

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Уральский государственный университет путей сообщения
Кафедра «Электрические машины»

М. Д. Хованских
Е. Б. Азаров
А. В. Бондаренко

Э Л Е К Т Р О Т Е Х Н И К А

Екатеринбург
2009

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Уральский государственный университет путей сообщения
Кафедра «Электрические машины»

М. Д. Хованских
Е. Б. Азаров
А. В. Бондаренко

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник задач для контрольных работ с методическими
указаниями к решению задач для студентов
заочного отделения специальностей
190701 – «Организация перевозок и управление на транспорте»,
150800 – «Вагоны»

Екатеринбург
2009

УДК 621.3
Х 68

Х 68 Хованских М. Д., Азаров Е. Б., Бондаренко А. В.

Электротехника: сб. задач. – Екатеринбург : УрГУПС, 2009. – 32 с.

В сборник задач для контрольных работ вошли 6 задач на две контрольные работы для студентов заочного отделения специальностей «Организация перевозок и управления на транспорте» и «Вагоны», а также методические указания к их решению. Каждая из задач имеет 100 вариантов, отличающихся друг от друга схемами и числовыми значениями заданных величин.

Задание может быть использовано для закрепления в памяти студентов основных теоретических положений и соотношений по разделам электротехники: цепи постоянного, однофазного и трехфазного синусоидального тока.

Сборник рекомендован к изданию на заседании кафедры «Электрические машины», протокол № 4 от 9 февраля 2009 г.

Авторы: М.Д. Хованских, доцент кафедры «Электрические машины»,
канд. техн. наук, УрГУПС
Е.Б. Азаров, доцент кафедры «Электрические машины», канд.
техн. наук, УрГУПС
А.В. Бондаренко, ассистент кафедры «Электрические машины»,
УрГУПС

Рецензент: А.П. Сухогузов, доцент кафедры «Теоретические основы
электротехники», канд. техн. наук, УрГУПС

Оглавление

Рабочая учебная программа.....	4
Методические указания к решению задач.....	16
Требования, предъявляемые к выполнению работ.....	16
Задание на контрольную работу 1.....	18
Задание на контрольную работу 2.....	26

Общая характеристика программы курса

В курсе «Общая электротехника и электроника» изучаются электрические магнитные явления и их применение для практических целей. Изучение этого курса имеет большое значение для подготовки инженеров путей сообщения по специальностям 190701 – «Организация перевозок и управления на транспорте» и 190302 – «Вагоны» в современных условиях.

«Общая электротехника и электроника» опирается на основные физические законы и явления, изучаемые студентами в курсах физики с использованием различных разделов математики, и является логическим продолжением изучения общеобразовательных дисциплин.

В основу курса положены современные теория и практика анализа и расчета различных электрических цепей, являющихся фундаментом разнообразных электротехнических и электронных приборов и устройств.

Цель преподавания курса «Общая электротехника и электроника» – формирование у студентов фундаментальных знаний о физических явлениях и процессах, происходящих в электрических цепях постоянного и переменного тока. Развитие навыков теоретического анализа различных электрических цепей и их практического использования.

В соответствии с поставленной целью выделяются следующие задачи изучения курса:

1. Изучение основных законов электротехники.
2. Изучение методов анализа и расчета основных электрических цепей постоянного и переменного тока.
3. Приобретение навыков лабораторных исследований различных режимов работы цепей постоянного и переменного тока.

После изучения курса студент должен:

1. Иметь представление об областях применения и отличительных особенностях различных электрических цепей постоянного и переменного тока.
2. Знать основные законы электротехники, методы анализа и расчета электрических цепей постоянного и переменного тока, а также электротехническую терминологию и символику.
3. Уметь применять полученные знания для расчета, теоретических и экспериментальных исследований электрических цепей постоянного и переменного тока.
4. Иметь навыки сборки и экспериментальных исследований электрических цепей постоянного и переменного тока, а также производить измерения основных электрических величин.

Содержание курса

1. Введение

Электрическая энергия, ее особенности и области применения. История развития электротехники и электроники. Роль электротехники и электроники в развитии железнодорожного транспорта, комплексной автоматизации современных производственных процессов и систем управления.

Значение электротехнической подготовки для инженеров путей сообщения. Связь со специальными дисциплинами. Содержание и структура курса. Организация процесса обучения.

Основная литература: [1, с. 4–9]; [2], с. 3; [3], с. 5–9.

Дополнительная литература: [1], с. 3–7; [2], с. 4–9.

Контрольные вопросы:

1. Какие явления изучаются в электротехнике?
2. Какую область науки и техники занимает электротехника?
3. Преимущества электроэнергии перед другими видами энергии.
4. Роль электротехники в развитии железнодорожного транспорта.
5. Причины зарождения электротехники как области науки и техники.
6. Перспективы развития электроэнергетики.

2. Линейные электрические цепи постоянного тока

Тема 2.1. Основные понятия и определения

Электрическая цепь и ее элементы. Классификация электрических токов, ЭДС и напряжений. Классификация электрических цепей и их элементов. Параметры элементов электрической цепи.

Основная литература: [1], с. 10–16; [2], с. 4, 5; [3], с. 10–13.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Что называется электрической цепью?
2. Как подразделяются электрические токи, ЭДС и напряжения?
3. Какое свойство элементов характеризует параметр сопротивления?

Индуктивности? Электрической емкости?

4. Что такое электродвижущая сила (ЭДС)?

5. Идеальные и реальные элементы.

Тема 2.2. Основные законы электротехники

Изображение электрических цепей. Положительные направления электрических величин на схемах электрических цепей. Законы Ома и Кирхгофа. Работа и мощность электрического тока. Энергетический баланс.

Основная литература: [1], с. 16–19, 22–24; [2], с. 7–17; [3], с. 13–17.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Что такое схема электрической цепи?
2. Условные и действительные направления токов, напряжений и ЭДС.
3. Закон Ома для участка цепи.
4. Закон Ома для полной цепи.
5. Обобщенный закон Ома.
6. Первый закон Кирхгофа.
7. Второй закон Кирхгофа.

Тема 2.3. Неразветвленные и разветвленные электрические цепи с одним источником ЭДС

Последовательное, параллельное и смешанное соединения пассивных приемников. Анализ и расчет этих цепей. Эквивалентное преобразование соединений приемников звездой и треугольником.

Основная литература: [1], с. 25–39; [2], с. 15–16; [3], с. 19–27.

Дополнительная литература: [1], [2], [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение приемников называется:
 - а) последовательным;
 - б) параллельным;
 - в) смешанным?
2. Эквивалентное преобразование соединений приемников звездой и треугольником.
3. Как распределяются токи, напряжения и мощности при последовательном соединении приемников?
4. Как распределяются токи, напряжения и мощности в разветвлении при смешанном соединении приемников?
5. Чему равно эквивалентное сопротивление цепи:
 - а) при последовательном соединении приемников;
 - б) при параллельном соединении приемников;
 - в) при смешанном соединении приемников.

Тема 2.4. Разветвленные электрические цепи с несколькими источниками ЭДС

Анализ и расчет разветвленных электрических цепей с несколькими источниками ЭДС методами: непосредственного применения законов Кирхгофа; контурных токов; узлового напряжения; эквивалентного генератора; замещения.

Основная литература: [1], с. 47–71; [2], с. 17–30; [3], с. 93–102.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Число линейно независимых уравнений при применении для расчета цепей законов Кирхгофа.
2. Отличительная особенность метода контурных токов.
3. Для анализа и расчета каких цепей используется метод узлового напряжения?
4. С какой целью используется метод эквивалентного генератора?
5. Какой принцип анализа цепей реализует метод замещения?

3. Линейные электрические однофазные цепи синусоидального тока

Тема 3.1. Основные понятия об электрических цепях синусоидального тока

Применение переменного тока и основные определения. Получение синусоидальных ЭДС. Приемники синусоидального тока. Действующие и средние значения синусоидальных величин.

Основная литература: [1], с. 71–79; [2], с. 36–48; [3], с. 36–37.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Причины широкого применения переменного тока.
2. Что такое частота и угловая частота?
3. Какое явление положено в основу получения синусоидальных ЭДС?
4. Чему равно:
 - а) действующие значения синусоидальных величин;
 - б) средние значения синусоидальных величин?

Тема 3.2. Представление синусоидальных величин

Представление синусоидальных величин в прямоугольной системе координат, вращающимися векторами и комплексными числами. Первый и второй законы Кирхгофа для цепей синусоидального тока.

Основная литература: [1], с. 79–88; [2], с. 49–59; [3], с. 13–17.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Что такое фазовый угол, начальная фаза и угол сдвига фаз?
2. Что такое векторная диаграмма токов и напряжений?
3. Каким образом осуществляется умножение и деление комплексных чисел?
4. Особенности применения первого и второго законов Кирхгофа для цепей синусоидального тока.

Тема 3.3. Незазветвленные цепи синусоидального тока с одним параметром

Рассмотрен анализ цепей синусоидального тока: а) с активным сопротивлением; б) с индуктивностью; в) с емкостью. Законы Ома, векторные диаграммы, углы сдвига фаз и мощности этих цепей.

Основная литература: [1], с. 88–96; [2], с. 63–67; [3], с. 20–27.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Отличие активного от омического сопротивления.
2. Законы Ома для цепей синусоидального тока: а) с активным сопротивлением; б) с индуктивностью; в) с емкостью.
3. Как определить индуктивное и емкостное сопротивления?
4. Углы сдвига фаз между током и напряжением в цепях синусоидального тока: а) с активным сопротивлением; б) индуктивностью; в) с емкостью.
5. Как называются и чему равны мощности цепей синусоидального тока: а) с активным сопротивлением; б) с индуктивностью; в) с емкостью?

Тема 3.4. Незазветвленная цепь синусоидального тока с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости

Рассмотрен анализ цепей синусоидального тока с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Приведены векторная диаграмма, закон Ома и резонанс напряжений. Частные случаи этих цепей и их мощности.

Основная литература: [1], с. 105–114; [2], с. 63–67; [3], с. 51–54.

Дополнительная литература: [1], [2], [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Чему равно полное сопротивление цепи?
2. Закон Ома для цепи синусоидального тока с последовательным соединением r , L и C .
3. Начертить и пояснить треугольники напряжений, сопротивлений и мощности цепей синусоидального тока с последовательным соединением r , L и C .
4. Причины и следствия резонанса напряжений в цепях синусоидального тока с последовательным соединением r , L и C .

Тема 3.5. Разветвленная цепь синусоидального тока с параллельным соединением ветвей

Приведен анализ цепей синусоидального тока с параллельным соединением ветвей, причины и следствия резонанса токов в этих цепях. Указаны пути повышения коэффициента мощности в цепях синусоидального тока.

Основная литература: [1], с. 114–122; [2], с. 80, 86–91; [3], с. 54–57.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Треугольники токов и проводимости в цепях синусоидального тока с параллельным соединением ветвей.
2. Резонанс токов в цепях синусоидального тока с параллельным соединением ветвей.
3. Что такое коэффициент мощности?
4. Как повысить коэффициент мощности в цепях синусоидального тока?

Тема 3.6. Символический метод расчета цепей синусоидального тока

На конкретном примере рассмотрен анализ цепей со смешанным соединением ветвей. Приведены векторная диаграмма и методы проверки расчета этих цепей.

Основная литература: [1], с. 83–85; [2], с. 81, 82; [3], с. 44–51.

Дополнительная литература: [1], [2], [3].

Контрольные вопросы:

1. Что такое символический метод расчета цепей синусоидального тока?
2. Как представить комплексными числами параметры и величины цепей синусоидального тока?
3. Возможные методы проверки результатов расчета цепей синусоидального тока символическим методом.
4. Баланс мощностей в цепях синусоидального тока.
5. Порядок построения векторной диаграммы токов и напряжений в комплексной плоскости.

4. Линейные электрические трехфазные цепи синусоидального тока

Тема 4.1. Основные понятия об трехфазных цепях

Области применения трехфазных устройств, структура трехфазной цепи. Трехфазный генератор. Изображение выходных напряжений генератора с помощью векторных диаграмм. Способы включения фаз трехфазного генератора.

Основная литература: [1], с. 148–151; [2], с. 101–103; [3], с. 121–127

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Структура трехфазной цепи.
2. Устройство трехфазного генератора.
3. Получение трехфазной системы ЭДС.
4. Что такое симметричная система ЭДС и напряжений?
5. Способы включения фаз трехфазного генератора.

6. Соотношение между фазными и линейными напряжениями на трехфазном генераторе при различных способах включения его фаз

Тема 4.2. Способы соединения трехфазного источника питания и приемников в трехфазную цепь

Понятия об одно- и трехфазных приемниках. Условные положительные направления электрических величин в трехфазной цепи. Линейные и фазные токи и напряжения и их соотношения при различных способах включения приемников в трехфазную цепь.

Основная литература: [1], с. 151–154; [2], с. 126–127; [3], с. 103–108.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Определения симметричных и несимметричных приемников.
2. Способы включения одно- и трехфазных приемников в трехфазную цепь.
3. Условные положительные направления токов и напряжений в приемниках трехфазной цепи.
4. Соотношения линейных и фазных токов и напряжений в приемниках трехфазной цепи.

Тема 4.3. Трехфазная цепь при соединении фаз приемников звездой

Симметричные и несимметричные режимы трехфазной цепи при соединении фаз приемников звездой. Соотношения между напряжениями, токами и сопротивлениями. Роль нулевого провода. Векторные диаграммы.

Основная литература: [1], с. 155–156; [2], с. 103–106; [3], с. 27–131.

Дополнительная литература: [1], [2], [4].

Контрольные вопросы:

1. Схема трехфазной цепи при соединении фаз приемников звездой.
2. Соотношения между напряжениями, токами и сопротивлениями в несимметричном и симметричном режимах трехфазной цепи при соединении фаз приемников звездой.
3. Роль нулевого провода.
4. Векторные диаграммы напряжений и токов в различных режимах трехфазной цепи при соединении фаз приемников звездой.

Тема 4.4. Трехфазная цепь при соединении фаз приемников треугольником

Симметричные и несимметричные режимы работы трехфазной цепи при соединении фаз приемников треугольником. Соотношения между напряжениями, токами и сопротивлениями. Векторные диаграммы токов и напряжений.

Основная литература: [1], с. 156–158, 160–161; [2], с. 106–108; [3], с. 131–138.

Дополнительная литература: [1], [2], [5].

Контрольные вопросы:

1. Схема трехфазной цепи при соединении фаз приемников треугольником.

2. Соотношения между напряжениями, токами и сопротивлениями в различных режимах трехфазной цепи при соединении фаз приемников треугольником.

Векторные диаграммы напряжений и токов в различных режимах работы трехфазной цепи при соединении фаз приемников треугольником.

Тема 4.5. Мощность трехфазных цепей

Мощность трехфазных цепей в различных режимах их работы. Способы улучшения коэффициента мощности трехфазных цепей.

Основная литература: [1], с. 161–165; [2], с. 108–109; [3], с. 135–138.

Дополнительная литература: [1], [2].

Контрольные вопросы:

1. Мощность трехфазных цепей симметричного приемника звездой и треугольником.

2. Мощность трехфазных цепей при соединении фаз несимметричного приемника звездой и треугольником.

3. Способы повышения коэффициента мощности трехфазных цепей.

Список вопросов к экзамену

Линейные электрические цепи постоянного тока

1. Электрическая цепь постоянного тока.
2. Классификация электрических токов, ЭДС и напряжений.
3. Классификация электрических цепей и их элементов.
4. Параметры элементов электрической цепи.
5. Изображение электрических цепей.
6. Положительные направления токов, ЭДС и напряжений.
7. Закон Ома для пассивного участка цепи.
8. Закон Ома для полной цепи.
9. Закон Ома для активного участка цепи.
10. Первый закон Кирхгофа.
11. Второй закон Кирхгофа.
12. Работа и мощность электрического тока. Энергетический баланс.
13. Последовательное соединение пассивных приемников.
14. Параллельное соединение пассивных приемников.
15. Смешанное соединение пассивных приемников.
16. Метод эквивалентного преобразования соединений пассивных элементов звездой и треугольником.
17. Расчет электрической цепи с несколькими ЭДС непосредственным применением законов Кирхгофа.
18. Метод контурных токов.
19. Метод узлового напряжения.
20. Метод эквивалентного генератора.
21. Метод замещения.

Линейные электрические однофазные цепи синусоидального тока

22. Применение переменного тока и основные определения величин и параметров: периода, частоты, угловой частоты, мгновенных и амплитудных значений тока, напряжения и ЭДС.
23. Получение синусоидальных ЭДС.
24. Действующие и средние значения синусоидальных величин.
25. Представление синусоидальных величин в прямоугольных координатах.
26. Векторное представление синусоидальных величин.
27. Представление синусоидальных величин комплексными числами.
28. Законы Кирхгофа для электрической цепи синусоидального тока.
29. Цепь синусоидального тока с активным сопротивлением.
30. Цепь синусоидального тока с индуктивностью.
31. Цепь синусоидального тока с емкостью.

32. Цепь синусоидального тока с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости: схема цепи, закон Ома, полное сопротивление, треугольники напряжений и сопротивлений, векторная диаграмма напряжений и тока.
33. Резонанс напряжений.
34. Мощности цепей синусоидального тока и треугольник мощностей.
35. Цепь синусоидального тока с последовательным соединением активного сопротивления и индуктивности.
36. Цепь синусоидального тока с последовательным соединением активного сопротивления и емкости.
37. Цепь синусоидального тока с последовательным соединением индуктивности и емкости.
38. Цепь синусоидального тока с параллельным соединением ветвей.
39. Резонанс токов.
40. Символический метод расчета цепей синусоидального тока.
41. Повышение коэффициента мощности в цепях синусоидального тока.

Линейные электрические трехфазные цепи синусоидального тока

42. Получение трехфазной системы ЭДС и основные определения
43. Способы соединения фаз трехфазного источника питания
44. Классификация трехфазных приемников
45. Способы соединения фаз приемников трехфазной цепи
46. Трехфазная цепь при соединении фаз симметричного приемника звездой
47. Трехфазная цепь при соединении фаз несимметричного приемника звездой
48. Трехфазная цепь при соединении фаз симметричного приемника треугольником
49. Трехфазная цепь при соединении фаз несимметричного приемника треугольником
50. Мощность трехфазной цепи.

Понятийно-терминологический словарь

Электротехника – область науки и техники, использующая электрические и магнитные явления для практических целей.

Электрическая цепь – совокупность устройств, предназначенных для генерирования, передачи, преобразования и использования электрической энергии.

Элемент электрической цепи – отдельное устройство, входящее в электрическую цепь.

Источник питания – элемент электрической цепи, предназначенный для генерирования электрической энергии.

Приемник – элемент электрической цепи, использующий электрическую энергию.

Постоянный ток – электрический ток, величина и направление которого неизменно.

Переменный ток – электрический ток, величина и направление которого не постоянно.

Синусоидальный ток – электрический ток, изменяющийся по гармоническому закону.

Периодический ток – электрический ток, мгновенные значения которого повторяются через равные промежутки времени.

Период – наименьший промежуток времени, по истечению которого мгновенные значения тока повторяются.

Частота периодического тока – число периодов в секунду.

Параметр сопротивления r – свойство элемента поглощать энергию из электрической цепи и преобразовывать ее в другие виды энергии.

Параметр индуктивности L – свойство элемента электрической цепи создавать собственное магнитное поле.

Параметр емкости C – свойство элемента накапливать заряды или возбуждать электрическое поле.

Электродвижущая сила (ЭДС) – свойство источника электрической энергии создавать и поддерживать разность потенциалов на отдельных участках электрической цепи.

Идеальный элемент – элемент электрической цепи, обладающий одним параметром.

Пассивный элемент – элемент электрической цепи, работу которого можно описать с помощью параметров r , L и C .

Активный элемент – элемент электрической цепи, для описания работы которого, кроме пассивных параметров, вводят ЭДС.

Схема электрической цепи – графическое изображение электрической цепи с помощью условных обозначений ее элементов.

Ветвь электрической цепи – участок цепи, вдоль которого в любой момент времени ток имеет одно и тоже значение.

Узел электрической цепи – место соединения трех или большего числа ветвей.

Последовательное соединение ветвей – соединение, при котором по всем участкам электрической цепи проходит один и тот же ток.

Параллельное соединение ветвей – соединение, при котором все ветви присоединены к двум узлам.

Контур электрической цепи – замкнутый путь, проходящий по нескольким путям.

Смешанное соединение ветвей (разветвленная цепь) – совокупность последовательных и параллельных соединений ветвей.

Схема замещения цепи – графическое изображение цепи с помощью идеальных элементов.

Положительное направление тока – направление движения положительных электрических зарядов.

Положительное направление ЭДС – направление действия сторонних сил на положительный электрический заряд (направление убывания электрического потенциала).

Векторная диаграмма – совокупность векторов, изображающих синусоидальные ЭДС, напряжения и токи одной частоты.

Библиографический список

Основной:

1. *Электротехника.* / Под ред. В.С. Пантюшина – М.: Высш. шк., 1976.
2. *Касаткин А.С., Немцов М.В.* Электротехника. – М.: Академия, 2003.
3. *Электротехника.* / Под ред. В.Г. Герасимова – М.: Высш. шк., 1983.

Дополнительный:

1. *Борисов Б.М., Липатов Д.И.* Общая электротехника.– М.: Высш. шк., 1974.
2. *Общая электротехника.* / Под ред. А.Т. Блажкина.– Л.: Энергия, 1979.
3. *Кац А.Я., Шаповалов В.М., Хованских М.Д.* Комплексные числа и их применение для расчета электрических цепей синусоидального тока. – Екатеринбург : УрГУПС, 2005.
4. *Шаповалов В.М., Хованских М.Д., Азаров Е.Б.* Расчет трехфазных цепей синусоидального тока при соединении фаз потребителя звездой. – Екатеринбург: УрГУПС, 2005.
5. *Шаповалов В.М., Хованских М.Д.* Расчет трехфазных цепей синусоидального тока при соединении фаз потребителя треугольником. – Свердловск : УЭМИ-ИТ, 1988.

Методические указания к решению задач

Учебным планом по дисциплине «Электротехника» предусмотрены две контрольные работы.

Задачи контрольных работ имеют 100 вариантов, отличающихся друг от друга схемами и числовыми значениями заданных величин. Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам шифра студента: по предпоследней цифре выбирается номер схемы, а по последней – номер варианта числовых значений величин. Например, шифру 83-Д-137 соответствует 3-я схема и 7-й вариант числовых значений (порядок выбора 2-й задачи работы 1 указан в примечаниях к условиям задач).

Требования, предъявляемые к оформлению контрольных работ

1. Каждая работа должна быть выполнена в отдельной тетради, на обложке которой указываются фамилия, имя и отчество студента, его шифр и домашний адрес, номер контрольной работы.

2. Писать следует на одной стороне листа или оставлять широкие поля. Листы тетради должны быть пронумерованы.

3. Условие задачи должно быть сформулировано достаточно полно и четко.

4. Основные положения решения должны иметь объяснения. Решение иллюстрируется схемами, чертежами, векторными диаграммами и т. д. На электрических схемах должны быть показаны положительные направления токов.

5. Графическая часть работы выполняется аккуратно с помощью чертежного инструмента, условные графические обозначения применяются согласно ГОСТ. Графики и диаграммы должны выполняться с обязательным соблюдением масштаба на миллиметровой бумаге. Масштаб следует выбирать так, чтобы на 1 см приходилось 1×10^n , 2×10^n или 5×10^n единиц измерения физической величины, где n – целое число. Градуировка осей должна выполняться начиная с нуля, равномерно. Числовые значения координат точек, по которым строятся кривые, приводить не следует.

6. Должен выдерживаться следующий порядок записей при вычислениях: сначала формула, затем подстановка числовых значений величин, входящих в формулу, без каких-либо преобразований, затем результат с указанием единиц измерения.

7. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые положительные направления токов и наименования узлов. При решении одной и той же задачи разными методами той же самой величине следует присваивать одинаковое обозначение.

8. Контрольная работа должна содержать перечень литературы, использо-

ванной при работе над заданием, дату и подпись студента.

9. Контрольные работы должны представляться на рецензирование с учетом порядка их номеров. Разрешается одновременное представление на рецензию нескольких контрольных работ.

10. Незачтенная контрольная работа должна быть исправлена в соответствии с замечаниями и представлена на повторную рецензию. Все исправления должны быть выполнены в той же тетради после рецензии. Вносить исправления в рецензированный преподавателем текст не разрешается.

11. Контрольные работы, выполненные не по варианту, а также неаккуратно оформленные и неразборчиво написанные, не рецензируются.

Задание на контрольную работу 1

Задача 1

Для электрической цепи, изображенной на рис. 1, определить токи и составить баланс мощностей. Значения сопротивлений и напряжения на зажимах цепи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вариант	$U, \text{В}$	Сопротивление, Ом					
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
1	70	16	15	17	10	9	7
2	130	11	12	9	16	18	14
3	90	18	17	14	9	15	16
4	110	6	7	8	8	13	13
5	100	9	7	7	8	6	15
6	150	8	7	10	10	18	14
7	60	11	9	12	10	16	7
8	140	10	12	15	13	14	8
9	80	14	11	13	15	7	12
0	120	19	13	14	11	8	9

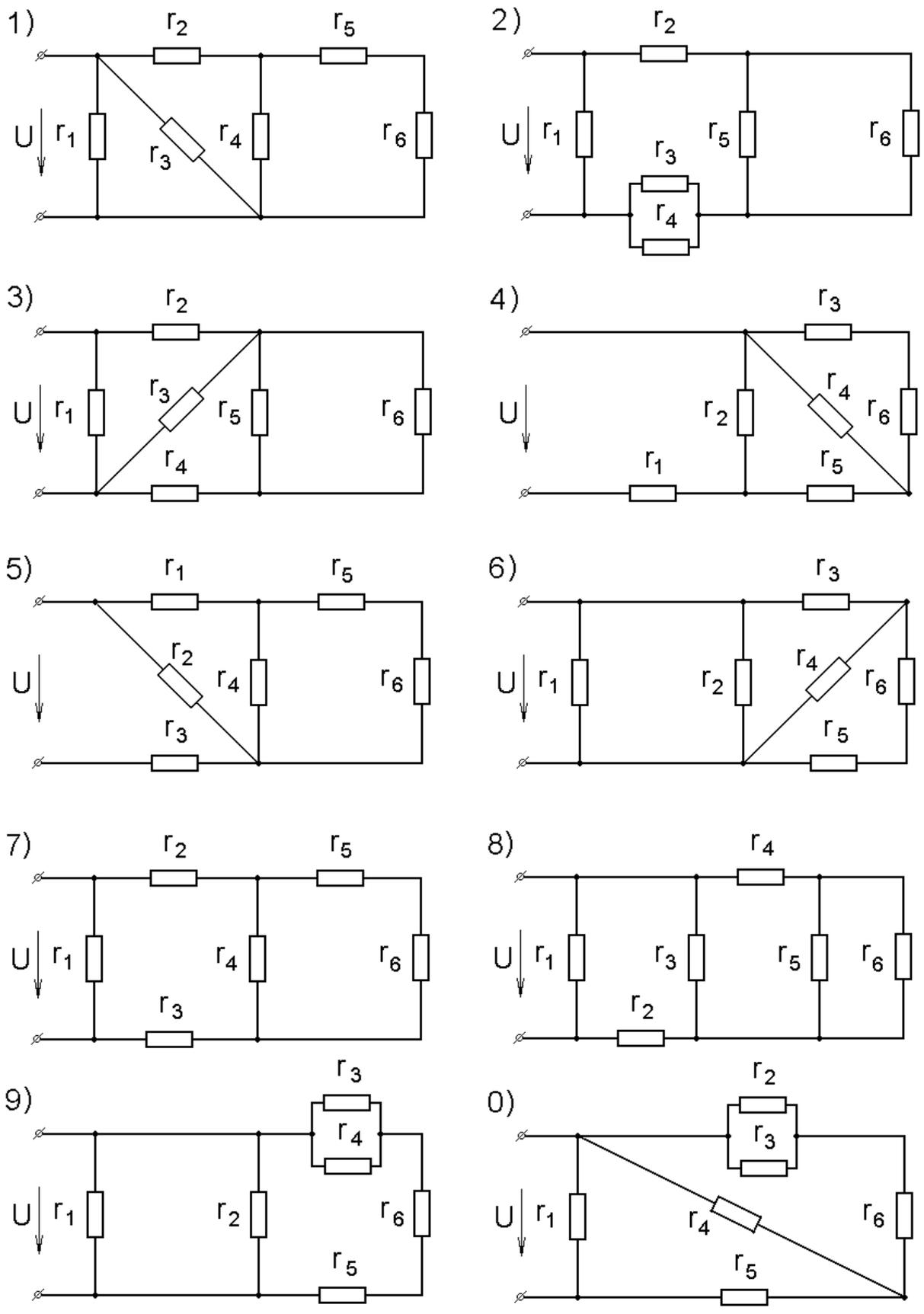


Рис. 1. Схемы электрических цепей для задачи 1

Задача 2

В однородное магнитное поле помещена катушка (рис. 2). Силовые линии поля параллельны оси катушки. Размеры катушки: $R_1 = 60$ см, $R_2 = 66$ см. Магнитная индукция B изменяется во времени по закону, указанному на рис. 3.

Максимальное значение магнитной индукции B_m , число витков ω катушки и время полного цикла изменения магнитной индукции T приведены в табл. 2.

Необходимо построить график изменения ЭДС $e(t)$, индуктируемой в катушке.

Таблица 2

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
B_m , Тл	1,9	1,6	1,8	2,0	1,3	2,2	1,7	1,5	1,2	1,4
ω	150	200	220	180	140	150	120	170	130	160
T , с	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05

Указание. Номер варианта на рис. 3 выбирается по предпоследней цифре шифра, а в табл. 2 – по последней цифре шифра.

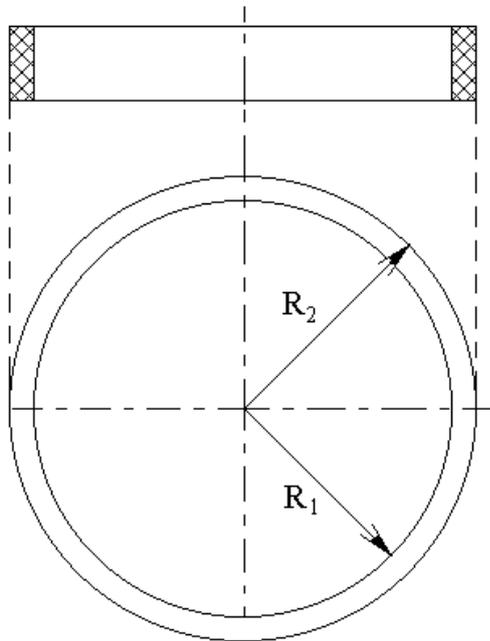


Рис. 2. Электромагнитная катушка

Методические указания

ЭДС, индуцируемая в катушке, охватывающей изменяющийся во времени магнитный поток, определяется на основе закона электромагнитной индукции по формуле

$$e = -w \frac{d\Phi}{dt} = -wS \frac{dB}{dt},$$

где e – ЭДС, В;

w – число витков катушки;

Φ – магнитный поток, охватываемый катушкой, Вб;

S – площадь поперечного сечения катушки, определяемая по среднему радиусу, м²,

$$S = \pi R_{\text{ср}}^2 = \pi \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right)^2;$$

B – магнитная индукция, Тл;

t – время, с.

Пример. Круглый плоский виток радиусом $R = 0,5$ м помещен в однородное магнитное поле. Силовые линии поля нормальны плоскости витка. Магнитная индукция B поля изменяется во времени по графику, показанному на рис. 4. Максимальное значение магнитной индукции $B_m = 1,8$ Тл. Период $T = 0,01$ с. Определить закон и построить график ЭДС e , индуцируемой в витке.

Решение. По закону электромагнитной индукции ЭДС, индуцируемая в витке, сцепленным с изменяющимся магнитным потоком,

$$e = -w \frac{d\Phi}{dt}.$$

Если магнитное поле однородно и его силовые линии нормальны плоскости витка, то магнитный поток, сцепленный с витком, определяется по формуле

$$\Phi = BS,$$

тогда

$$e = -S \frac{dB}{dt}.$$

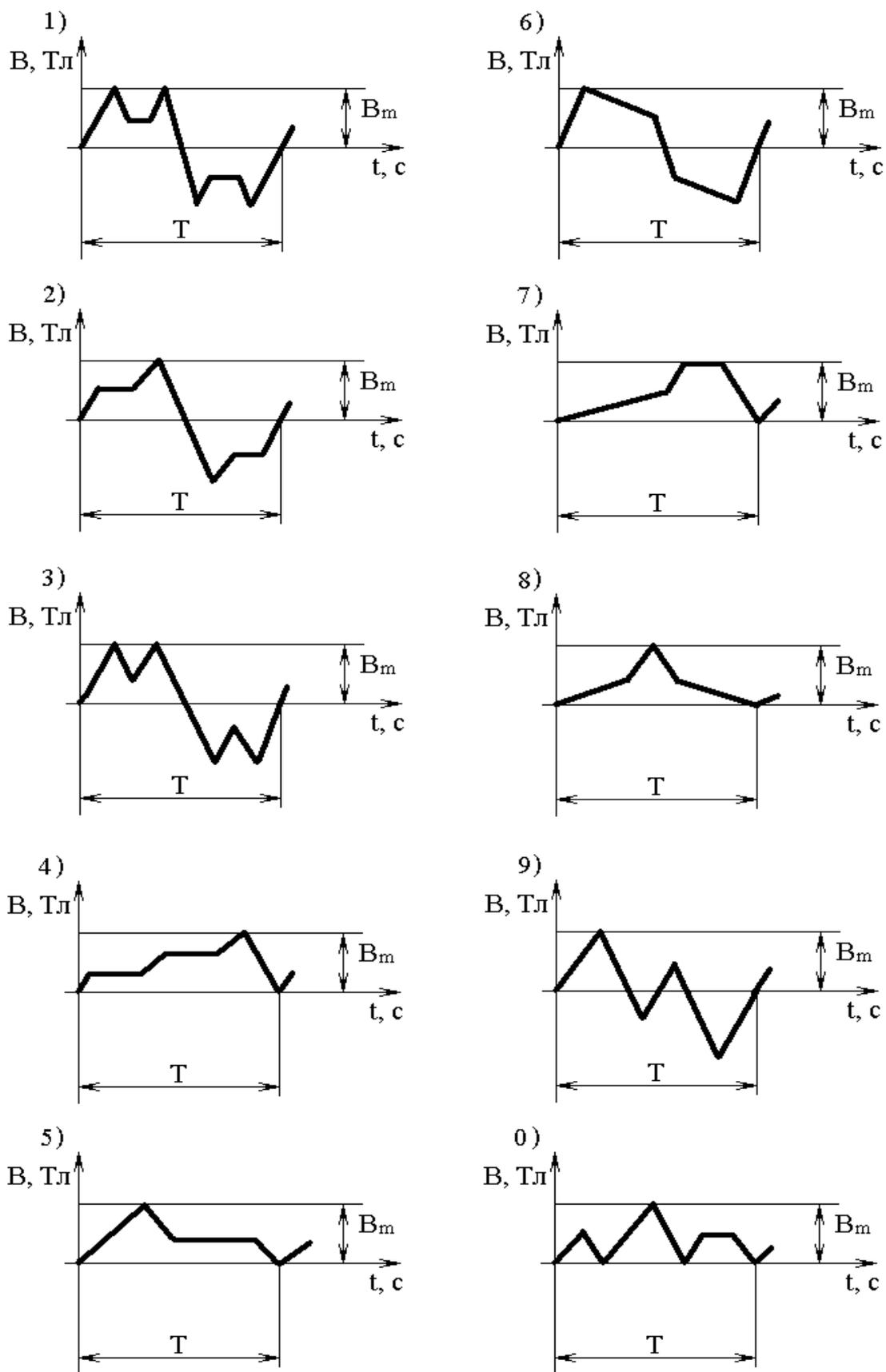


Рис. 3. Графики зависимости магнитной индукции от времени для задачи 2

Из графика видно, что в течение времени от $t = 0$ до $t = T/5$ значение магнитной индукции растет с постоянной скоростью от нуля до B_m . Следовательно, в этот промежуток времени

$$\frac{dB}{dt} = \frac{B_m}{T/5} = \frac{1,8 \cdot 5}{0,01} = 900 \text{ В/м}^2.$$

Площадь, ограничиваемая витком:

$$S = \pi R^2 = \pi 0,5^2 = 0,785 \text{ м}^2,$$

а ЭДС, индуцируемая в витке

$$e = -S \frac{dB}{dt} = -0,785 \cdot 900 = -706,5 \text{ В} = \text{const.}$$

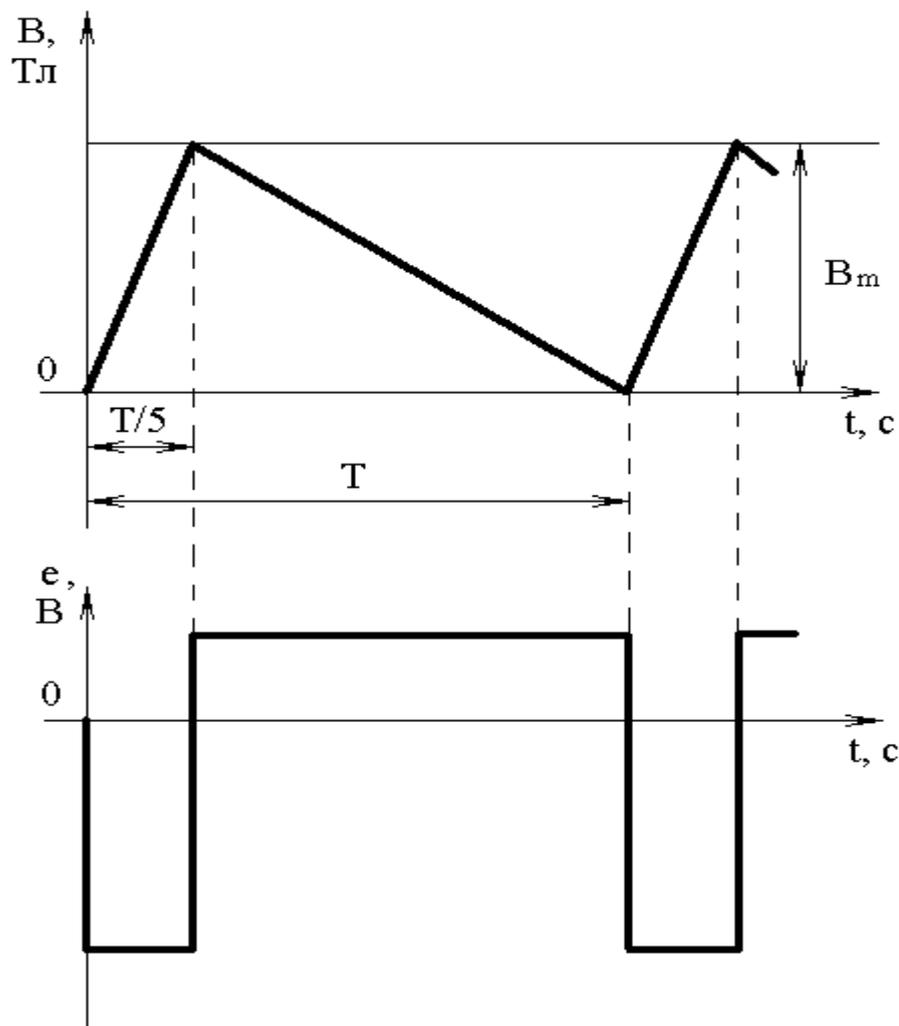


Рис. 4. График зависимости магнитной индукции от времени

С момента времени $t = T/5$ и до $t = T$ значение магнитной индукции убывает с постоянной скоростью от B_m до нуля. В этот промежуток времени

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{B_m}{\frac{4}{5}T} = -\frac{1,8}{\frac{4}{5} \cdot 0,01} = -225 \text{ В/м}^2$$

и ЭДС

$$e = -S \frac{dB}{dt} = 0,785 \cdot 225 = 176,6 \text{ В.}$$

График ЭДС показан на рис. 4.

Задача 3

Напряжение на зажимах цепи, изображенной на рис. 5, изменяется по закону $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$. Амплитудное значение U_m и начальная фаза ψ_u напряжения, а также значения активных r , индуктивных x_L и емкостных x_c сопротивлений приведены в табл. 3.

Определить показания приборов, указанных на схеме, законы изменения тока в цепи и напряжения на вольтметре; построить векторную диаграмму.

Указание. Ваттметр, включенный так, как показано на рис. 5, измеряет активную мощность цепи.

Таблица 3

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
U_m , В	310	400	160	240	400	52	100	140	200	100
ψ_u , град	60	30	15	45	75	20	40	35	65	10
r_1 , Ом	2	9	10	17	4	12	5	6	10	7
x_{L1} , Ом	8	9	16	11	15	14	16	10	13	8
x_{c1} , Ом	4	6	4	2	8	15	6	3	6	4
r_2 , Ом	8	7	6	17	12	5	4	6	3	6
x_{L2} , Ом	6	13	8	4	12	15	3	11	16	7
x_{c2} , Ом	15	16	10	7	9	12	6	8	11	13

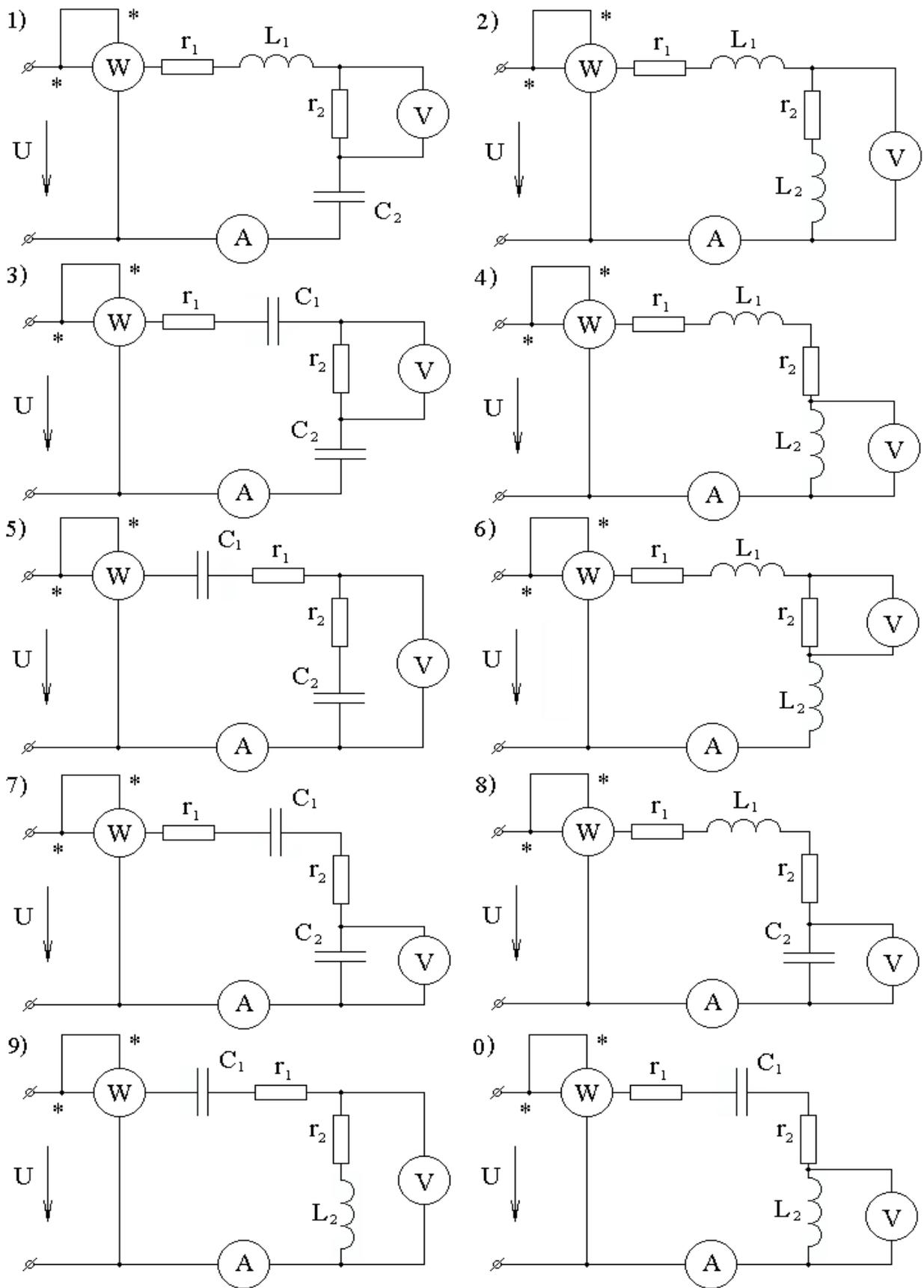


Рис. 5. Схемы электрических цепей для задачи 1

Задание на контрольную работу 2

Задача 1

Для цепи синусоидального переменного тока (рис. 6) заданы параметры включенных в нее элементов и действующее значение напряжения на ее зажимах (табл. 4); частота питающего напряжения $f = 50$ Гц.

Таблица 4

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
U , В	220	380	220	127	127	220	380	220	127	127
r_1 , Ом	12	6	7	6	12	5	6	7	8	9
L_1 , мГн	31	15	16	10	12	13	48	20	18	17
C_1 , мкФ	200	800	900	1000	600	400	700	1300	250	200
r_2 , Ом	5	6	7	8	9	10	6	4	8	7
L_2 , мГн	12	15	18	21	9	11	13	8	10	14
C_2 , мкФ	200	300	400	500	250	600	700	800	900	1000
r_3 , Ом	8	4	7	6	4	9	5	3	6	3
L_3 , мГн	26	7	20	17	8	9	16	15	14	10
C_3 , мкФ	250	350	200	300	400	500	600	450	700	800

Определить действующие значения токов в ветвях и в неразветвленной части цепи комплексным методом; записать выражение для мгновенных значений напряжения на участке цепи с параллельным соединением и токов в ветвях; построить векторную диаграмму, составить баланс мощностей.

Методические указания

1. Построение векторной диаграммы для цепи со смешанным соединением элементов целесообразно вести в следующей последовательности:

- построить в выбранном масштабе вектор напряжения на участке цепи с параллельным соединением элементов;
- в масштабе токов построить векторы токов в ветвях;
- на основании первого закона Кирхгофа построить вектор тока в неразветвленной части цепи;

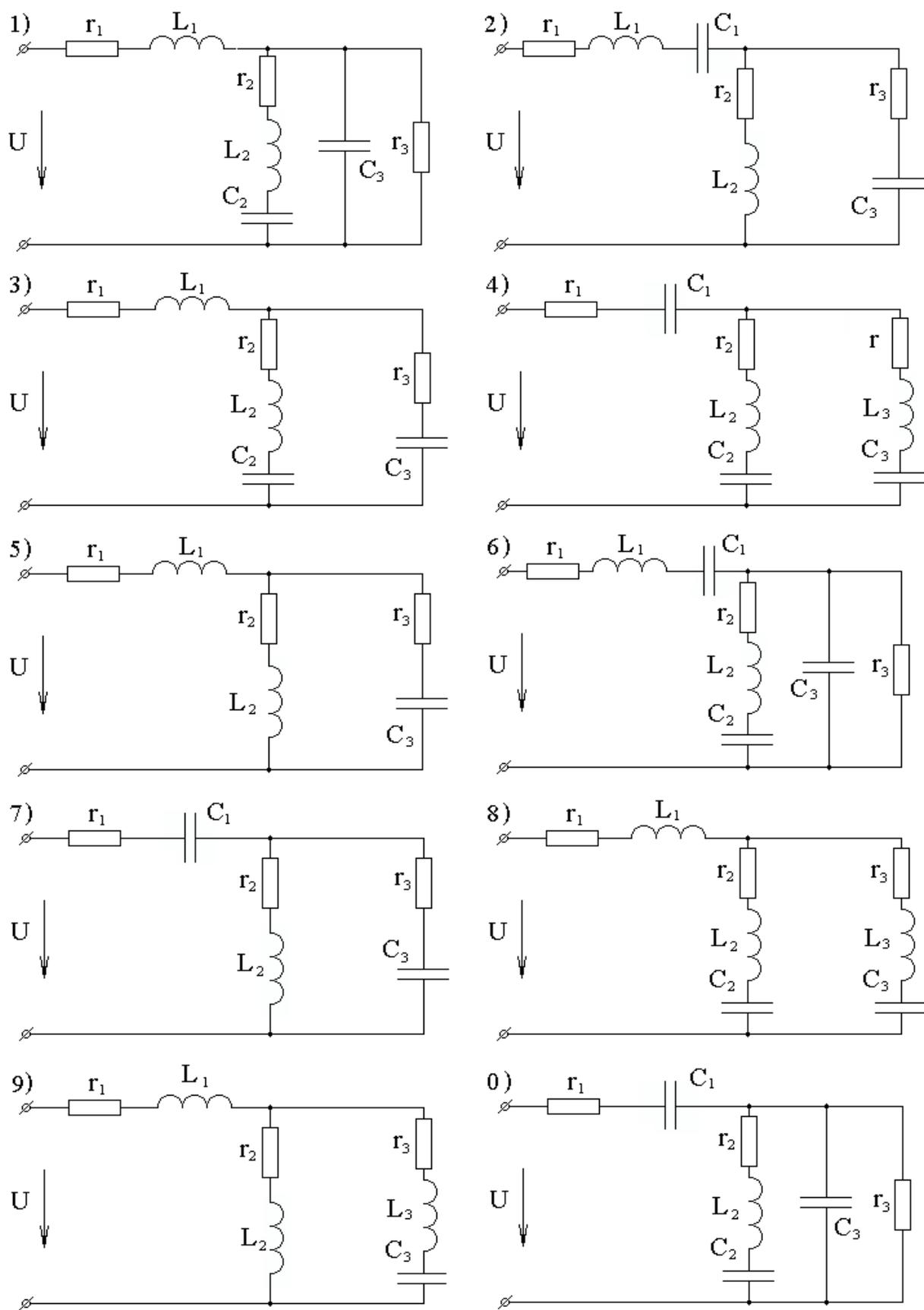


Рис. 9. Схемы электрических цепей для задачи 2

– построить векторы напряжений на элементах r, L, C , включенных в неразветвленную часть цепи, и, сложив их с вектором напряжения на участке цепи с параллельным соединением, получить вектор напряжения на зажимах цепи.

2. При составлении баланса мощностей в левой части равенства записывается комплекс полной мощности источника S . В правой части равенства записывается сумма комплексов полных мощностей ветвей

$$\underline{S} = \sum_{k=1}^n \dot{U}_k \dot{I}_k^*$$

где \dot{U}_k – комплекс напряжения на k -м участке цепи;

\dot{I}_k^* – сопряженный комплекс тока на данном участке.

Задача 2

К трехфазному источнику с линейным напряжением $U_{л}$ подключена цепь, изображенная на рис. 7. Значения линейного напряжения $U_{л}$, активных r , индуктивных x_L и емкостных x_c сопротивлений приемников приведены в табл. 5.

Таблица 5

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{л}, В$	380	220	380	220	380	220	380	220	380	220
$r_1, Ом$	6	4	8	10	11	12	10	11	10	8
$x_{L1}, Ом$	4	3	8	9	6	4	8	10	7	5
$x_{c1}, Ом$	6	5	10	8	10	8	16	8	12	8
$r_2, Ом$	6	8	5	10	9	10	11	10	8	4
$x_{L2}, Ом$	11	6	8	11	12	5	8	4	6	5
$x_{c2}, Ом$	9	8	6	10	7	12	14	11	12	8
$r_3, Ом$	3	5	6	10	8	7	9	6	8	4
$x_{L3}, Ом$	5	3	10	5	7	6	8	9	11	4
$x_{c3}, Ом$	9	7	10	7	11	8	6	4	8	5

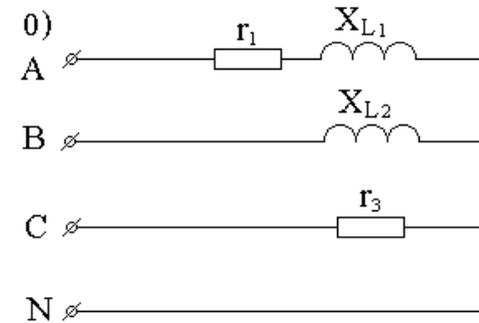
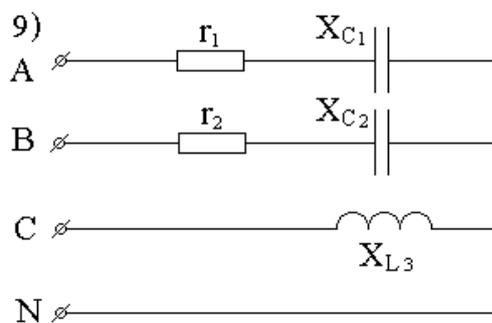
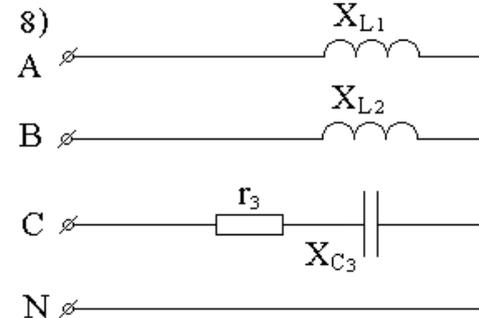
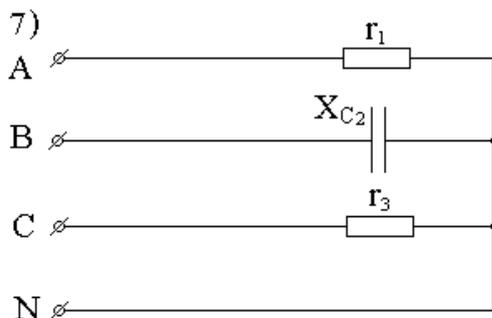
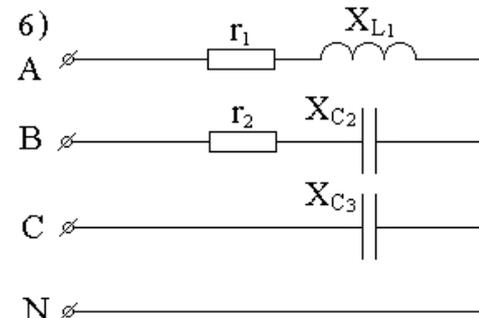
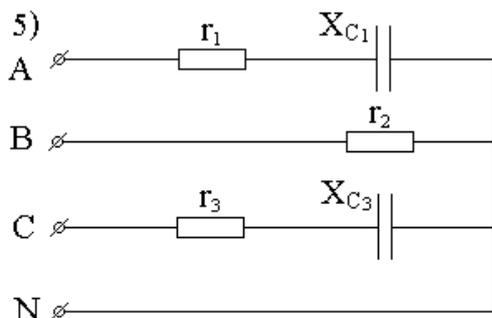
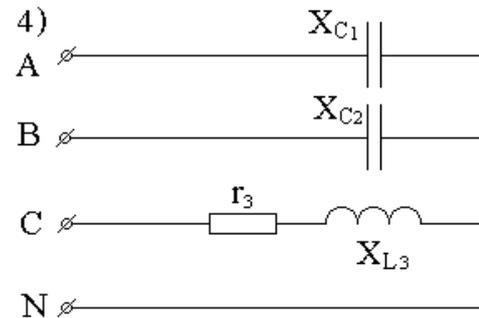
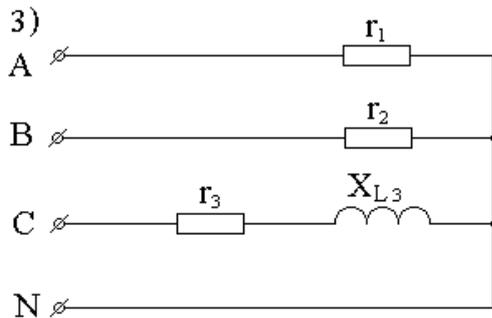
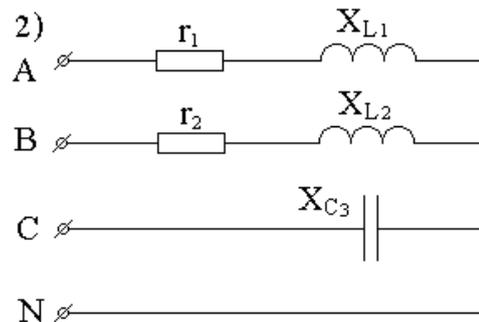
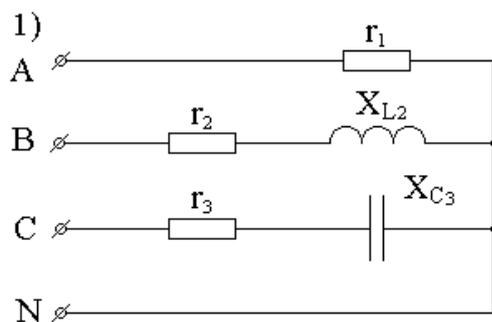


Рис. 7. Схемы электрических цепей для задачи 3

Определить токи в линейных и нейтральном проводах, а также активную и реактивную мощности, потребляемые цепью; построить векторную диаграмму.

Задача 3

Те же элементы (см. задачу 2) включить треугольником и определить фазные и линейные токи, построить топографическую диаграмму напряжений и на ней показать векторы токов.

Учебное издание

Михаил Дмитриевич Хованских
Евгений Борисович Азаров
Анна Викторовна Бондаренко

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник задач для контрольных работ с методическими
указаниями к решению задач для студентов
заочного отделения специальностей
190701 – «Организация перевозок и управление на транспорте»,
150800 – «Вагоны»

Редактор *С.В. Пилюгина*

Подписано в печать 10. 04. 09. Формат 60 × 84 1/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,0
Тираж 170 экз. Заказ №

Издательство УрГУПС
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66