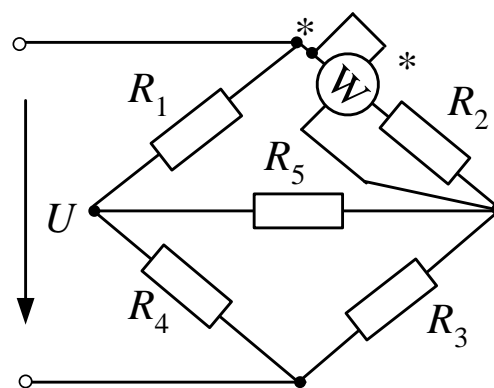


Рис. 1.2

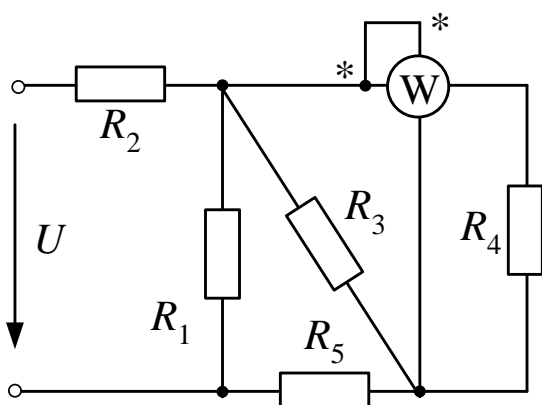


Рис. 1.3

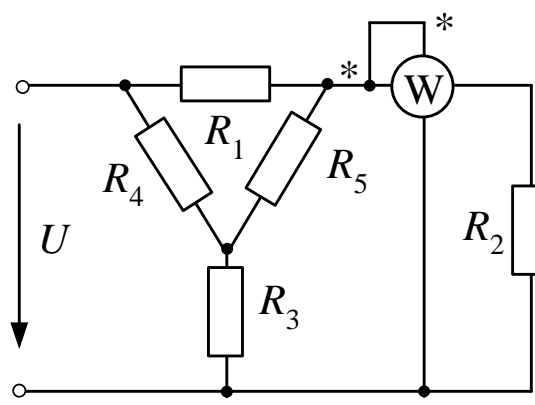


Рис. 1.4

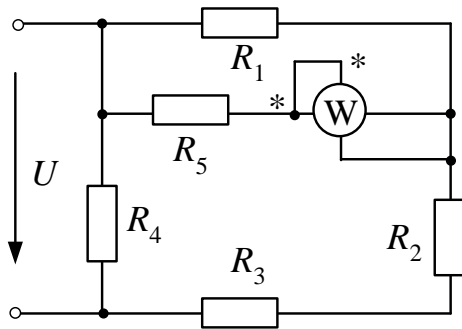


Рис. 1.5

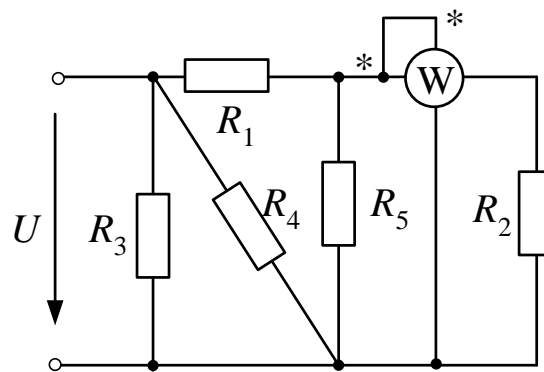


Рис. 1.6

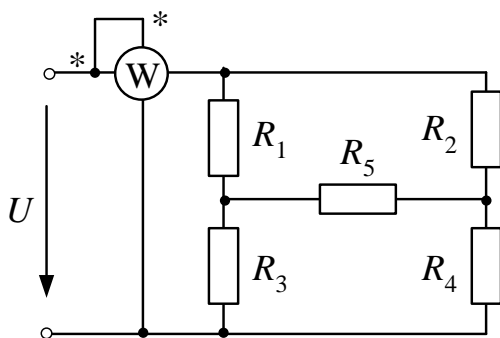


Рис. 1.7

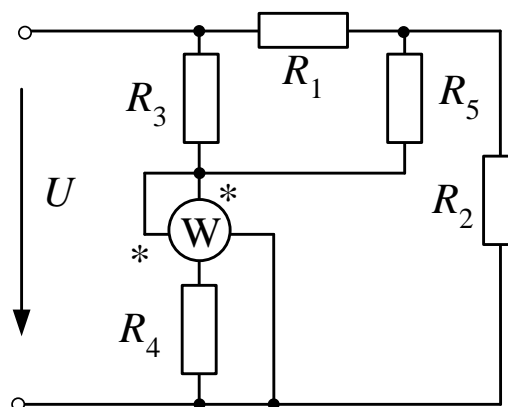


Рис. 1.8

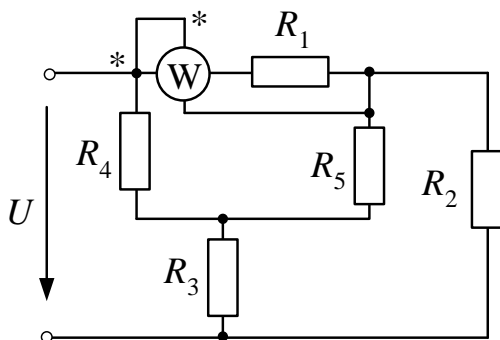


Рис. 1.9

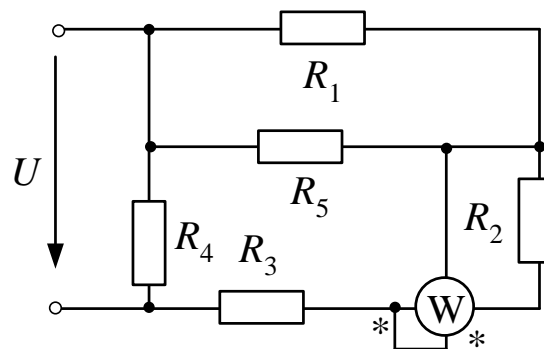


Рис. 1.10

Таблица 1

| Номера | | Данные к задаче 1 | | | | | |
|--------|------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Вар. | Рис. | P , Вт | R_1 , Ом | R_2 , Ом | R_3 , Ом | R_4 , Ом | R_5 , Ом |
| 1 | 1.1 | 75 | 3 | 5 | 4 | 8 | 15 |
| 2 | 1.2 | 80 | 8 | 15 | 12 | 6 | 3 |
| 3 | 1.3 | 45 | 14 | 11 | 6 | 4 | 8 |
| 4 | 1.4 | 144 | 6 | 10 | 12 | 8 | 5 |
| 5 | 1.5 | 15 | 9 | 14 | 18 | 6 | 12 |
| 6 | 1.6 | 24 | 11 | 7 | 13 | 9 | 10 |
| 7 | 1.7 | 72 | 6 | 12 | 17 | 13 | 4 |
| 8 | 1.8 | 250 | 9 | 3 | 11 | 30 | 25 |
| 9 | 1.9 | 48 | 22 | 10 | 42 | 18 | 30 |
| 10 | 1.10 | 165 | 10 | 8 | 6 | 14 | 18 |
| 11 | 1.1 | 24 | 4 | 9 | 13 | 16 | 4 |
| 12 | 1.2 | 95 | 8 | 11 | 23 | 7 | 6 |
| 13 | 1.3 | 28 | 11 | 16 | 8 | 3 | 15 |
| 14 | 1.4 | 120 | 28 | 34 | 56 | 44 | 11 |
| 15 | 1.5 | 80 | 45 | 30 | 58 | 32 | 14 |
| 16 | 1.6 | 55 | 14 | 9 | 7 | 16 | 24 |
| 17 | 1.7 | 34 | 10 | 3 | 5 | 8 | 13 |
| 18 | 1.8 | 22 | 14 | 18 | 9 | 22 | 16 |
| 19 | 1.9 | 40 | 30 | 42 | 16 | 9 | 24 |
| 20 | 1.10 | 25 | 10 | 7 | 14 | 3 | 18 |

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. Рассчитать 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 [2, с. 76–82].

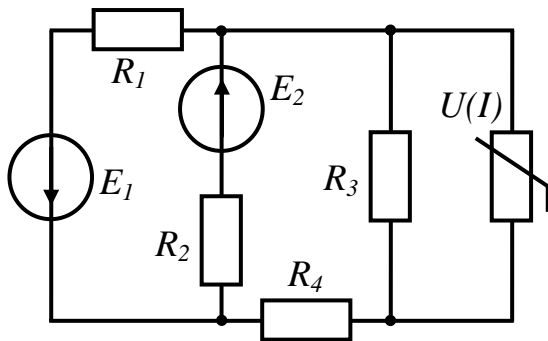


Рис. 2.1

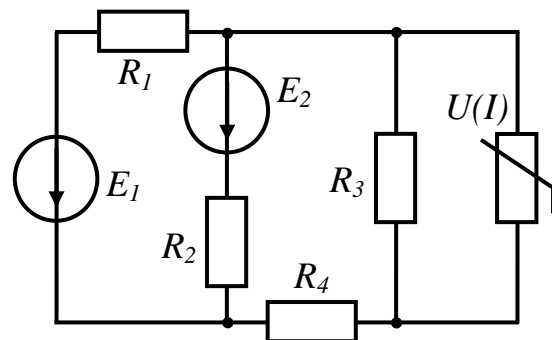


Рис. 2.2

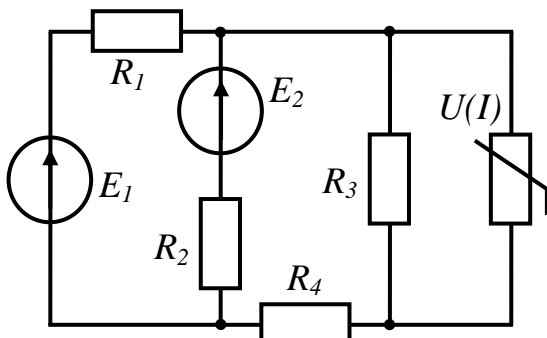


Рис. 2.3

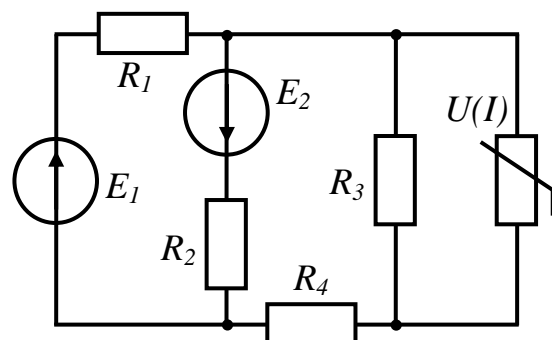


Рис. 2.4

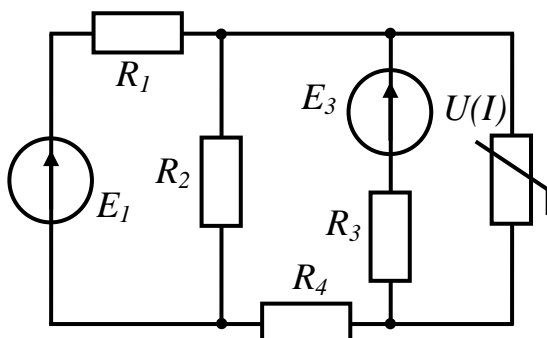


Рис. 2.5

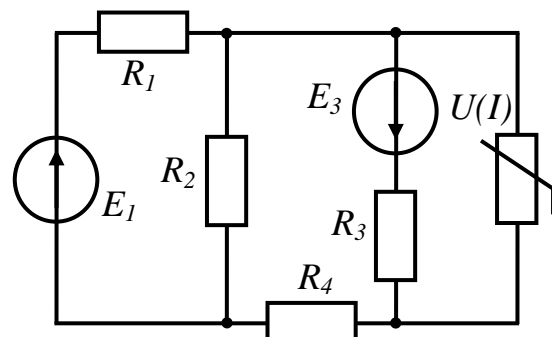


Рис. 2.6

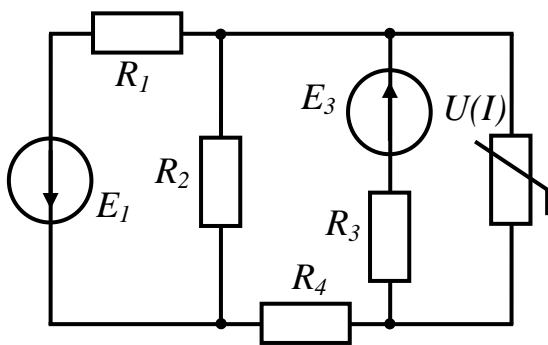


Рис. 2.7

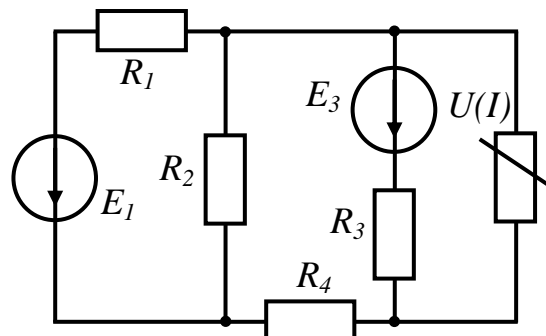


Рис. 2.8

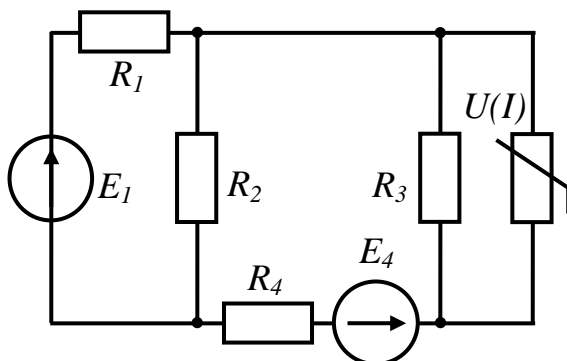


Рис. 2.9

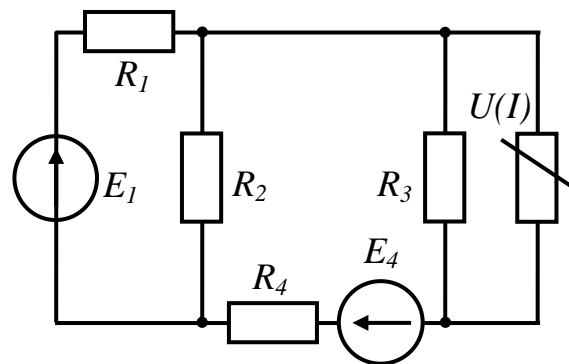


Рис. 2.10

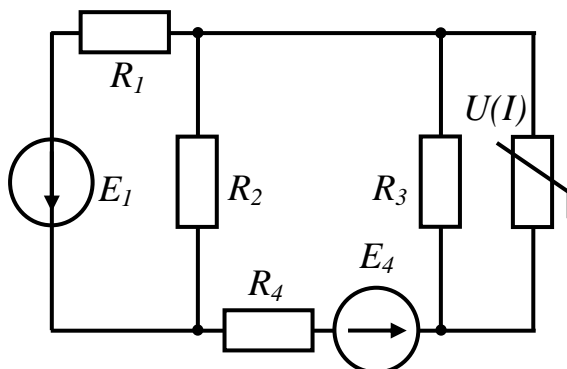


Рис. 2.11

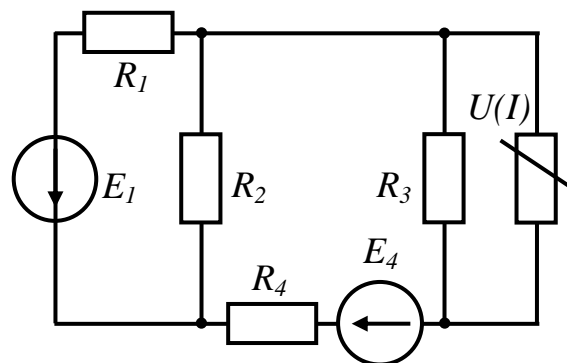


Рис. 2.12

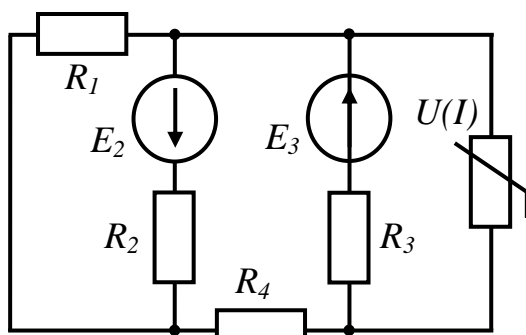


Рис. 2.13

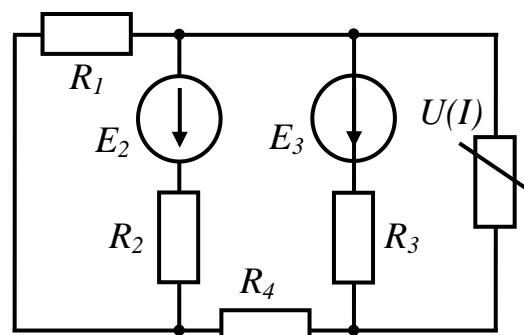


Рис. 2.14

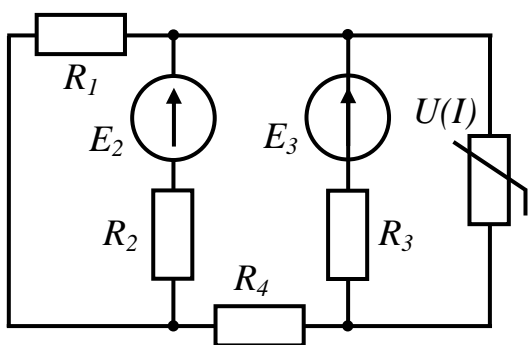


Рис. 2.15

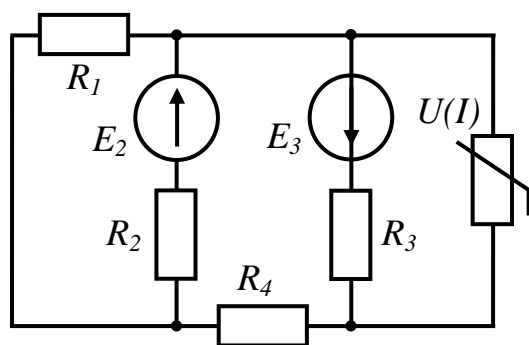


Рис. 2.16

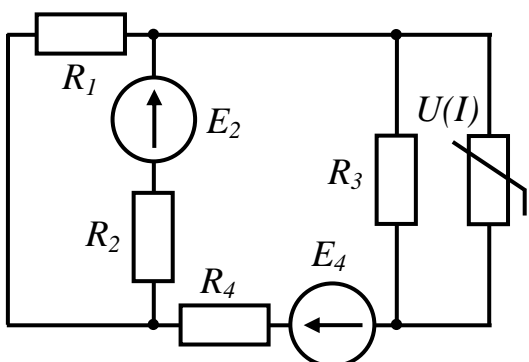


Рис. 2.17

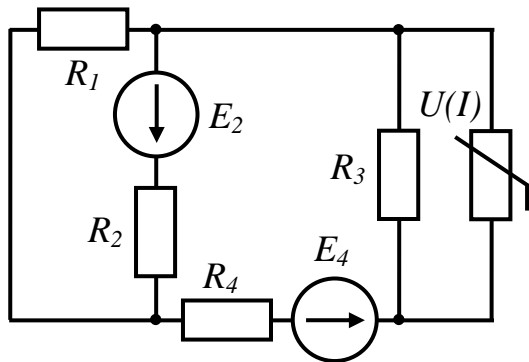


Рис. 2.18

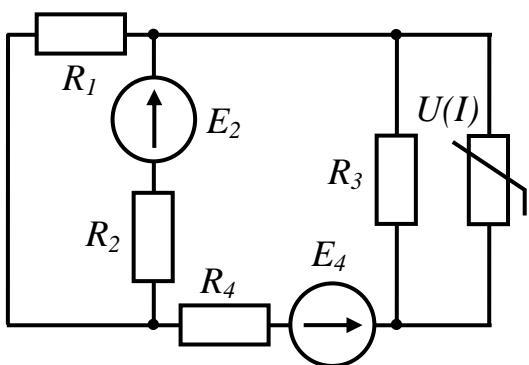


Рис. 2.19

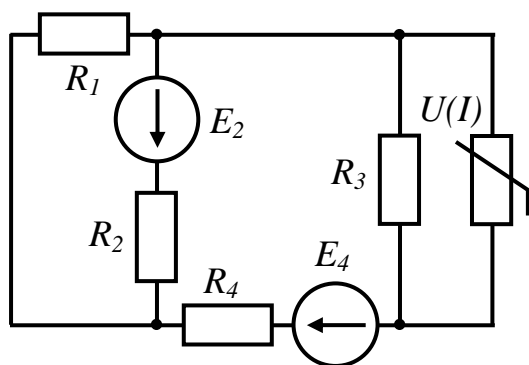


Рис. 2.20

Таблица 2

| 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 | |

Окончание табл. 2

| Номер схемы | $E_1, В$ | $E_2, В$ | $E_3, В$ | $E_4, В$ | $R_1, Ом$ | $R_2, Ом$ | $R_3, Ом$ | $R_4, Ом$ | t |
|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| 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 |
| 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 пока-

зания 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 [2, с. 31–37].

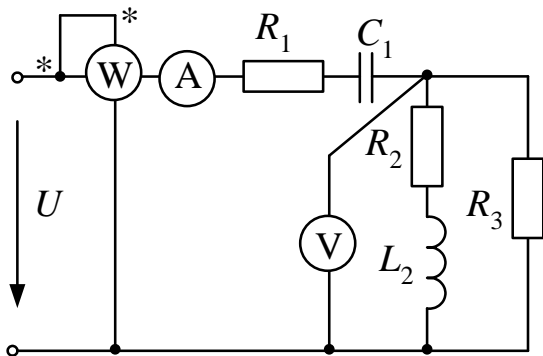


Рис. 3.1

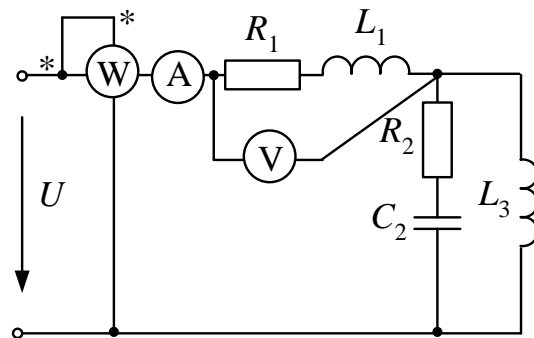


Рис. 3.2

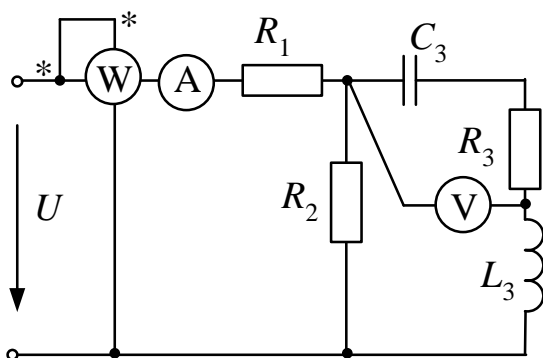


Рис. 3.3

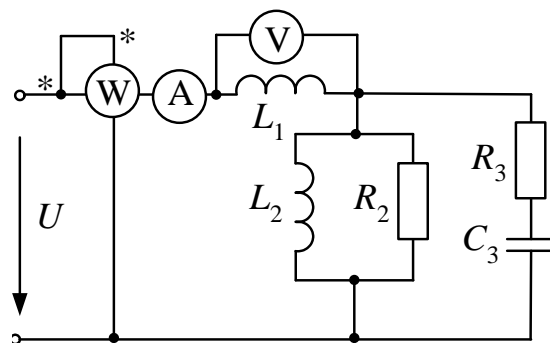


Рис. 3.4

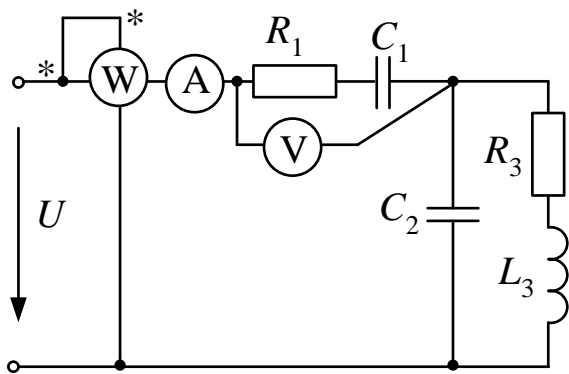


Рис. 3.5

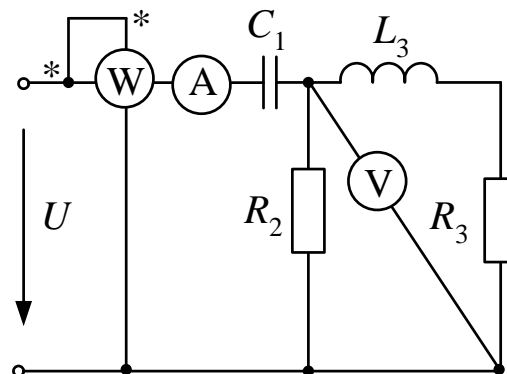


Рис. 3.6

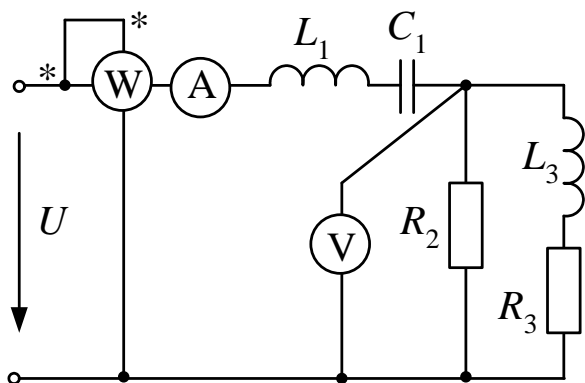


Рис. 3.7

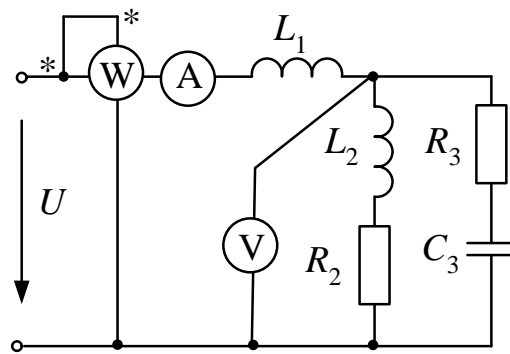


Рис. 3.8

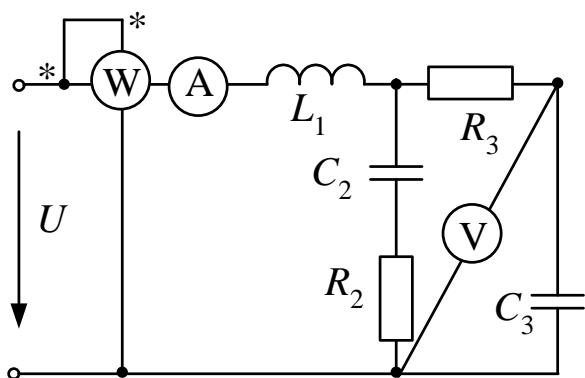


Рис. 3.9

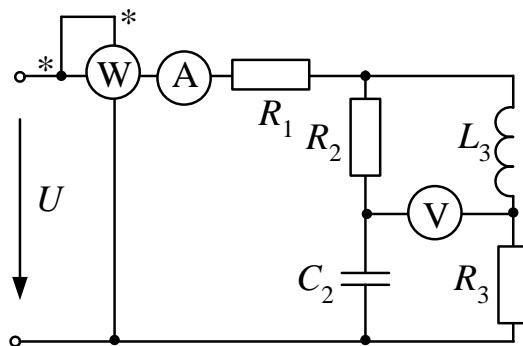


Рис. 3.10

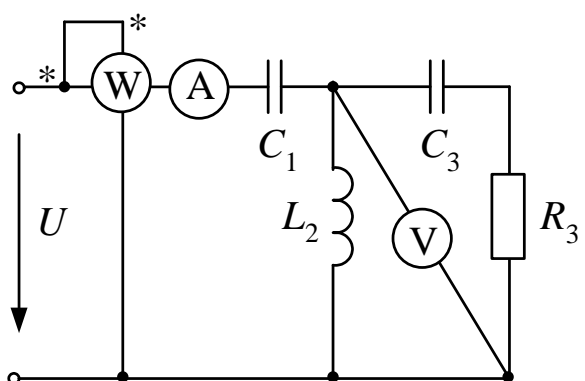


Рис. 3.11

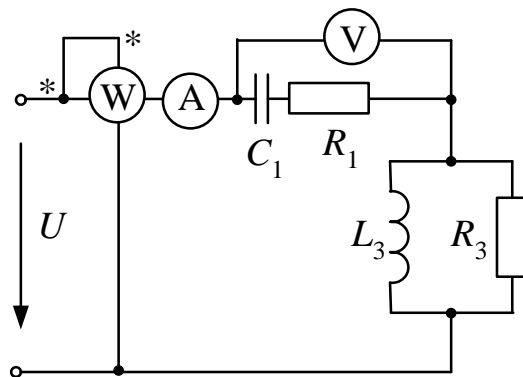


Рис. 3.12

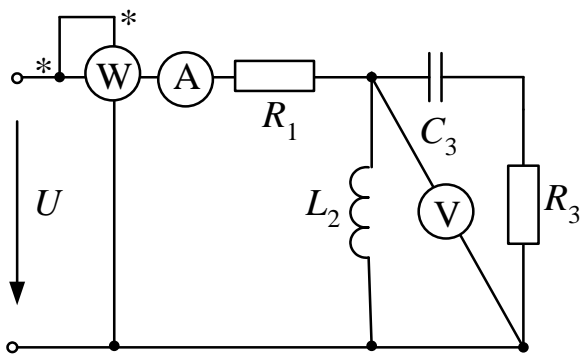


Рис. 3.13

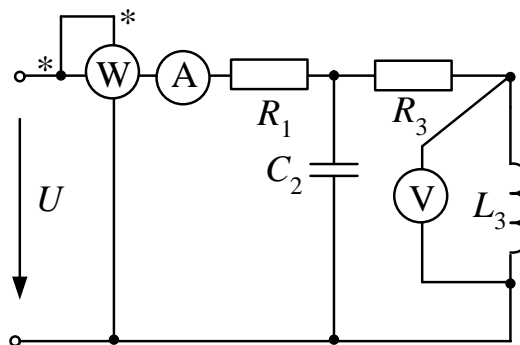


Рис. 3.14

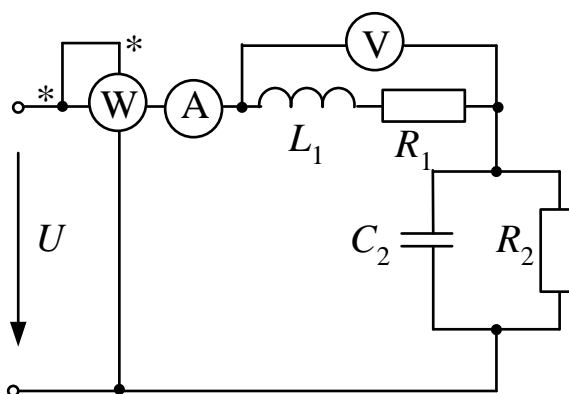


Рис. 3.15

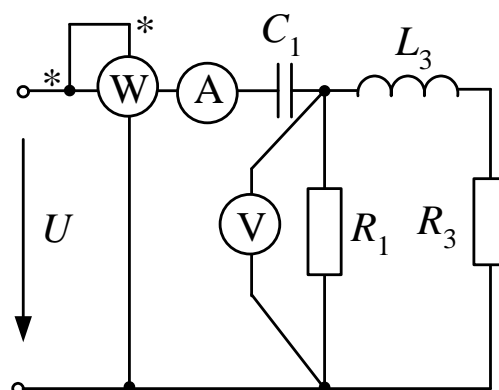


Рис. 3.16

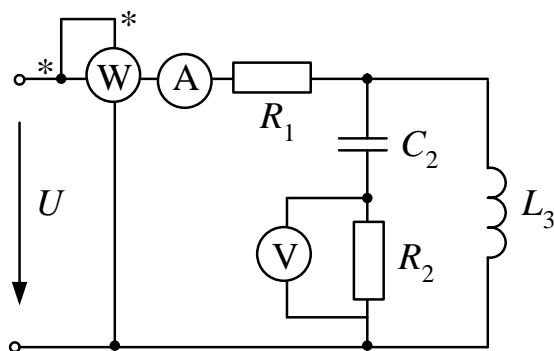


Рис. 3.17

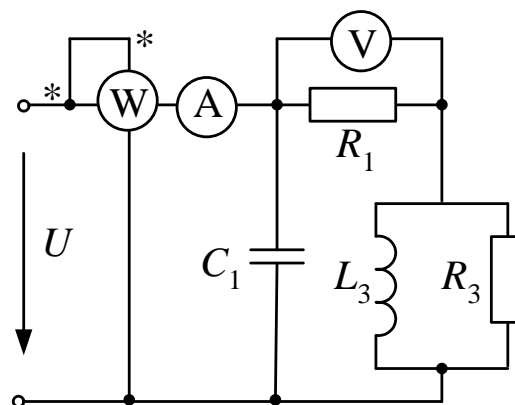


Рис. 3.18

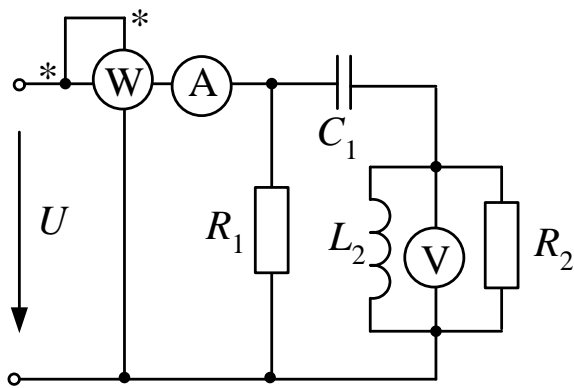


Рис. 3.19

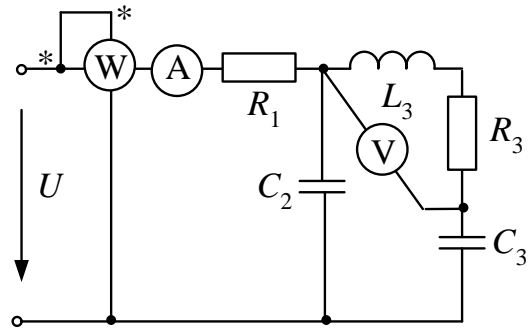


Рис. 3.20

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 | 10 | 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 [2, с. 41–54].

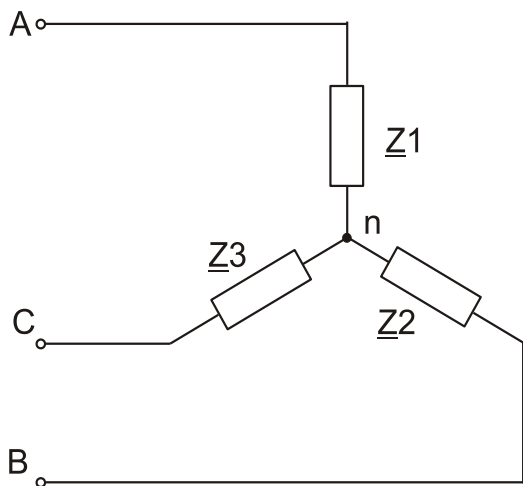


Рис. 4.1

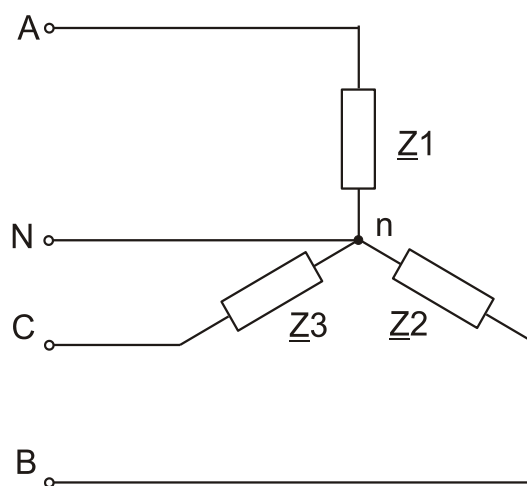


Рис. 4.2

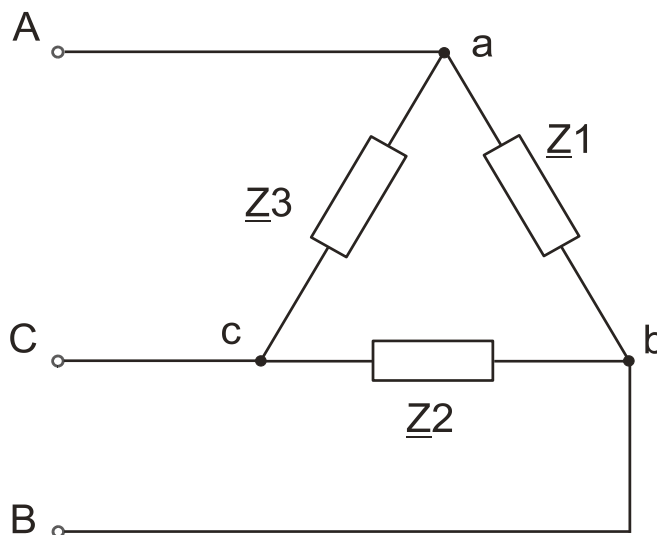


Рис. 4.3

Таблица 4

| Номер | | Данные к задачам 4 | | | | | | | |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| вар. | рис. | Лин. нап р. $U, В$ | $R_1, Ом$ | $R_2, Ом$ | $R_3, Ом$ | $X_1, Ом$ | $X_2, Ом$ | $X_3, Ом$ | Примечание |
| 1 | 4.1 | 220 | 8 | 8 | 8 | 6(инд) | 6(инд) | 6(инд) | Отключение фазы <i>a</i> |
| 2 | 4.3 | 220 | 10 | 10 | 10 | – | – | – | Отключение фазы <i>bc</i> |

Продолжение табл. 4

| Номер | | Данные к задачам 4 | | | | | | | |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|
| Вар. | Рис. | Лин. напр. $U, В$ | $R_1, Ом$ | $R_2, Ом$ | $R_3, Ом$ | $X_1, Ом$ | $X_2, Ом$ | $X_3, Ом$ | Примечание |
| 3 | 4.1 | 380 | 15 | 15 | 15 | 5 (емк) | 5 (емк) | 5 (емк) | Короткое замыкание фазы <i>c</i> |
| 4 | 4.3 | 127 | 4 | 4 | 4 | 3 (инд) | 3 (инд) | 3 (инд) | Обрыв линейного провода |
| 5 | 4.2 | 380 | – | – | – | 11(емк) | 11(емк) | 11(емк) | Обрыв линейного провода <i>A</i> |
| 6 | 4.3 | 127 | – | – | – | 10(инд) | 10 (инд) | 10 (инд) | Обрыв линейного провода <i>B</i> |
| 7 | 4.1 | 220 | 15 | 15 | 15 | – | – | – | Короткое замыкание фазы <i>a</i> |
| 8 | 4.3 | 127 | – | – | – | 20(емк) | 20(емк) | 20(емк) | Обрыв линейного провода <i>C</i> |
| 9 | 4.1 | 220 | 5 | 5 | 5 | 8 (инд) | 8 (инд) | 8 (инд) | Короткое замыкание фазы <i>b</i> |
| 10 | 4.3 | 380 | 16 | 16 | 16 | 12 (инд) | 12 (инд) | 12 (инд) | Обрыв линейного провода <i>A</i> |
| 11 | 4.1 | 380 | 12 | 12 | 12 | 6 (инд) | 6 (инд) | 6 (инд) | Короткое замыкание фазы <i>b</i> |
| 12 | 4.3 | 220 | 25 | 25 | 25 | – | – | – | Отключение фазы <i>ca</i> |
| 13 | 4.2 | 380 | 12 | 12 | 12 | 16 (инд) | 16 (инд) | 16 (инд) | Обрыв линейного провода <i>C</i> |

Окончание табл. 4

| Вар. | Рис. | 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 ab |
| 15 | 4.2 | 220 | 10 | 10 | 10 | 15 (инд) | 15 (инд) | 15 (инд) | Обрыв линейного провода A |
| 16 | 4.3 | 127 | 30 | 30 | 30 | – | – | – | Отключение фазы bc |
| 17 | 4.1 | 380 | – | – | – | 22 (емк) | 22 (емк) | 22 (емк) | Короткое замыкание фазы a |
| 18 | 4.3 | 220 | – | – | – | 40 (емк) | 40 (емк) | 40 (емк) | Обрыв линейного провода B |
| 19 | 4.1 | 220 | 8 | 8 | 8 | 16 (инд) | 16 (инд) | 16 (инд) | Короткое замыкание фазы c |
| 20 | 4.2 | 380 | 20 | 20 | 20 | 15 (инд) | 15 (инд) | 15 (инд) | Отключение фазы b |

Задача 5. Подъемный электромагнит имеет магнитопровод и якорь прямоугольного сечения (рис. 5), выполненные из листовой электротехнической стали марки 1212. Катушка электромагнита имеет w витков. Воздушный зазор между стержнями и якорем электромагнита

имеет длину $L_0 = 0,5$ мм. Определить величину тока в катушке электромагнита для создания подъемной силы F (табл. 9).

Указание: перед решением задачи ознакомиться с решением задач 7.2.1, 7.2.3 [2, с. 85–91].

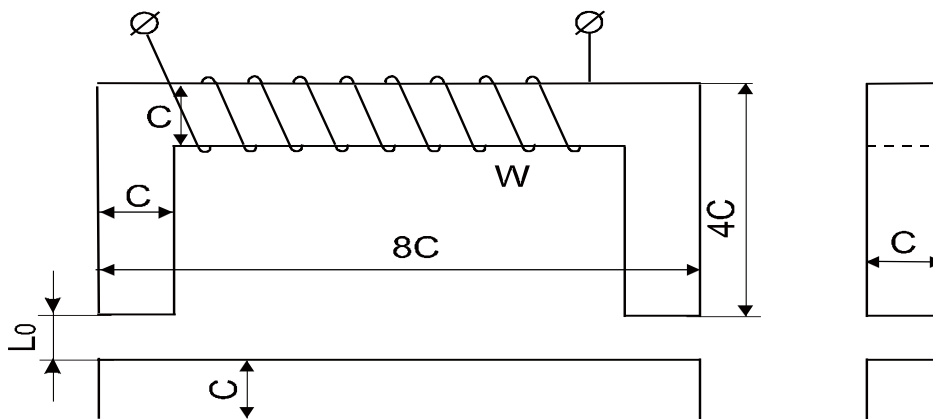


Рис. 5

Таблица 5

| Данные к задаче 5 | | | | | | | |
|-------------------|-------------|-----------------|-------------|---------|-------------|-----------------|-------------|
| Вариант | c , см | w , ВИТКОВ | F , кН | Вариант | c , см | w , ВИТКОВ | F , кН |
| 1 | 3 | 200 | 1,5 | 11 | 8 | 850 | 9 |
| 2 | 3,5 | 200 | 2 | 12 | 8,5 | 1000 | 10 |
| 3 | 4 | 300 | 2,5 | 13 | 9 | 1200 | 10 |
| 4 | 4,5 | 300 | 3 | 14 | 9,5 | 3000 | 11 |
| 5 | 5 | 400 | 4 | 15 | 10 | 4000 | 12 |
| 6 | 5,5 | 500 | 5 | 16 | 5 | 1500 | 5 |
| 7 | 6 | 650 | 6 | 17 | 5,5 | 2000 | 5,5 |
| 8 | 6,5 | 800 | 7 | 18 | 6 | 1400 | 8 |
| 9 | 7 | 1000 | 8 | 19 | 6,5 | 1300 | 6 |
| 10 | 7,5 | 1700 | 9 | 20 | 7 | 2500 | 7 |

Задача 6. Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением серии 2П характеризуется следующими номинальными величинами: номинальной мощностью на валу P_H ; номинальным напряжением U_H ; номинальной частотой вращения якоря n_H ; номинальным коэффициентом полезного действия η_H ; сопротивлением цепи обмотки якоря $R_{я}$; сопротивлением цепи обмотки возбуждения R_B (табл. 6). Определить: ток I , потребляемый электродвигателем из сети при номинальной нагрузке; номинальный электромагнитный момент на валу электродвигателя; пусковой электромагнитный момент при токе $I_{II} = 2I_H$ (без учета реакции якоря) и соответствующее сопротивление пускового реостата; частоту вращения якоря при токе якоря, равном номинальному, но при введении в цепь обмотки возбуждения добавочного сопротивления, увеличивающего заданное в условии задачи значение R_B на 30 %. Построить естественную механическую характеристику электродвигателя. Начертить схему включения электродвигателя.

Указание: перед решением задачи ознакомиться с решением задачи 10.2.3 [2, с. 126–127].

Таблица 6

| Вариант | P_H , кВт | U_H , В | n , об/мин | η_H , % | $R_{я}$, Ом | R_B , Ом |
|---------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 1 | 1,0 | 110 | 3000 | 71,5 | 0,6 | 365 |
| 2 | 2,0 | 220 | 3000 | 79 | 0,805 | 73 |
| 3 | 5,3 | 110 | 3350 | 79,5 | 0,46 | 96,3 |
| 4 | 7,5 | 440 | 3000 | 85 | 0,55 | 25,6 |
| 5 | 11 | 440 | 750 | 83,5 | 0,565 | 15,9 |
| 6 | 10 | 110 | 1000 | 82,5 | 0,042 | 72,5 |
| 7 | 30 | 440 | 2200 | 89 | 0,136 | 46,7 |
| 8 | 5,2 | 220 | 800 | 81,5 | 0,26 | 72,5 |
| 9 | 15 | 220 | 1500 | 85,5 | 0,338 | 45 |
| 10 | 12 | 110 | 1060 | 81 | 0,036 | 49,2 |

| Окончание табл. 6 | | | | | | |
|-------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Вариант | P_H , кВт | U_H , В | n , об/мин | η_H , % | $R_{я}$, Ом | R_B , Ом |
| 11 | 75 | 440 | 3150 | 91,5 | 0,031 | 31,7 |
| 12 | 3,0 | 220 | 950 | 87,5 | 0,125 | 137 |
| 13 | 18,5 | 440 | 750 | 83 | 0,473 | 49,7 |
| 14 | 45 | 220 | 1500 | 87,5 | 0,237 | 38,6 |
| 15 | 55 | 440 | 1700 | 87 | 0,059 | 20,2 |
| 16 | 110 | 220 | 1500 | 89,5 | 0,0075 | 22,8 |
| 17 | 160 | 440 | 1900 | 90 | 0,0116 | 25,6 |
| 18 | 20 | 220 | 2360 | 89,5 | 0,026 | 74 |
| 19 | 6 | 110 | 750 | 81,5 | 0,071 | 96 |
| 20 | 30 | 440 | 1600 | 89,5 | 0,185 | 40,6 |

Задача 7. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380 В частотой $f = 50$ Гц. Величины, характеризующие номинальный режим двигателя: номинальная мощность на валу P_H ; номинальное скольжение S_H ; номинальный коэффициент мощности $\cos \varphi_H$; номинальный коэффициент полезного действия η_H ; число пар полюсов p ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального m_K и $m_{П}$ (табл. 14). Определить ток, потребляемый электродвигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой электромагнитные моменты; критическое скольжение, пользуясь приближенной формулой $M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}$; ве-

личины моментов, используя эту формулу и частоты вращения ротора, соответствующие значениям скольжений: S_H ; S_H ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Построить механическую характеристику $n(M)$ электродвигателя.

Указание: перед решением задачи ознакомиться с решением задач 9.2.1–9.2.5 [2, с. 111–117].

Таблица 7

| Вариант | P_H , кВт | η_H , % | $\cos \varphi_H$ | S_H , % | p | m_K | m_{II} |
|---------|-------------|--------------|------------------|-----------|-----|-------|----------|
| 1 | 0,75 | 77 | 0,87 | 5,9 | 1 | 2,2 | 2,0 |
| 2 | 0,12 | 63 | 0,7 | 9,7 | 1 | 2,2 | 2,0 |
| 3 | 11 | 88 | 0,9 | 2,3 | 1 | 2,3 | 1,7 |
| 4 | 90 | 90 | 0,9 | 1,4 | 1 | 2,5 | 1,2 |
| 5 | 0,25 | 63 | 0,65 | 9,0 | 2 | 2,2 | 2,0 |
| 6 | 4,0 | 84 | 0,84 | 4,4 | 2 | 2,4 | 2,0 |
| 7 | 22 | 90 | 0,9 | 2,0 | 2 | 2,3 | 1,4 |
| 8 | 75 | 93 | 0,9 | 1,2 | 2 | 2,3 | 1,2 |
| 9 | 0,18 | 56 | 0,62 | 11,5 | 3 | 2,2 | 2,2 |
| 10 | 3,0 | 81 | 0,76 | 4,7 | 3 | 2,5 | 2,0 |
| 11 | 30 | 90,5 | 0,9 | 2,1 | 3 | 2,4 | 1,3 |
| 12 | 75 | 92 | 0,89 | 2,0 | 3 | 2,2 | 1,2 |
| 13 | 0,55 | 64 | 0,65 | 9,0 | 4 | 1,7 | 1,6 |
| 14 | 7,5 | 86 | 0,75 | 2,5 | 4 | 2,2 | 1,4 |
| 15 | 30 | 90 | 0,81 | 1,8 | 4 | 2,1 | 1,3 |
| 16 | 110 | 93 | 0,85 | 1,5 | 4 | 2,3 | 1,2 |
| 17 | 37 | 91 | 0,78 | 1,7 | 5 | 1,8 | 1,0 |
| 18 | 90 | 92,5 | 0,83 | 1,6 | 5 | 1,8 | 1,0 |
| 19 | 45 | 90,5 | 0,75 | 2,5 | 6 | 1,8 | 1,0 |
| 20 | 75 | 91,5 | 0,76 | 1,5 | 6 | 1,8 | 1,0 |

Задача 8. Производственный механизм приводится во вращение трехфазным асинхронным электродвигателем. Изменение момента на валу электродвигателя за цикл работы производственного механизма изображается нагрузочной диаграммой на рис. 8. Синхронная частота

вращения магнитного поля равна n_c (табл. 8). Определить методом эквивалентных величин [2, с. 228–231] расчетную мощность выбираемого электродвигателя. Выбрать типоразмер трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором для расчетной мощности $P_{расч.}$ и синхронной частоты вращения n_c по справочнику [10, с. 27–72]. Проверить выбранный электродвигатель на перегрузочную способность и по пусковому моменту с учетом возможного понижения напряжения сети на 10 %, то есть $0,9^2 M_{max д} \geq M$ и $0,9^2 M_{пд} \geq M_1$.

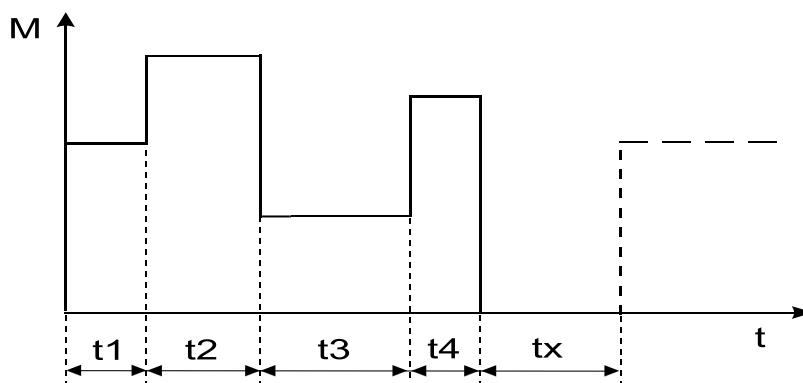


Рис. 8

Таблица 8

| Ва- риант | $M_1,$ Нм | $M_2,$ Нм | $M_3,$ Нм | $M_4,$ Нм | $n_c,$ об/мин | $t_1,$ мин | $t_2,$ мин | $t_3,$ мин | $t_4,$ мин |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 20 | 30 | 10 | 25 | 3000 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 1,3 |
| 2 | 20 | 35 | 10 | 30 | 3000 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | 1,4 |
| 3 | 20 | 40 | 15 | 35 | 3000 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 1,5 |
| 4 | 95 | 150 | 80 | 40 | 3000 | 1,0 | 1,2 | 2,0 | 1,8 |
| 5 | 25 | 40 | 15 | 35 | 1500 | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 1,6 |
| 6 | 43 | 60 | 50 | 30 | 1500 | 1,2 | 1,8 | 1,5 | 1,8 |

Окончание табл. 8

| Ва- риант | M_1 , Нм | M_2 , Нм | M_3 , Нм | M_4 , Нм | n_c , об/мин | t_1 , мин | t_2 , мин | t_3 , мин | t_4 , мин |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 7 | 52 | 87 | 65 | 48 | 1500 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 1,3 |
| 8 | 25 | 50 | 15 | 40 | 1500 | 0,9 | 1,4 | 2,0 | 1,6 |
| 9 | 65 | 110 | 78 | 50 | 1500 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,5 |
| 10 | 30 | 75 | 20 | 60 | 1000 | 0,9 | 1,2 | 1,6 | 1,8 |
| 11 | 73 | 115 | 65 | 87 | 1000 | 1,3 | 1,9 | 2,1 | 2,0 |
| 12 | 90 | 165 | 95 | 115 | 1000 | 1,6 | 2,2 | 1,3 | 1,7 |
| 13 | 60 | 80 | 30 | 70 | 1000 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | 2,0 |
| 14 | 100 | 175 | 74 | 130 | 750 | 0,7 | 2,0 | 1,4 | 3,0 |
| 15 | 95 | 200 | 150 | 65 | 750 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 2,5 |
| 16 | 180 | 430 | 125 | 300 | 750 | 1,5 | 2,1 | 3,0 | 2,0 |
| 17 | 225 | 500 | 350 | 400 | 750 | 1,7 | 1,5 | 2,0 | 2,4 |
| 18 | 320 | 650 | 380 | 540 | 600 | 2,0 | 1,6 | 2,5 | 2,2 |
| 19 | 380 | 780 | 560 | 450 | 600 | 1,8 | 2,3 | 1,3 | 2,8 |
| 20 | 710 | 1050 | 680 | 930 | 500 | 2,2 | 1,8 | 2,4 | 3,0 |

Указание: перед решением задачи ознакомиться с решением задач 12.2.1, 12.2.2 [2, с. 142–146].

Задача 9. Для привода насоса в водогрейной котельной установлен трехфазный асинхронный электродвигатель, имеющий следующие паспортные данные: номинальную мощность на валу P_H ; номинальное линейное напряжение U_H ; номинальный коэффициент мощности $\cos \varphi_H$; номинальный коэффициент полезного действия η_H ; кратность

пускового тока $i_H = I_{\Pi} / I_H$ (табл. 9). Подключение электродвигателя к распределительному щиту выполнено трехжильным алюминиевым кабелем с резиновой изоляцией длиной l , проложенным по стенам помещения. Рассчитать сечение трехжильного алюминиевого кабеля и выбрать плавкую вставку предохранителя. Определить мощность P , напряжение сети U_c и коэффициент мощности $\cos \varphi$ в начале линии, питающей электродвигатель. Коэффициент загрузки электродвигателя принять $k_3 = 1$. Реактивным сопротивлением кабеля пренебречь.

Указание: ознакомиться с решением задачи 14.26 [10, с. 267–268].

Таблица 9

| Ва-риант | l , м | Тип двигателя | P_H , кВт | U_H , В | η_H | $\cos \varphi_H$ | $i_{\Pi} = I_{\Pi} / I_H$ |
|----------|---------|---------------|-------------|-----------|----------|------------------|---------------------------|
| 1 | 50 | 4A180M2Y3 | 30 | 220 | 0,905 | 0,9 | 7,5 |
| 2 | 40 | 4A180S2Y3 | 22 | 220 | 0,88 | 0,91 | 7,5 |
| 3 | 47 | 4A200M2Y3 | 37 | 380 | 0,9 | 0,89 | 7,5 |
| 4 | 60 | 4A160M2Y3 | 18,5 | 220 | 0,885 | 0,92 | 7,0 |
| 5 | 55 | 4A160S2Y3 | 15 | 220 | 0,88 | 0,91 | 7,0 |
| 6 | 45 | 4A200L2Y3 | 45 | 380 | 0,91 | 0,9 | 7,5 |
| 7 | 30 | 4A132M4Y3 | 11 | 220 | 0,875 | 0,87 | 7,5 |
| 8 | 38 | 4A160S4Y3 | 15 | 220 | 0,885 | 0,88 | 7,0 |
| 9 | 53 | 4A225M4Y3 | 55 | 380 | 0,925 | 0,9 | 7,0 |
| 10 | 50 | 4A250S4Y3 | 75 | 380 | 0,93 | 0,9 | 7,0 |
| 11 | 45 | 4A250M4Y3 | 90 | 380 | 0,93 | 0,91 | 7,0 |
| 12 | 64 | 4A280S4Y3 | 110 | 380 | 0,925 | 0,9 | 6,0 |
| 13 | 48 | 4A200L6Y3 | 30 | 220 | 0,905 | 0,9 | 6,5 |

Окончание табл. 9

| Ва- риант | l , м | Тип двигателя | P_H , кВт | U_H , В | η_H | $\cos \varphi_H$ | $i_{II} = I_{II} / I_H$ |
|--------------|------------|------------------|----------------|--------------|----------|------------------|-------------------------|
| 14 | 57 | 4A225M6Y3 | 37 | 220 | 0,91 | 0,89 | 6,5 |
| 15 | 44 | 4A250S6Y3 | 45 | 380 | 0,915 | 0,89 | 6,5 |
| 16 | 35 | 4A250M6Y3 | 55 | 380 | 0,915 | 0,89 | 6,5 |
| 17 | 62 | 4A280S6Y3 | 75 | 380 | 0,92 | 0,89 | 7,0 |
| 18 | 55 | 4A315M6Y3 | 132 | 380 | 0,935 | 0,9 | 7,0 |
| 19 | 60 | 4A250M2Y3 | 90 | 380 | 0,92 | 0,9 | 7,5 |
| 20 | 43 | 4A225M2Y3 | 55 | 220 | 0,91 | 0,92 | 7,5 |

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).

Экзамен считается сданным, если студент ответил на 55 % экзаменационных вопросов билета.

5.2. Вопросы для подготовки к экзамену

Вопросы для подготовки к экзамену формируются непосредственно преподавателем из вопросов для самоконтроля, приведенных в конце каждого раздела, и охватывают основные разделы курса.

5.3. Образцы экзаменационных билетов

Экзаменационные билеты должны охватывать основные разделы курса и могут содержать как теоретические вопросы, так практические задания. Количество и форму вопросов экзаменационного билета формирует преподаватель, принимающий экзамен.

5 семестр

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 по дисциплине «Электротехника»

1. Режимы работы источника энергии
2. Несимметричный режим трехфазной цепи. Соединение «звездой». Четырехпроводная цепь.

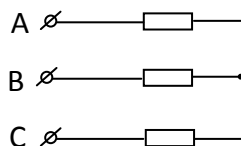
Задача. Контур состоит из последовательно соединенных сопротивления $R=20$ Ом, индуктивности $L=10$ мГн, емкости и источника ЭДС $E=2$ мВ. Определить резонансное значение емкости C и тока, если угловая частота $\omega=10^6$ с⁻¹.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2
по дисциплине «Электротехника»

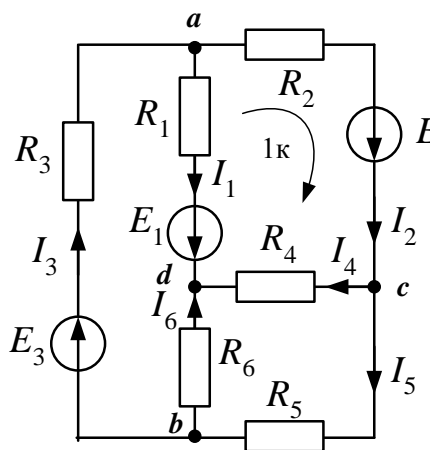
1. Параллельное соединение пассивных и активных ветвей. Метод напряжения между двумя узлами.

2. Переходные процессы при включении реальной индуктивной катушки на постоянное напряжение.

Задача. В симметричной трехфазной цепи, изображенной на рисунке, каждый из токов равен 10 А. Найти токи в цепи при обрыве фазы А:



Образец онлайн-билета



Для заданной схемы

1. Для расчета токов по законам Кирхгофа достаточно составить

- а) 10 уравнений
- б) 6 уравнений
- в) 3 уравнения

2. Выбрать верную запись уравнения по первому закону Кирхгофа для узла *a*:

- а) $-I_3 + I_1 + I_2 = 0$
- б) $-I_3 - I_1 - I_2 = 0$
- в) $I_3 + I_1 + I_2 = 0$
- г) $-I_3 - I_1 + I_2 = 0$

3. Выбрать верную запись уравнения по второму закону Кирхгофа для выделенного контура:

- а) $I_2R_2 + I_4R_4 + I_1R_1 = E_2 + E_1$
- б) $I_2R_2 + I_4R_4 - I_1R_1 = E_2 - E_1$
- в) $I_2R_2 + I_4R_4 - I_1R_1 = -E_2 - E_1$

| | |
|--|--|
| | <p>4. Мощность, вырабатываемая источниками, записывается в виде:</p> <p>а) $P_{\text{и}} = E_1 I_1 + E_2 I_3 + E_3 I_2$ б) $P_{\text{и}} = E_1 I_1 + E_2 I_2 - E_3 I_3$ в) $P_{\text{и}} = E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3$</p> <p>5. Мощность, преобразованная в тепло в сопротивлении R_4, рассчитывается по формуле</p> <p>а) $I_4 R_4$ б) $I_4^2 R_4$ в) I_4 / R_4 г) U_4 / R_4</p> |
| | <p>6. Выбрать верную запись уравнения, составленного по методу контурных токов:</p> <p>а) $I_{11}(R_1 + R_2 + R_4) = E_1 + E_2$ б) $I_{11}(R_1 + R_2 + R_4) - I_{22}R_4 + I_{33}R_1 = E_1 + E_2$ в) $I_{11}(R_1 + R_2 + R_4) - I_{22}R_4 - I_{33}R_1 = E_1 + E_2$ г) нет правильной формы записи.</p> <p>7. Выбрать верную формулу:</p> <p>а) $I_1 = I_{11} + I_{33}$; б) $I_1 = -I_{11} + I_{33}$; в) $I_1 = I_{11} - I_{33}$</p> |
| | <p>8. Индуктивное и емкостное сопротивления равны</p> <p>а) $x_L = \omega L, x_C = \omega C$ б) $x_L = \frac{1}{\omega L}, x_C = \omega C$ в) $x_L = \omega L, x_C = \frac{1}{\omega C}$ г) $x_L = fL, x_C = fC$</p> |
| <p>9. Комплекс полного сопротивления цепи запишется в виде</p> <p>а) $\underline{Z} = R + L + C$; в) $\underline{Z} = R + jx_L + jx_C$ б) $\underline{Z} = R + x_L + x_C$; г) $\underline{Z} = R + jx_L - jx_C$</p> | |
| <p>10. Выбрать правильное утверждение из следующего:</p> <p>А. Ток в индуктивном элементе отстает от напряжения на этом элементе на 90° Б. Ток в индуктивном элементе опережает напряжение на этом элементе на 90°; В. Ток в индуктивном элементе совпадает по фазе с напряжением на этом элементе</p> | |

| | |
|--|--|
| Для заданной трехфазной цепи, работающей в симметричном режиме | |
| | <p>11. Если ток $\dot{I}_A = 5e^{j60}$, тогда</p> <p>а) $\dot{I}_B = 5e^{j180}$ б) $\dot{I}_B = 5e^{-j60}$ в) $\dot{I}_B = 5e^{j60}$ г) $\dot{I}_B = 5\sqrt{3}e^{j30}$</p> |
| | <p>12. Выполняется соотношение (ответов может быть несколько)</p> <p>а) $\dot{I}_л = \sqrt{3}\dot{I}_\phi e^{-j30}$ б) $\dot{I}_л = \sqrt{3}\dot{I}_\phi e^{j30}$ в) $\dot{I}_л = \dot{I}_\phi e^{-j30} / \sqrt{3}$ г) $\dot{U}_л = \dot{U}_\phi$</p> |
| Для заданной трехфазной цепи, работающей в несимметричном режиме | |
| | <p>13. Выбрать верную формулу:</p> <p>а) $\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{R + jx_L}$ б) $\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AB}}{R + jx_L}$ в) $\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{R}$ г) $\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{R + x_L}$</p> |
| | <p>14. Ток нулевого провода</p> <p>а) выравнивает линейные токи; б) выравнивает фазные токи; в) выравнивает фазные напряжения; г) выравнивает линейные напряжения</p> |

6 семестр

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по дисциплине «Электротехника»**

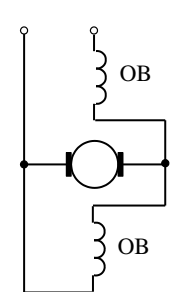
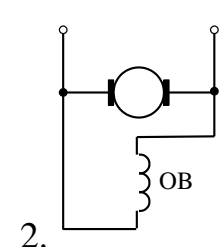
1. Схема замещения однофазного трансформатора.
2. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока.

Задача. Ротор асинхронного двигателя вращается с частотой 1440 об/мин, при этом двигатель потребляет от сети мощность 55 кВт, мощность потерь в двигателе составляет 5 кВт. Определить: скольжение; мощность, развиваемую на валу; момент на валу; КПД.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2
по дисциплине «Электротехника»

1. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя.
2. Мощность и электромагнитный момент синхронного генератора, угловая и U-образная характеристики.

Задача. Трехфазный трансформатор имеет следующие номинальные данные: потребляемая мощность $S_n=20$ кВ·А, высшее напряжение $U_1 = 6000$ В, низшее напряжение $U_2 = 400$ В, напряжение короткого замыкания $U_k = 5,5$ %, мощность холостого хода $P_x=180$ Вт, мощность короткого замыкания $P_k = 600$ Вт, частота $f = 50$ Гц. Определить коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности $\cos \varphi_2 = 0,8$.

| Образец онлайн-билета | | |
|-----------------------|---|--|
| 1 | <p>Укажите верный ответ: ПротивоЭДС обмотки якоря двигателя постоянного тока зависит от ...</p> | <p>а) конструктивного коэффициента, частоты вращения якоря, величины магнитного потока</p> <p>б) конструктивного коэффициента, частоты вращения якоря, приложенного к зажимам якоря напряжения</p> <p>в) конструктивного коэффициента, сопротивления якоря, величины магнитного потока</p> |
| 2 | <p>Установите соответствие между способом возбуждения и принципиальной схемой машины постоянного тока:</p> <p>а) независимое б) последовательное в) параллельное г) смешанное</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2.</p> </div> </div> |

| | | |
|---|--|--|
| 3 | Укажите не менее двух вариантов ответа: асинхронная машина работает в режиме двигателя, если... | 1) ротор вращается в одну сторону с магнитным полем статора 2) скольжение изменяется в пределах $0 < s \leq 1$ 3) частота вращения ротора больше частоты вращения поля статора, т.е. $n_2 > n_1$ 4) скольжение изменяется в пределах $s < 0$ 5) частота вращения ротора меньше частоты вращения поля статора, т.е. $n_2 < n_1$ 6) частота вращения ротора равна частоте вращения поля статора, т.е. $n_2 = n_1$ 7) скольжение изменяется в пределах $s > 1$ |
| 4 | Укажите верное суждение: Синхронный генератор –... | 1) это генератор, в котором изменение тока возбуждения ротора не приводит к изменению характера реактивной мощности 2) в автономном режиме работы не обладает свойством регулирования реактивной мощности 3) это активный приемник, имеющий противоЭДС E_0 и внутреннее индуктивное синхронное сопротивление x 4) это электрическая машина, частота вращения которой не связана постоянным отношением с частотой сети переменного тока, в которую эта машина включена |

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

1. Лукутин А.В., Шандарова Е.Б. Электротехника и электроника: учеб. пособие. – Томск: ТПУ, 2010. – 198 с.
2. Аристова Л.И., Лукутин А.В., Шпаков В.И. Электротехника и электроника: учеб. пособие. – Томск: ТПУ, 2011. – 182 с.
3. Электротехника и электроника: в 3-х кн. / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – Кн. 1: Электрические и магнитные цепи – 288 с.
4. Электротехника и электроника: в 3-х кн. / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – Кн. 2: Электромагнитные устройства и электрические машины. – 272 с.
5. Электротехника и электроника: в 3-х кн. / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – Кн. 3: Электрические измерения и основы электроники. – 432 с.
6. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 551 с.
7. Волынский Б.А., Зейн Е.Н., Шатерников В.Е. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 525 с.
8. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. – М.: Высш. шк., 2000. – 542 с.
9. Федоров А.А., Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1980. – 336 с.
10. Сборник задач по электротехнике и основам электроники / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высш. шк., 1987. – 286 с.
11. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники. – М.: Высш. шк., 2001. – 416 с.

6.2. Литература дополнительная

12. Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.Н., Соболевская Е.А. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 503 с.
13. Аристова Л.И., Лукутин А.В. Сборник задач по электротехнике: учеб. пособие. – Томск: 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. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электротехника и электроника». Часть 1. «Электрические цепи» / сост. Л.И. Аристова, Н.М. Малышенко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 64 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/ese/yhebmetod/ele%20toe/Tab2/LabEE1.pdf>, свободный.

16. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электротехника и электроника». Часть 2. «Электрические машины» / сост. Л.И. Аристова [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 58 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/ese/yhebmetod/ele%20toe/Tab2/Lab_mshini.pdf, свободный.

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

18. 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.





Учебное издание

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

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 *О.В. Нарожная*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л. 4,01. Уч.-изд.л. 3,63.
Заказ . Тираж экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО



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

