

Методические рекомендации к контрольной работе по основы электротехники.

Специальность:

35.02.08. Электрификация и автоматизация сельского
хозяйства

Разработала преподаватель: Денисенко Д.Ф

Примерный тематический план по дисциплине « Общая электротехника».

Разделы и темы	Занятия (а/ч)			
	устано вочные	обзор ные	лабор аторн ые	самост. изучен ие
1.1. Электрическое поле	0,5	0,5		2
1.2. Электрические цепи постоянного тока	1,0		2	5
1.3. Электромагнетизм и электромагнитная индукция		0,2		4
1.4. Электрические измерения и электроизмерительные приборы		0,2		5
1.5. Однофазные цепи переменного тока	1,0		2	12
1.6. Трехфазные электрические цепи	0.5			10
1.7. Трансформаторы			2	6
1.8. Электрические машины переменного тока				4
1.9. Основы электропривода и электрическая аппаратура управления		0,1		3
Всего	3	1	6	53

Рекомендуемая литература

1. Гаврилюк В.А., Гершунский Б.С., Ковальчук А.В., Куницкий Ю.А., Шаповаленко А.Г. Общая электротехника с основами электроники. – Киев: В.Ш., 2017.
2. Гершунский Б.С. Основы электроники. – К.: В.Ш., 2018.
3. Основы промышленной электроники. /Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: В.Ш., 2019.
4. Попов В.С., Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. –М.: Энергия, 2019.
5. Харченко В.М. Основы электроники. –М.: Энергоиздат, 2019.
6. Джантимиров А.Ю. Инструкции для проведения лабораторных работ по общей электротехнике и электронике. - Донецк. - ДИПТ, 2019.
7. Справочник радиолюбителя, Р.М. Терещук и др., Киев, Наукова думка, 2019.

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Тема 1.1 Электрическое поле.

Понятие об электрическом поле. Электрические заряды. Взаимодействие точечных зарядов. Закон Кулона. Основные понятия и определения электрического поля: напряженность, потенциал, электрическое напряжение. Электростатическое поле. Однородное поле.

Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектрика. Диэлектрическая проницаемость: абсолютная и относительная. Электрический пробой диэлектрика. Краткие сведения об основных электроизоляционных материалах.

Электрическая емкость проводника. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Соединение конденсаторов в батарее.

Литература: [1], с. 9-23; [4], с. 13-31.

Методические указания.

При изучении данной темы следует обратить внимание на взаимную связь между электрическим полем и электрическим зарядом, изучить силовую и энергетическую характеристики электрического поля, физическую сущность понятий «напряженность поля».

Рассмотреть определение электрической емкости батареи при различных способах соединения конденсаторов.

Изучить классификацию материалов по их способности проводить электрический ток и отметить свойства сверхпроводящих материалов.

Вопросы для самоконтроля.

1. Изобразите картину электрического поля положительного точечного заряда. В каком направлении станет перемещаться пробный отрицательный заряд, помещенный в такое поле?
2. Какое поле называют электростатическим?
3. Что такое напряженность электрического поля?
4. Что называют напряжением между двумя точками поля? Раскройте связь между напряженностью поля и напряжением.
5. Дайте определение потенциала.
6. Напишите формулу для определения емкости плоского конденсатора.
7. Перечислите основные типы диэлектриков: газообразных, жидких и твердых.
8. Какие типы диэлектриков используются в электрических аппаратах и электрических машинах?
9. Единицы измерения параметров электростатического поля.

Тема 1.2 Электрические цепи постоянного тока.

Электрический ток; разновидности электрического тока. Электрическая цепь, ее основные элементы; условные обозначения основных элементов

электрических цепей. Электродвижущая сила источника питания и напряжение на его зажимах. Направление, величина и плотность электрического тока.

Электрическая проводимость и сопротивление проводников. Удельное сопротивление и удельная проводимость. Зависимость сопротивления от температуры. Закон Ома для участка и всей цепи.

Работа и мощность электрического тока. Преобразование электрической энергии в тепловую. Предельно допустимый (номинальный) ток в проводе. Основные проводниковые материалы, их характеристика. Использование теплового действия тока в сварке.

Последовательное, параллельное и смешанное соединение сопротивлений; электрические параметры этих соединений. Электрическая линия. Потери напряжения и мощности в проводах электрической линии.

Лабораторная работа № 1.

Тренировочные упражнения по сборке электрических схем.

Лабораторная работа № 2.

Последовательное и параллельное соединение приемников энергии (сопротивлений).

Литература: [1], с. 24 - 44; [4], с. 31 – 50; [6].

Методические указания

В этом разделе необходимо усвоить основные понятия, характеризующие: электрический ток, ЭДС, напряжение, плотность тока, электрическое сопротивление и проводимость вещества, а также усвоить условные графические изображения элементов электрической цепи.

Особое внимание следует обратить на изучение основных законов электрических цепей - Ома, Кирхгофа, Джоуля-Ленца, и их практическое применение. Особо отметить использование теплового действия тока в сварке.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что называют электрическим током?
2. Дайте определение электродвижущей силы источника и напряжения на его зажимах.
3. Напишите закон Ома для всей цепи и для одного ее участка: внешнего и внутреннего.
4. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа, запишите их математическое выражение.
5. Что называется последовательным, параллельным и смешанным соединением резисторов? Каковы особенности и параметры каждого вида соединений?

6. Напишите формулы для определения мощности.
7. Какое явление называют коротким замыканием цепи? Как защитить цепь от тока короткого замыкания?

Тема 1.3 Электромагнетизм и электромагнитная индукция.

Магнитное поле электрического тока. Основные свойства и характеристики магнитного поля: магнитодвижущая сила, напряженность магнитного поля; магнитная проницаемость (абсолютная и относительная), магнитная индукция, магнитный поток, магнитное напряжение. Физическая сущность этих величин и их размерность. Закон полного тока. Проводник с током и контур с током в магнитное поле. Правило левой руки. Взаимодействие магнитных полей токов, протекающих по параллельным проводникам. Магнитное поле катушки с током. Формула закона Ома для магнитной цепи.

Магнитные свойства материалов. Ферромагнетики, парамагнетики, их свойства и применение. Намагничивание и перемагничивание ферромагнетиков. Основная кривая намагничивания. Петля цикла перемагничивания. Магнитный гистерезис. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Потеря энергии на гистерезис. Соотношение между площадью петли цикла перемагничивания и энергией, затраченной на один цикл перемагничивания. Форма петли цикла перемагничивания ферромагнетиков с различными магнитными свойствами. Понятие о расчете магнитных цепей. Электромагниты, их практическое использование.

Электромагнитная индукция. Электродвижущая сила (ЭДС), индуцируемая в прямолинейном проводнике и в контуре. Правило правой руки.

Закон электромагнитной индукции. ЭДС индукции в катушке. Потокосцепление. Закон Ленца.

Вихревые токи, их использование. Способы уменьшения вихревых токов.

Литература: [1], с. 49-74; [4], 69-108.

Методические указания

При изучении этой темы необходимо усвоить все основные понятия, характеризующие магнитное поле: магнитную индукцию, магнитный поток, магнитную постоянную, магнитную проницаемость вещества, напряженность магнитного поля, намагничивающую силу. Изучить взаимодействие электрического и магнитного полей. Особое внимание необходимо обратить на взаимное преобразование механической и электромагнитной энергии на основе электромагнитной индукции в машинах, аппаратах и приборах, так как это служит основой для изучения электрических машин и трансформаторов. Необходимо изучить и правильно толковать закон Ленца.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что называют магнитным полем?
2. Приведите определение основных магнитных величин и их единиц измерения; индукции, магнитного потока, напряженности, абсолютной магнитной проницаемости, магнитной проницаемости, намагничивающей силы.
3. Сформулируйте правило левой руки. В каких случаях оно применяется?
4. Сформулируйте правило правой руки.
5. В чем заключается явление гистерезиса и почему происходят потери мощности в сердечнике?
6. Сформулируйте принцип электромагнитной индукции.
7. Сформулируйте закон Ленца.
8. Поясните сущность явления самоиндукции.
9. Поясните принцип возникновения вихревых токов в стальных магнитопроводах электрических машин и трансформаторов. Какое влияние оказывают эти токи на работу машин?

Тема 1.4 Электрические измерения и электроизмерительные приборы.

Общие сведения об электрических измерениях и электроизмерительных приборах: физические величины, единицы их измерения; средства измерения (меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи), прямые и косвенные измерения; погрешности измерений; классификация электроизмерительных приборов; условные обозначения на электроизмерительных приборах, общие детали и узлы электроизмерительных приборов.

Измерительный механизм – основная часть измерительного прибора. Понятие об индукционной и др. системах.

Измерение тока. Электромагнитный измерительный механизм. Приборы и схемы для измерения электрического тока. Шунты. Расширение предела измерения амперметра. Схема включения амперметра.

Измерение напряжения. Приборы и схемы измерения электрического напряжения. Добавочные сопротивления. Расширение предела измерения вольтметра. Схема включения вольтметра.

Измерение мощности. Электродинамический измерительный механизм. Расширение предела измерения ваттметра. Схема включения ваттметра.

Измерение электрической энергии. Индукционный измерительный механизм. Индукционные счетчики.

Измерение сопротивления. Омметры и мегомметры, их устройство и принцип действия.

Лабораторная работа № 3 (вторая часть л.р.№1)
Исследование измерительного прибора.

Литература: [1],с. 134 - 160; [4],с. 131 – 150; [6].

Методические указания

При изучении данной темы необходимо усвоить терминологию электроизмерительной техники. Знать средства электрических измерений, системы электроизмерительных приборов, принцип действия и устройство приборов каждой из систем, значение символов с наносимых на шкалы приборов, способы преобразования неэлектрических величин в электрические.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется основной, допустимой и приведенной погрешностями прибора?
2. На какие группы подразделяются электроизмерительные приборы по принципу действия?
2. Начертите условные обозначения измерительных приборов различных систем.
3. Как работает прибор электромагнитной системы? Почему такие приборы могут измерять как постоянный, так и переменный ток?
4. Как включается в цепь вольтметр?
5. Как включается в цепь амперметр?
6. Как измерить сопротивление с помощью амперметра и вольтметра?
7. Объясните принцип работы индукционного счетчика.

Тема 1.5 Однофазные цепи переменного тока.

Переменный ток; определение, получение синусоидальных ЭДС а тока, их уравнения и графики. Характеристики синусоидальных величин: амплитуда, фаза, начальная фаза, угловая частота, мгновенные величины. Действующая и средняя величина переменного тока. Закон Ома для цепи переменного тока. Переменный ток в цепи с активным сопротивлением. Волновая и векторная диаграммы тока, напряжения и мощности. Активная мощность.

Переменный ток в цепи с индуктивностью. Волновая и векторная диаграммы тока, напряжения и мощности. Реактивное сопротивление индуктивности. Активная и реактивная мощности в цепи с индуктивностью.

Переменный ток в цепи с емкостью. Волновая и векторная диаграммы тока, напряжения и мощности. Реактивное сопротивление емкости. Активная и реактивная мощности в цепи с емкостью.

Неразветвленные цепи переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью. Векторная диаграмма тока и напряжения. Сдвиг фаз между током и напряжением. Полное сопротивление цепи. Треугольник сопротивлений. Мощности, потребляемые цепью. Коэффициент мощности.

Неразветвленные цепи переменного тока с активным сопротивлением и емкостью. Векторная диаграмма тока и напряжения. Сдвиг фаз между током и напряжением. Полное сопротивление цепи. Треугольник сопротивлений. Мощности, потребляемые цепью. Коэффициент мощности.

Цепь переменного тока с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивления. Векторная диаграмма. Разложение напряжения на активные и реактивные составляющие. Полное сопротивление цепи. Треугольник сопротивлений. Мощности, потребляемые цепью. Коэффициент мощности.

Резонанс напряжений. Условия возникновения резонанса напряжений.

Разветвленная цепь переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями. Векторная диаграмма токов: расчетные формулы.

Резонанс токов. Условия возникновения резонанса токов.

Лабораторная работа № 4

Исследование неразветвленной цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.

Лабораторная работа № 5

Исследование неразветвленной цепи с активным сопротивлением и емкостью.

Лабораторная работа № 6

Исследование неразветвленной цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями. Резонанс напряжений.

Лабораторная работа № 7

Исследование разветвленной цепи с реактивной катушкой и конденсатором. Резонанс токов, компенсация реактивной мощности.

Литература: [1], с.74-105; [4], с.150-183; [6].

Методические указания

При изучении темы "Однофазные цепи переменного тока" главное внимание следует уделить точным определениям и сущности таких понятий, как мгновенные амплитудные и действующие значения синусоидального тока, ЭДС, напряжения, период, частота, угловая частота, начальная фаза и сдвиг фаз, характеризующим переменный ток.

Следует уяснить сущность, активной, реактивной и общей мощности, построению векторных диаграмм. Освоив выделенный перечень формул, научиться применять их при решении задач для цепей однофазного переменного тока, с учетом существующей специфики.

Обратить особое внимание на явления: резонанса напряжений в неразветвленных цепях и резонанса токов в разветвленных цепях.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом можно получить ЭДС синусоидальной формы и от каких факторов зависит ее значение?
2. Что называют начальной фазой и углом сдвига фаз?
3. Начертите графики тока, напряжения, мощности и векторную диаграмму для цепи с активным сопротивлением.
4. То же для цепи с индуктивностью.
5. То же для цепи с емкостью.
6. То же для неразветвленной цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью для условий: $X_L > X_C$, $X_L < X_C$, $X_L = X_C$.
7. В чем заключается явление резонанса напряжений? Напишите условие наступления в цепи резонанса напряжений.
8. В чем заключается явление резонанса токов? Напишите условие наступления в цепи резонанса токов.

Тема 1.6 Трехфазные электрические цепи.

Получение трехфазной системы ЭДС. Сравнение однофазной и трехфазной систем переменного тока.

Соединение обмоток трехфазных генераторов звездой. Соотношение между линейными и фазными напряжениями.

Соединение обмоток трехфазных генераторов в треугольник. Зависимость между фазными и линейными параметрами.

Соединение электроприемника звездой, его электрические параметры. Равномерная нагрузка. Неравномерная нагрузка. Роль нейтрального провода.

Соединение электроприемника треугольником с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивления.

Резонанс напряжений, с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивления.

Резонанс напряжений.

Разветвленная цепь.

Лабораторная работа № 8

Соединение потребителей трехфазного тока на звезду.

Лабораторная работа № 9

Соединение потребителей трехфазного тока на треугольник.

Лабораторная работа № 10

Измерение мощности в цепях трехфазного тока.

Литература: [1], с. 106-117; [4], с. 183-199; [6].

Методические указания

При изучении этой темы необходимо усвоить устройство и принцип действия трехфазных генераторов, способы соединения их обмоток и способы

соединения потребителей электрической энергии к трехфазным источникам питания, соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами, особенности работы трехфазных цепей при несимметричных нагрузках, способы расчета электрических параметров в трехфазных цепях.

Вопросы для самоконтроля

1. Как получают трехфазный ток?
2. Поясните преимущества трехфазной системы перед однофазной.
3. Приведите соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при соединении в звезду и треугольник обмоток генератора.
4. Приведите соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при соединении в звезду и треугольник трехфазных потребителей энергии.
5. В каком случае применяется четырехпроводная система. Какова роль нулевого провода?
6. Начертите векторную диаграмму напряжений и токов потребителя энергии при неравномерной нагрузке, соединенной в звезду, и найдите графически ток в нулевом проводе.
7. То же при равномерной нагрузке потребителей.

Тема 1.7 Трансформаторы.

Назначение, классификация и область применения трансформаторов.

Устройство однофазного трансформатора. Магнитопровод. Расположение обмоток на сердечнике трансформатора. Принцип действия однофазного трансформатора. Основные параметры трансформатора: ЭДС обмоток, коэффициент трансформации.

Режимы работы трансформатора. Режим холостого хода. Составляющие тока холостого хода. Основные уравнения и векторная диаграмма при холостом ходе.

Работа трансформатора под нагрузкой. Равновесие намагничивающих сил обмоток. Зависимость тока первичной обмотки от тока во вторичной обмотке. Уравнения напряжений. Внешняя характеристика. Упрощенная векторная диаграмма нагруженного трансформатора. Номинальная мощность. Потери энергии и КПД трансформатора. Условия работы при коротком замыкании. Опыт проведения короткого замыкания и его цели.

Регулирование напряжения трансформаторов.

Сварочные трансформаторы, их особенности. Регулирование сварочного тока.

Лабораторная работа № 11

Исследование работы однофазного трансформатора.

Литература: [1], с. 117-134; [4], с. 234-251; [6].

Методические указания

При изучении этой темы необходимо еще раз обратиться к теме «Электромагнетизм и электромагнитная индукция» и повторить основные понятия.

Изучить конструкцию и принцип действия трансформатора. Так же необходимо уяснить, что при режиме холостого хода определяют потери в стали, при режиме короткого замыкания – потери в меди. Изучить работу трансформатора под нагрузкой, построить векторную диаграмму нагруженного трансформатора.

Особое внимание следует уделить изучению принципа работы и характеристикам сварочного трансформатора.

Вопросы для самоконтроля.

1. Каково назначение трансформатора при передаче и распределении электрической энергии?
2. Поясните принцип работы трансформатора.
3. Как определить потери в стали и в меди трансформатора?
4. Запишите основные параметры трансформатора.
5. Каковы особенности трехфазных трансформаторов?
6. Назначение и принцип работы сварочного трансформатора.

Тема 1.8 Электрические машины переменного тока.

Назначение, классификация и область применения машин переменного тока.

Машины коллекторные и бесколлекторные.

Устройство асинхронных электродвигателей. Статор. Ротор с короткозамкнутой и фазной обмотками.

Получение вращающегося магнитного поля в трехфазных асинхронных электродвигателях и генераторах. Зависимость частоты вращения магнитного поля от частоты тока и числа пар полюсов статора.

Принцип работы асинхронного двигателя. Скольжение. Частота вращения ротора. Скольжение ЭДС. Токи и сопротивления в обмотках статора и ротора. Сравнительная характеристика асинхронного двигателя и трансформатора. Вращающий момент и его зависимость от скольжения и напряжения на зажимах электродвигателя.

Пуск в ход трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Схема пуска. Реверсирование.

Потери и КПД асинхронного электродвигателя.

Лабораторная работа № 12

Исследование работы трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Литература: [1], с. 189-208; [4], с. 251-277; [6].

Методические указания

При рассмотрении данной темы особое внимание следует сосредоточить на изучении физических процессов, происходящих в электрических машинах переменного тока.

Необходимо разобраться в вопросах создания вращающегося магнитного поля и принципах работы машин, индуктирования ЭДС и образования токов в обмотках, ознакомиться с конструкцией и графическими обозначениями машин переменного тока, рассмотреть схемы их включения, параметры и характеристики.

Следует различать и уметь объяснить отличия в конструкции и принципе работы синхронных и асинхронных машин переменного тока.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните получение вращающегося магнитного поля в асинхронном двигателе. От чего зависит его частота вращения?
2. Поясните принцип действия асинхронного двигателя. Почему двигатель называют асинхронным?
3. Что называют скольжением?
4. Почему увеличение нагрузки на валу увеличивает скольжение?
5. На графике зависимости вращающего момента от скольжения покажите устойчивую и неустойчивую области. Почему их так называют?
6. Что называют способностью двигателя к перегрузке и кратностью пускового момента?
7. Какие бывают схемы пуска асинхронных двигателей? Их особенности?
8. Какие способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя вам известны?
9. Какие потери имеют место в асинхронном двигателе при работе и в режиме холостого хода?
10. Поясните устройство и принцип действия синхронной машины.

Тема 1.9 Основы электропривода и электрическая аппаратура управления

Понятие об электроприводе. Режим работы электродвигателей: продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный. Выбор мощности электродвигателя при продолжительной работе с постоянной нагрузкой.

Аппаратура управления электродвигателем: рубильники, кнопочные станции, тумблеры, пакетные выключатели, контакторы, автоматы; пусковые и регулировочные реостаты, электромагнитное реле, магнитные пускатели. Схемы нереверсивного и реверсивного пуска двигателей, их принцип действия и область применения.

Защитная аппаратура: плавкие предохранители, тепловое реле, автоматические, выключатели максимального тока и минимального напряжения, их принцип действия и область применения.

Применение аппаратуры управления в сварочных цепях.

Исследование схемы дистанционного управления асинхронным трехфазным двигателем с КЗ ротором.

Литература: [1],с. 209-230; [4],с.277-300; [6]

Методические указания

Изучение материала этой темы предоставляет знания устройства и типов электроприводов, режимов работы электродвигателей и их особенностей, порядка выбора мощности электродвигателя, способов защиты в схемах электроприводов, используемой аппаратуры управления и ее устройство, принцип работы простейших схем управления в сварочных цепях.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные режимы работы электродвигателей. Каковы их особенности?
2. Перечислите пускорегулирующую аппаратуру.
3. Назовите виды управления.
4. Поясните назначение, устройство и принцип работы электромагнитного пускателя.
5. Каково назначение реле защиты по току и напряжению? Что называют током срабатывания и током отпускания реле?
6. Поясните устройство реле электромагнитного типа и теплового реле.

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

ЗАДАЧИ

Задача №1 (варианты 01-00).

Цепь постоянного тока содержит несколько резисторов, соединенных смешанно.

Схема электрической цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка, заданные значения напряжений или токов приведены в табл.1. Везде индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует это напряжение (например, через резистор R_3 проходит ток I_3 и на нем действует напряжение U_3 , потребляется мощность P_3).

Определить эквивалентное сопротивление цепи ($R_{э\text{кв}}$), токи (I) в каждом резисторе и напряжение (U) на каждом резисторе. Определить также мощность (P), потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии (W) цепью за 5 часов работы.

Проверить правильность решения задачи, применив 1-й закон Кирхгофа.

Указание: смотреть решение типового примера №1

Таблица 1

Но ме р вар и анта	Н о м е р ри с у н к а	Задаваемые величины	Номер вариан та	Н о м е р р и с у н к а	Задаваемые величины	Но мер вар иан та	Н о м е р ри с у н к а	Задаваемая величина
01	1	$U_{ав}=100В$	37	1	$I_2=3,75А$	73	3	$U_3=24В$
02	2	$U_{ав}=50В$	38	1	$I_5=5А$	74	1	$I_3=1,25А$
03	5	$U_2=36В$	39	2	$I_4=2А$	75	2	$I_1=5А$
04	3	$U_2=12В$	40	3	$I_6=4А$	76	4	$U_{ав}=250В$
05	4	$U_{ав}=60В$	41	4	$U_2=120В$	77	4	$I_3=2,4А$
06	2	$I_6=6А$	42	5	$I_3=6А$	78	2	$U_{ав}=60В$
07	1	$U_2=30В$	43	5	$I_3=4А$	79	5	$U_6=12В$
08	2	$U_{ав}=80В$	44	3	$U_4=36В$	80	3	$U_{ав}=60В$
09	5	$U_3=24В$	45	2	$U_{ав}=120В$	81	5	$I_5=1А$
10	4	$I_3=20А$	46	1	$I_1=20А$	82	1	$U_1=20В$
11	3	$I_1=12А$	47	5	$I_1=24А$	83	2	$I_6=3А$

12	5	$I_4=6A$	48	3	$U_1=96B$	84	1	$U_5=60B$
13	3	$U_5=120B$	49	3	$I_5=2A$	85	2	$U_2=30B$
14	1	$I_1=12A$	50	4	$I_1=50A$	86	4	$I_5=4,8A$
15	1	$U_{ab}=80B$	51	5	$U_{ab}=90B$	87	5	$I_6=4,5A$
16	3	$U_{ab}=30B$	52	4	$U_4=48B$	88	4	$U_{ab}=200B$
17	4	$I_4=4A$	53	2	$U_3=20B$	89	3	$I_4=3A$
18	5	$I_1=18A$	54	1	$I_3=1A$	90	3	$I_1=3A$
19	4	$U_4=120B$	55	2	$U_1=40B$	91	1	$U_{ab}=60B$
20	2	$U_6=24B$	56	4	$I_1=20A$	92	2	$I_1=20A$
21	1	$I_4=5A$	57	5	$I_1=12A$	93	1	$I_2=3A$
22	2	$U_1=20B$	58	4	$I_2=15A$	94	5	$U_4=12B$
23	3	$U_{ab}=60B$	59	2	$I_2=2A$	95	4	$I_5=6A$
24	5	$U_5=12B$	60	1	$U_2=12B$	96	1	$U_4=36B$
25	4	$I_6=8A$	61	2	$U_4=10B$	97	5	$U_{ab}=60B$
26	1	$U_{ab}=50B$	62	3	$I_3=2A$	98	1	$I_4=12A$
27	3	$I_2=6A$	63	4	$U_1=200B$	99	5	$U_1=54B$
28	2	$U_5=18B$	64	4	$I_6=10A$	00	3	$I_1=24A$
29	5	$U_5=24B$	65	5	$I_6=3A$			
30	4	$U_{ab}=500B$	66	4	$I_1=25A$			
31	3	$U_{ab}=120B$	67	3	$I_4=3A$			
32	2	$I_3=1,2A$	68	1	$I_5=10A$			
33	1	$U_5=30B$	69	2	$I_5=6A$			
34	3	$I_5=4A$	70	3	$I_1=24A$			
35	2	$I_2=4A$	71	5	$I_2=4A$			
36	5	$I_2=8A$	72	4	$U_5=120B$			

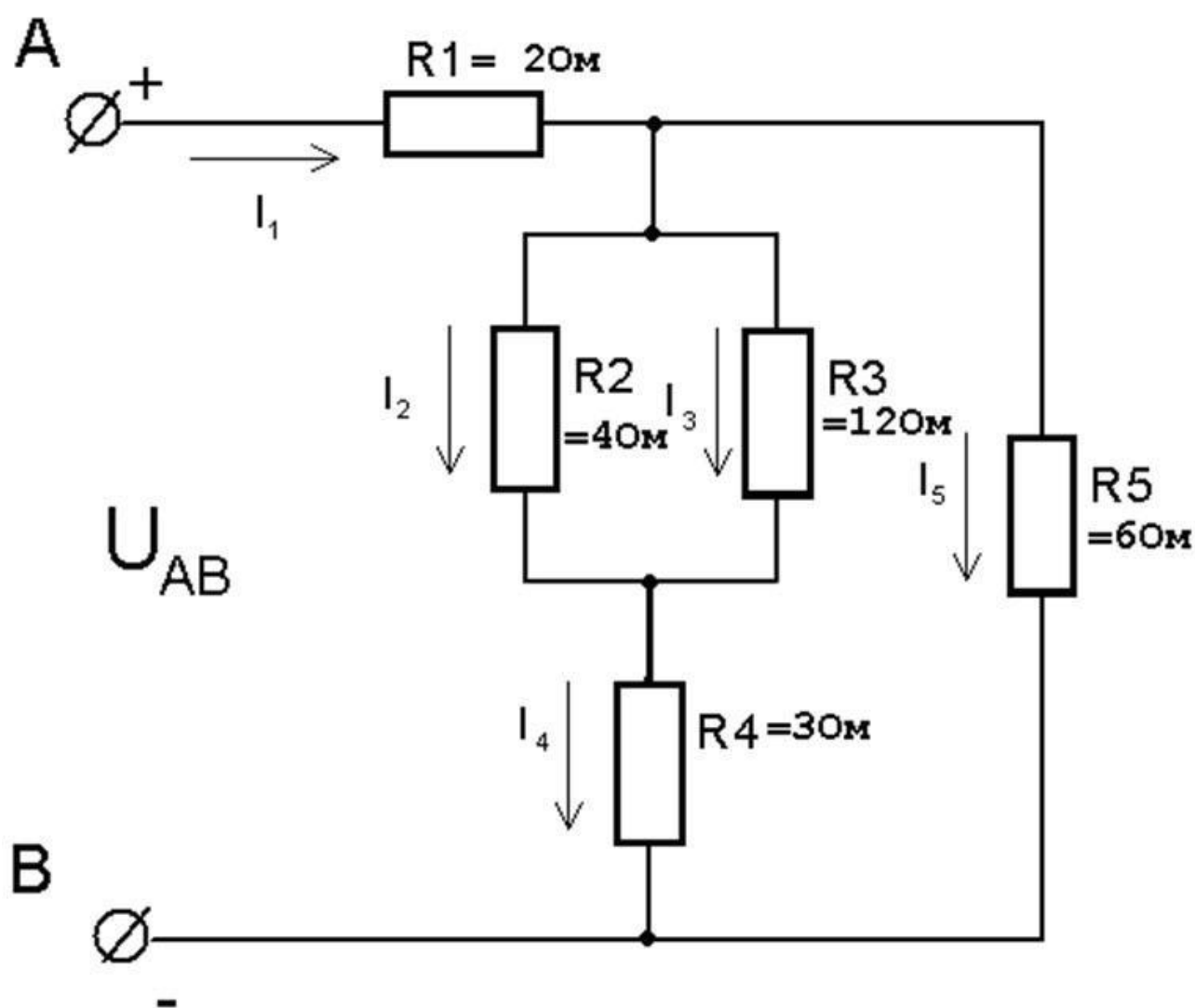


Рисунок 1

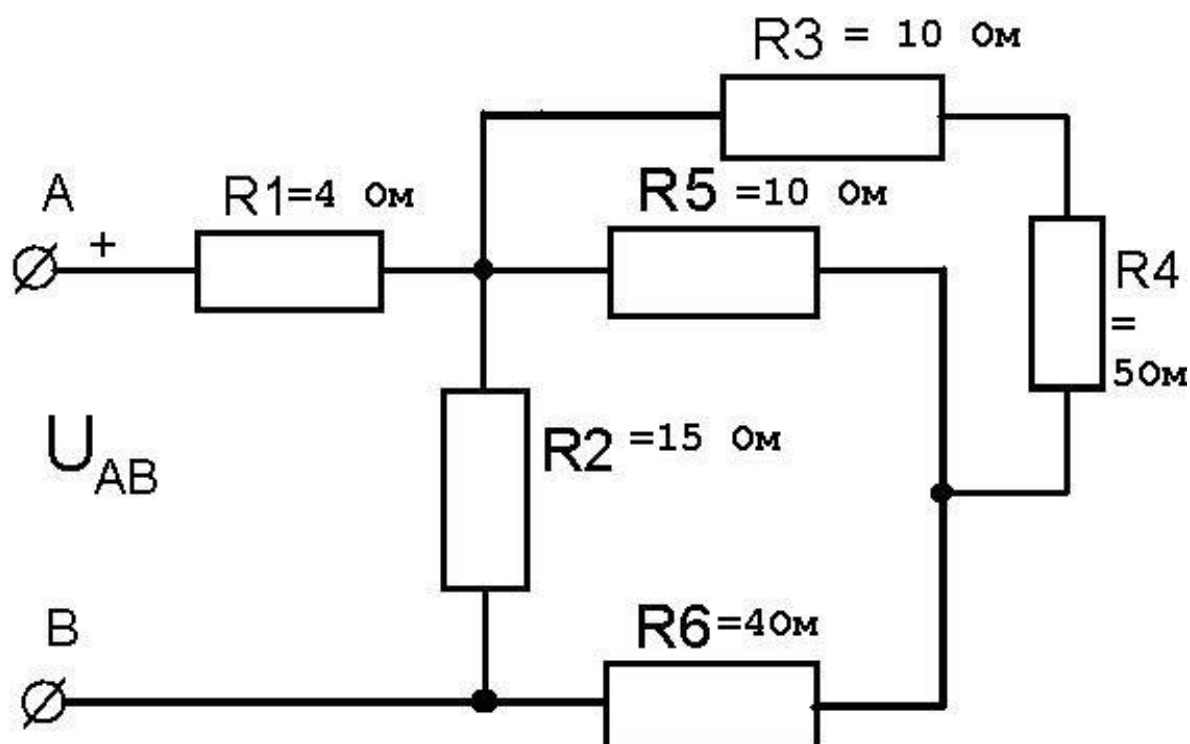


Рисунок 2

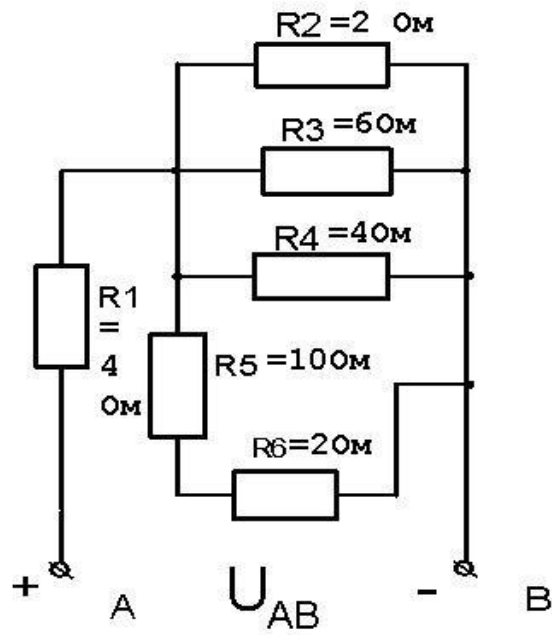


Рисунок 3.

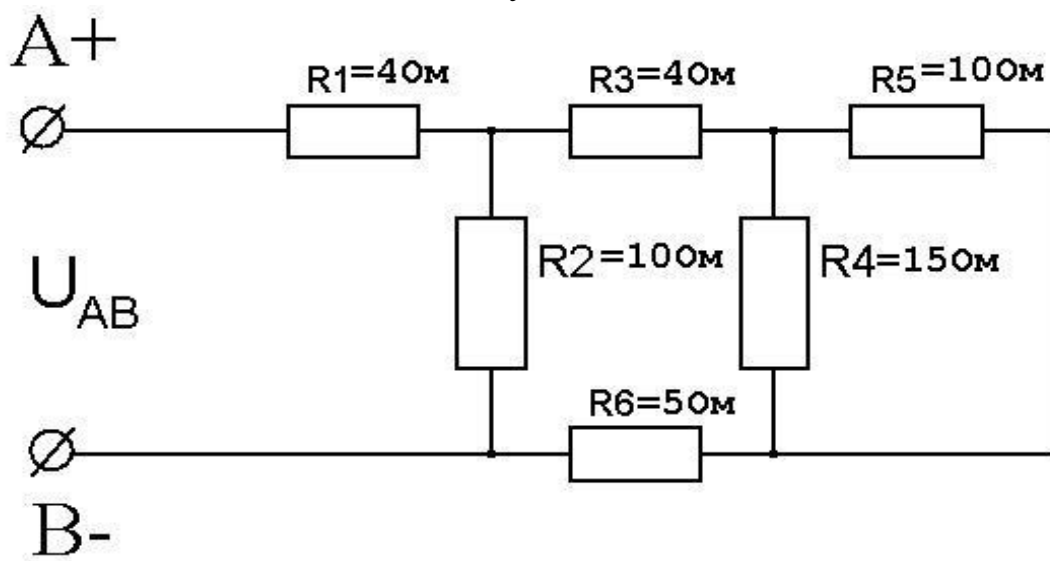


Рисунок 4.

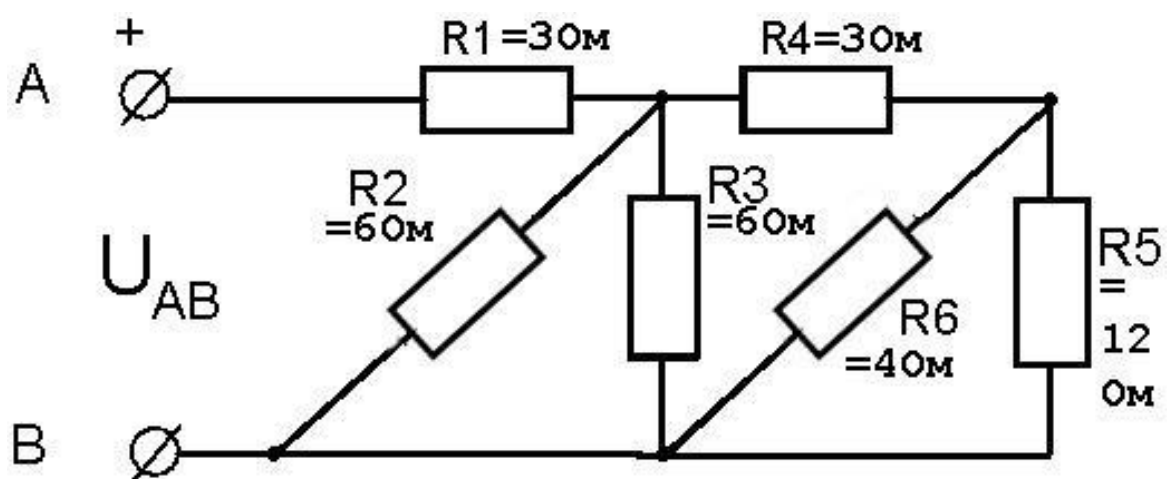


Рисунок 5

Задача №2 (только нечетные варианты 01-99).

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно. Схема цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка и значения сопротивлений всех элементов, а также один дополнительный параметр заданы в табл.2.

Начертить схему цепи и определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы в табл. 2

- 1) полное сопротивление Z ;
- 2) напряжение $U_{ав}$, приложенное к цепи;
- 3) ток I ;
- 4) угол сдвига фаз φ (по величине и знаку);
- 5) активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи.

Начертить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений и пояснить ее построение. С помощью логических рассуждений и формул пояснить характер изменения (увеличится, уменьшится, останется без изменения) тока, активной, реактивной мощности в цепи при увеличении частоты тока в цепи в два раза. Напряжение, приложенное к цепи, считать неизменным.

Указание. Смотреть решение типового примера №2.

Примечание. В таблицах 2 и 3 индексы буквенных обозначений следует понимать так: Q_{II} – реактивная мощность в первом индуктивном сопротивлении; Q_{cI} – то же, но в емкостном сопротивлении; P_{RI} – активная мощность в первом активном сопротивлении; U_{II} , U_{RI} , U_{cI} – падения напряжения соответственно в первом индуктивном, активном и емкостном сопротивлениях.

Таблица 2.

№ варианта	Номер рисунка	$R_{1,OM}$	$R_{2,OM}$	$X_{II,OM}$	$X_{I2,OM}$	$X_{c1,OM}$	$X_{c2,OM}$	Дополнительный параметр
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	6	4	-	6	-	3	-	$Q_{II} = 150 \text{ Вар}$
03	7	6	2	3	-	9	-	$U_{ав} = 40 \text{ В}$
05	8	10	6	-	-	12	-	$I = 5 \text{ А}$
07	9	6	2	6	-	-	-	$P_{RI} = 150 \text{ Вт}$
09	10	4	4	3	3	-	-	$S = 360 \text{ ВА}$
11	11	3	-	-	-	2	2	$I = 4 \text{ А}$
13	12	8	-	12	-	4	2	$P = 200 \text{ Вт}$
15	13	16	-	10	8	6	-	$U_{ав} = 80 \text{ В}$
17	14	10	6	-	-	8	4	$I = 2 \text{ А}$
19	15	2	2	5	-	6	2	$Q = - 192 \text{ Вар}$
21	6	3	-	2	-	6	-	$U_{ав} = 50 \text{ В}$
23	7	4	4	4	-	10	-	$I = 4 \text{ А}$

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	8	4	2	-	-	8	-	$U_{R1} = 20B$
27	9	8	4	16	-	-	-	$S = 320 BA$
29	10	6	10	8	4	-	-	$P = 400B_T$
33	11	6	-	-	-	5	3	$S = 160 BA$
35	12	12	-	4	-	12	8	$I = 4A$
37	13	6	-	8	4	4	-	$P = 54B_T$
39	14	8	4	-	-	6	10	$S = 180 BA$
41	15	8	8	12	-	4	2	$P = 256B_T$
43	6	6	-	10	-	2	-	$I = 5A$
45	7	4	2	12	-	4	-	$P = 24 B_T$
47	8	5	3	-	-	6	-	$S = 360 BA$
49	9	3	1	3	-	-	-	$Q_{11} = 80 Bap$
51	10	4	8	10	6	-	-	$Q = 64 Bap$
53	11	8	-	-	-	4	2	$U_{ab} = 40B$
55	12	6	-	12	-	2	2	$U_{11} = 60B$
57	13	4	-	8	4	9	-	$Q = 75 Bap$
59	14	2	6	-	-	4	2	$U_{R2} = 24B$
61	15	4	2	4	-	8	4	$Q_{11} = 16 Bap$
63	6	8	-	4	10	10	-	$P = 800B_T$
65	7	3	3	2	-	10	-	$Q_{C1} = -160 Bap$
67	8	2	2	-	-	3	-	$P = 100B_T$
69	9	4	4	6	-	-	-	$I = 2A$
71	10	2	4	2	6	-	-	$U_{ab} = 60B$
73	11	16	-	-	-	4	8	$Q = -300 Bap$
75	12	4	-	10	-	4	3	$U_{C2} = 15B$
77	13	12	-	14	10	8	-	$U_{R1} = 60B$
79	14	4	2	-	-	4	4	$Q_{C2} = -256 Bap$
81	15	1	2	6	-	8	2	$U_{C1} = 40B$
83	6	12	-	18	-	2	-	$S = 500 BA$
85	7	8	4	20	-	4	-	$Q_{11} = 500 Bap$
87	8	2	1	12	4	4	-	$Q_{C1} = -100 Bap$
89	9	10	6	12	-	-	-	$U_{ab} = 100B$
91	10	6	2	4	2	-	-	$I = 4A$
93	11	12	-	-	-	10	6	$P = 48B_T$
95	12	3	-	8	-	2	10	$Q = -400 Bap$
97	13	6	-	5	3	8	-	$U_c = 16B$
99	14	1	3	-	-	2	1	$Q = -48 Bap$

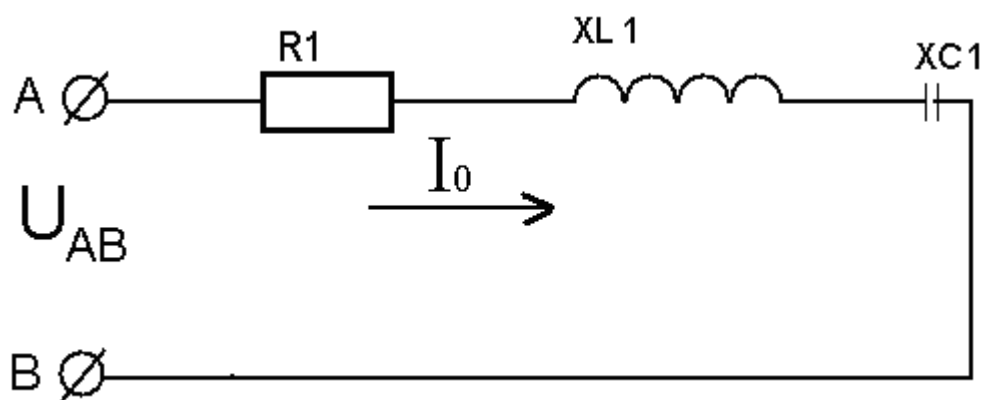


Рисунок 6

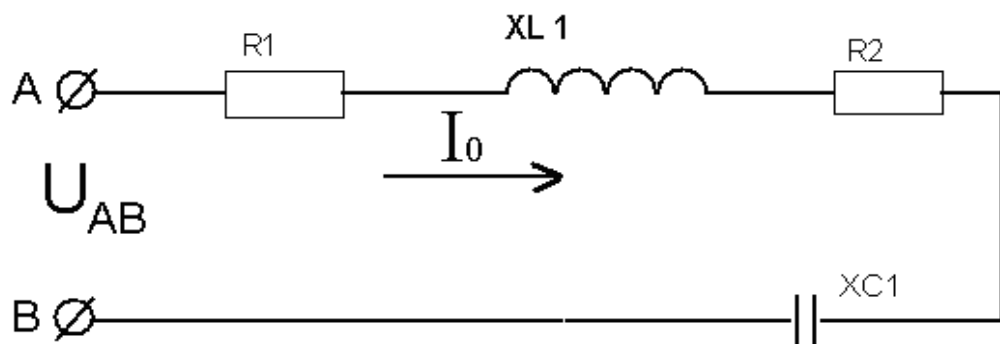


Рисунок 7

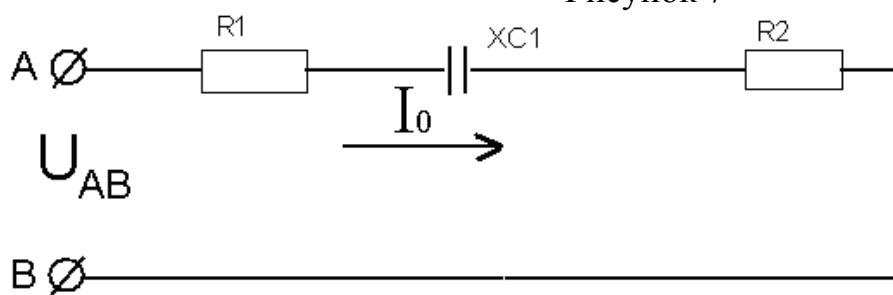


Рисунок 8

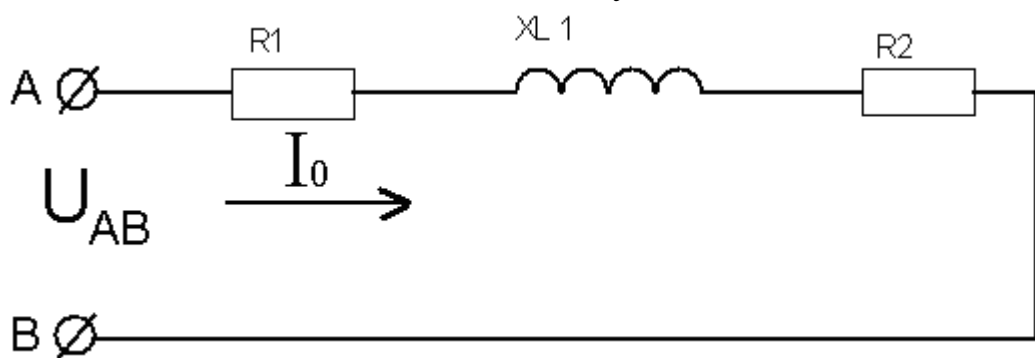


Рисунок 9

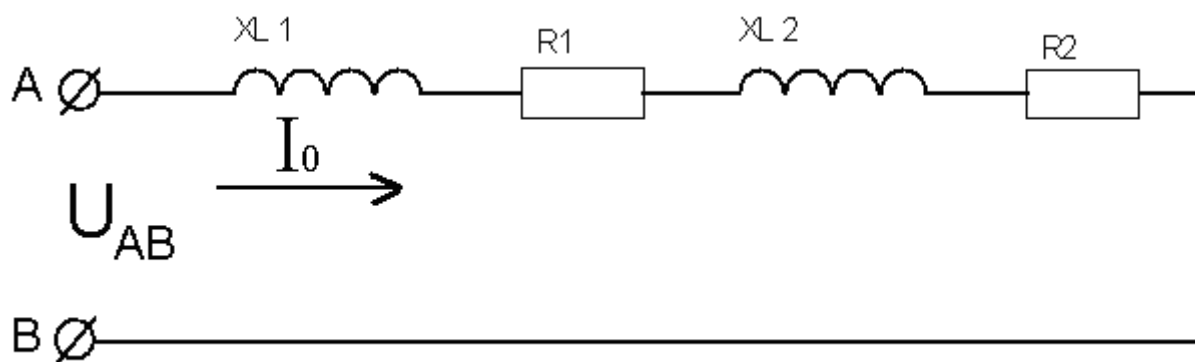


Рисунок 10

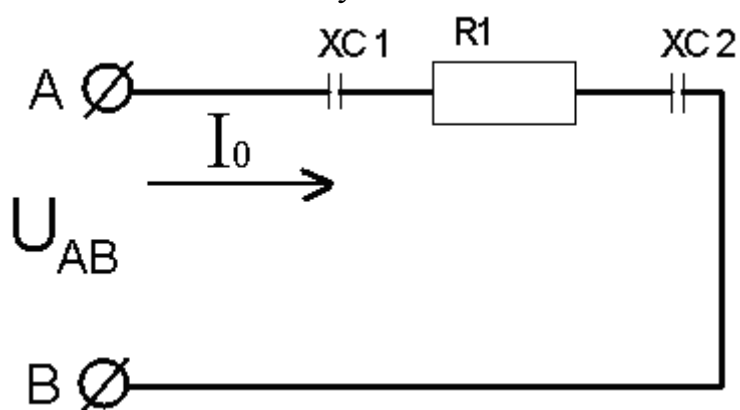


Рисунок 11

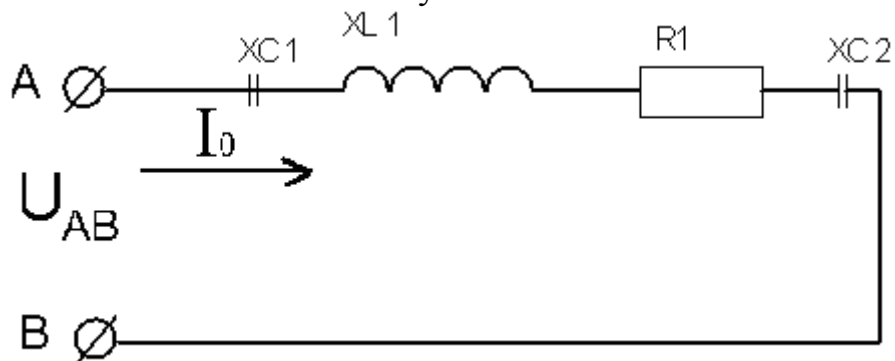


Рисунок 12

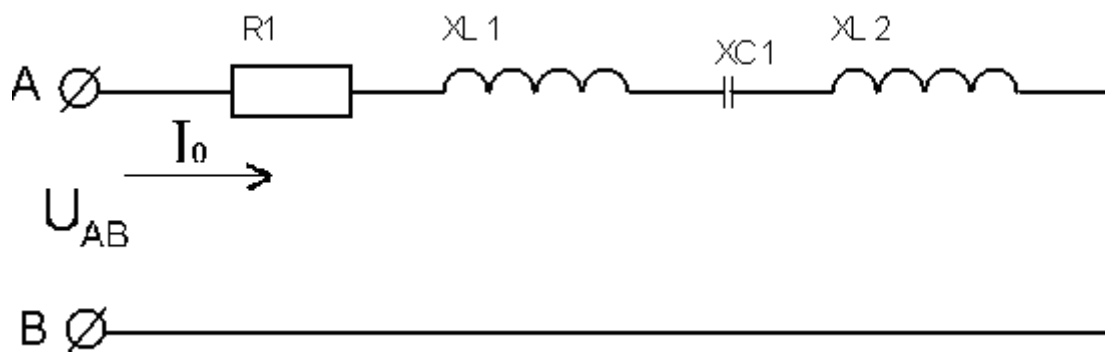


Рисунок 13

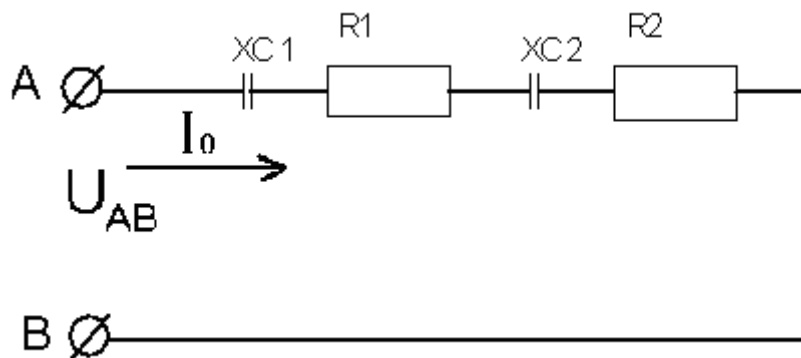


Рисунок 14

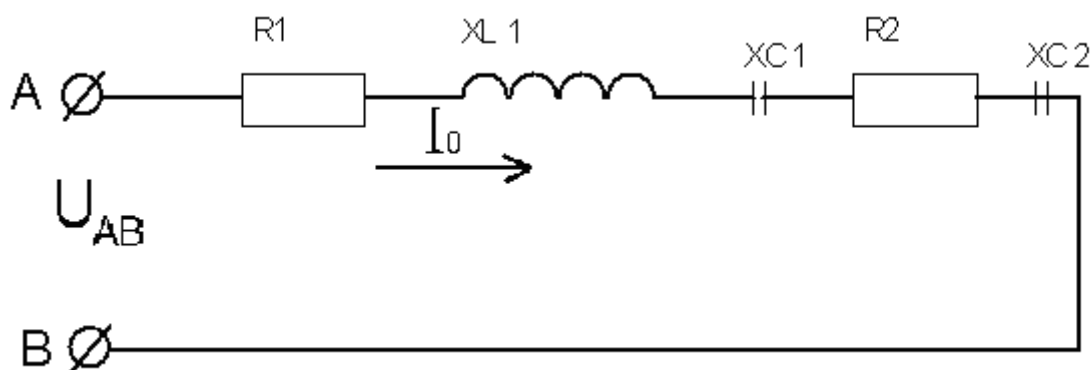


Рисунок 15

Задача №3 (только четные варианты 02 - 00).

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), образующие две параллельные ветви. Схема цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка, значение всех сопротивлений, а также один дополнительный параметр заданы в таблице 3. Индекс «1» у дополнительного параметра означает, что он относится к первой ветви; индекс «2» - ко второй.

Начертить схему цепи и определить следующие величины, если они не заданы в табл. 3:

- 1) токи I_1 и I_2 в обеих ветвях;
- 2) ток I в неразветвленной части цепи;
- 3) напряжение $U_{ав}$, приложенное к цепи;
- 4) активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи.

Начертить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжения цепи.

Каким образом в заданной цепи можно получить резонанс токов?

Если цепь не позволяет достигнуть резонанса токов, то пояснить, какой элемент надо дополнительно включить в цепь для этого.

Начертить схему такой цепи.

Указания. Смотреть решение типового примера №3. Смотреть примечание к задаче №2.

Таблица 3

№ ва ри ан та	Номер р исун ка	R_1 , ОМ	R_2 , ОМ	X_{11} , ОМ	X_{12} , ОМ	X_{c1} , ОМ	X_{c2} , ОМ	Дополнительный параметр
1	2	3	4	5	6	7	8	9
02	16	10	12	2	16	2	-	$U_{12} = 24 \text{ В}$
04	17	4	8	-	-	-	6	$P_1 = 100 \text{ Вт}$
06	18	6	-	-	-	-	3	$I_1 = 2 \text{ А}$
08	19	16	32	12	24	-	-	$U_{11} = 48 \text{ В}$
10	20	32	-	24	-	-	25	$P = 800 \text{ Вт}$
12	21	8	6	-	8	6	-	$Q_{C1} = -150 \text{ Вар}$
14	22	15	8	-	12	-	-	$S_2 = 180 \text{ ВА}$
16	23	20	24	-	40	-	8	$U_{R2} = 24 \text{ В}$
18	24	12	8	-	-	16	6	$S_1 = 180 \text{ ВА}$
20	25	4	6	-	2	3	10	$Q_{C1} = -432 \text{ Вар}$
22	16	5	16	-	12	-	-	$P_1 = 320 \text{ Вт}$
24	17	3	6	-	-	-	8	$P_2 = 54 \text{ Вт}$
26	18	4	-	-	-	-	6	$U_{AB} = 12 \text{ В}$
28	19	32	12	24	16	-	-	$Q_{L2} = 64 \text{ Вар}$
30	20	12	-	16	-	-	15	$I_2 = 4 \text{ А}$
32	21	64	24	-	32	48	-	$S_2 = 640 \text{ ВА}$
34	22	6	4	-	6	-	-	$U_{R2} = 12 \text{ В}$
36	23	16	16	-	8	-	20	$Q_{L2} = 128 \text{ Вар}$
38	24	4	8	-	-	3	6	$S_2 = 40 \text{ ВА}$
40	25	12	32	-	30	16	6	$Q_{L2} = 120 \text{ Вар}$
42	16	2	3	-	4	-	-	$U_{R2} = 12 \text{ В}$
44	17	8	16	-	-	-	12	$I_1 = 5 \text{ А}$
46	18	5	-	-	-	-	8	$P = 125 \text{ Вт}$
48	19	64	24	48	32	-	-	$P_1 = 576 \text{ Вт}$
50	20	8	-	6	-	-	5	$Q_{C2} = -80 \text{ Вар}$
52	21	3	4	-	3	4	-	$U_{R2} = 16 \text{ В}$
54	22	20	16	-	24	-	-	$P_1 = 320 \text{ Вт}$
58	23	10	3	-	8	-	4	$S_2 = 500 \text{ ВА}$
60	24	3	6	-	-	4	8	$Q_{C1} = -256 \text{ Вар}$
62	25	32	16	-	6	24	18	$U_{C2} = 108 \text{ В}$
64	16	20	6	-	8	-	-	$U_{AB} = 60 \text{ В}$
66	17	10	12	-	-	-	16	$U_{R2} = 24 \text{ В}$
68	18	8	-	-	-	-	6	$I_1 = 8 \text{ А}$
70	19	24	16	32	12	-	-	$P_2 = 256 \text{ Вт}$

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
72	20	6	-	8	-	-	10	$I_2 = 2A$
74	21	16	32	-	24	12	-	$S_1 = 720BA$
76	22	5	3	-	8	-	-	$U_{L2} = 32 B$
78	23	60	24	-	12	-	60	$U_{L2} = 36 B$
56	20	12	-	15	-	-	15	$I_2 = 3A$
80	25	4	8	-	12	3	6	$U_{R1} = 8 B$
82	16	10	12	-	16	-	-	$Q = 400 \text{ Вap}$
84	17	4	8	-	-	-	6	$S_2 = 40BA$
86	18	6	-	-	-	-	8	$I_1 = 5A$
88	19	48	32	64	24	-	-	$Q_2 = 96 \text{ Вap}$
90	20	3	-	4	-	-	5	$U_{AB} = 40 B$
92	21	8	3	-	4	6	-	$U_{C1} = 30 B$
94	22	12	6	-	16	-	-	$U_{AB} = 60 B$
96	23	2	4	-	7	-	4	$U_{C2} = 16 B$
98	24	4	6	-	-	3	8	$U_{R1} = 40 B$
00	25	24	16	-	8	32	20	$Q_{C2} = -1280 \text{ Вap}$

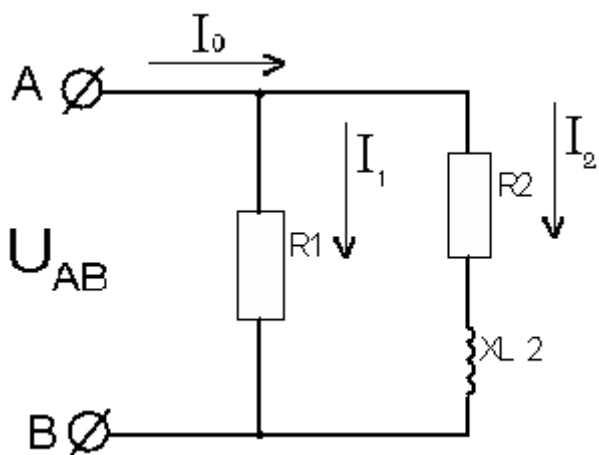


Рисунок 16

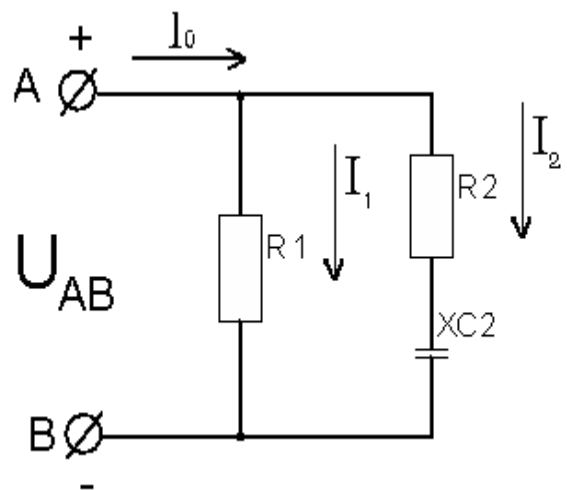


Рисунок 17

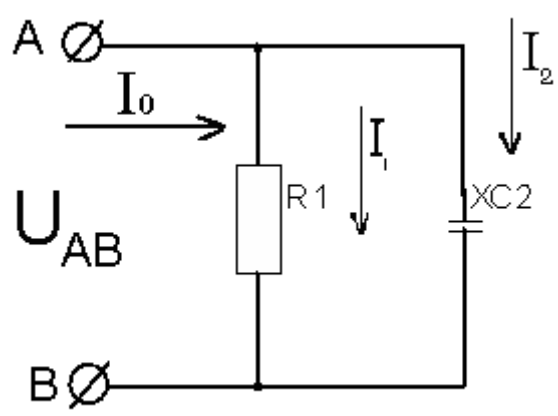


Рисунок 18

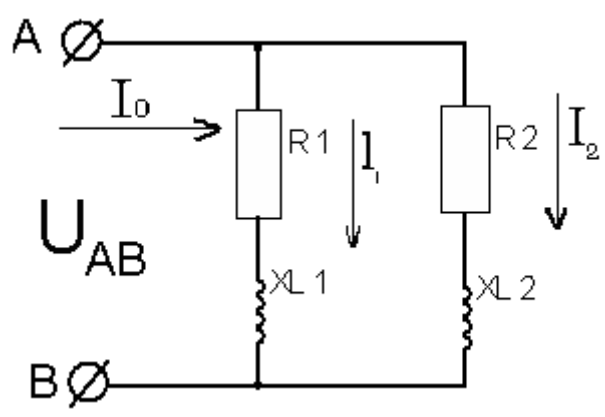


Рисунок 19

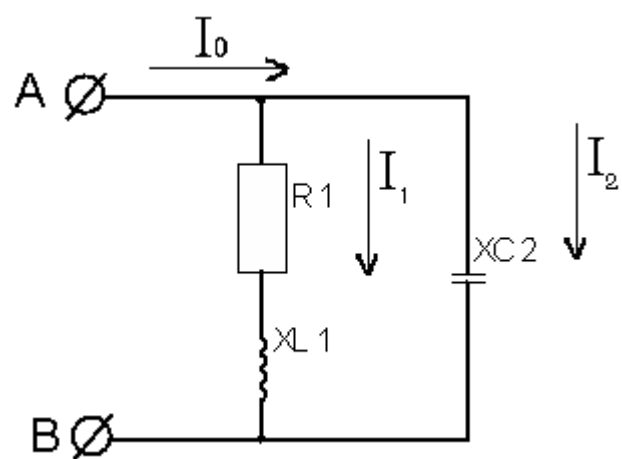


Рисунок 20

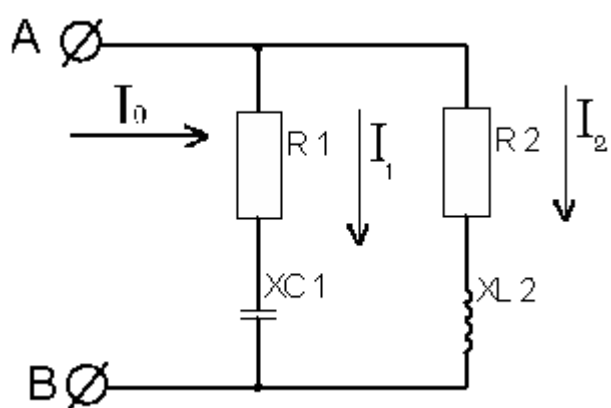


Рисунок 21

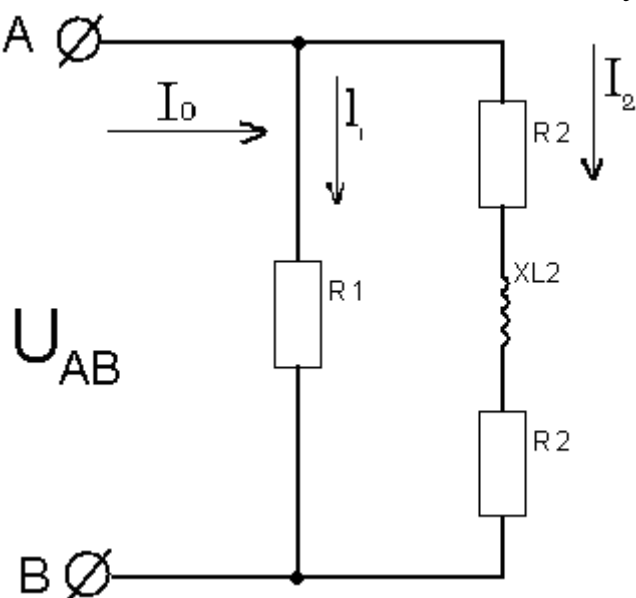


Рисунок 22

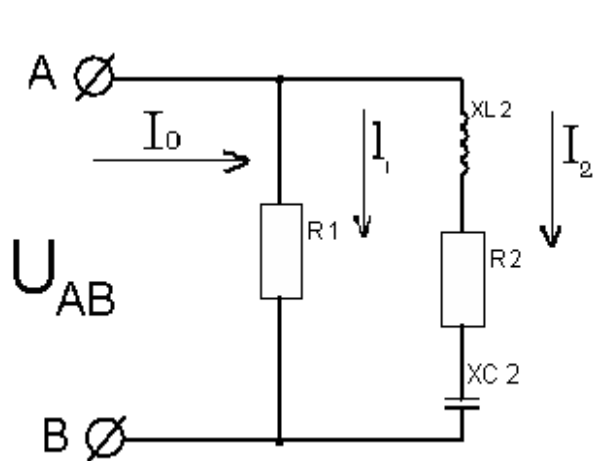


Рисунок 23

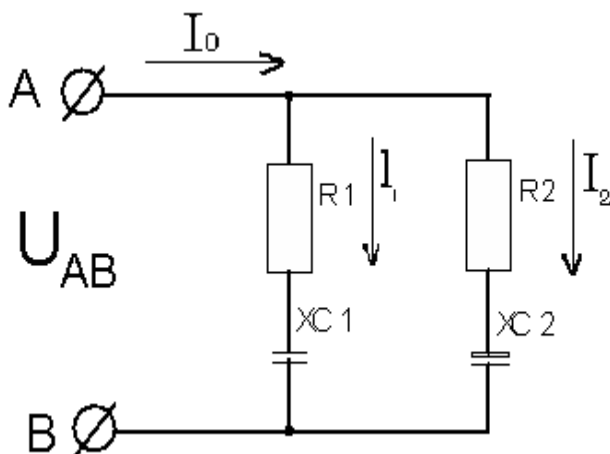


Рисунок 24

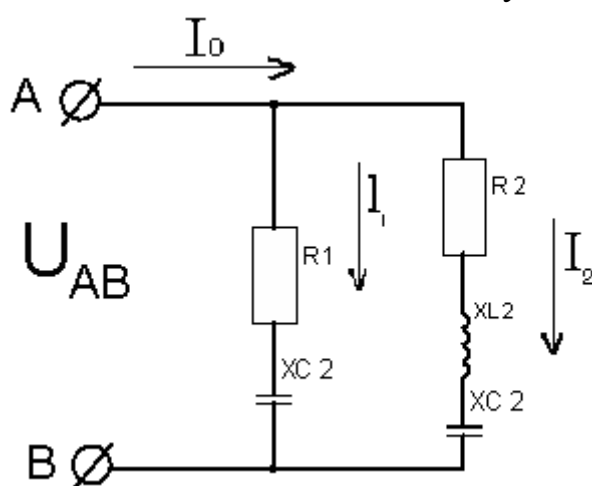


Рисунок 25

Задача №4.

Три одинаковых резистора с сопротивлением R каждый соединили звездой, включили в трехфазную сеть с линейным напряжением $U_{ном1}$ и измерили потребляемые токи $I_{ном1}$. Затем те же резисторы соединили треугольником, включили в ту же сеть и измерили фазные и линейные токи.

Определить:

Во сколько раз при таком переключении изменились фазные $I_{\phi 2}$ и линейные $I_{ном2}$ токи и потребляемые цепью активные мощности, т.е. найти отношения

$$\frac{I_{\phi 2}}{I_{ном1}}; \frac{I_{ном2}}{I_{ном1}} \text{ и } \frac{P_2}{P_1}.$$

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи при соединении резисторов треугольником.

Данные для своего варианта взять в таблице - 4.

Таблица 4

№ вари-ан- та	R, Ом	U _{ном1} В	№ вари-анта	R, Ом	U _{ном1} В	№ вари-ант а	R, Ом	U _{ном1} В
1-10	10	380	41-50	40	220	81- 90	10	660
11-20	20	220	51- 60	60	660	91- 100	10	220
21-30	30	660	61- 70	7,6	380			
31-40	20	380	71- 80	5	220			

Задача №5.

По заданной векторной диаграмме для трехфазной цепи определить характер сопротивлений в каждой фазе (активное, индуктивное, емкостное, смешанное), вычислить значение каждого сопротивления и начертить схему присоединения сопротивления к сети. Сопротивления соединены звездой с нулевым приводом. Пользуясь векторной диаграммой, построенной в масштабе, определить графически ток в нулевом приводе. Данные для своего варианта взять из таблицы 5. Пояснить с помощью логических рассуждений, как изменится ток в нулевом приводе при уменьшении частоты тока в два раза.

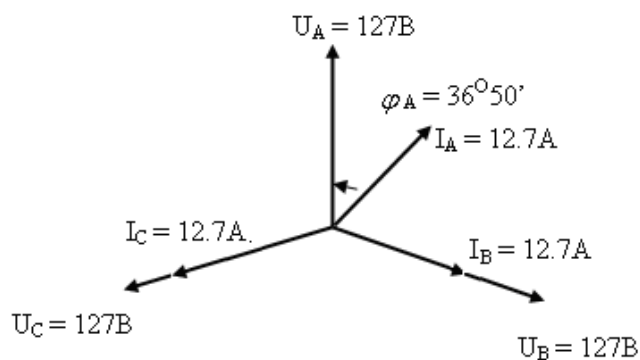
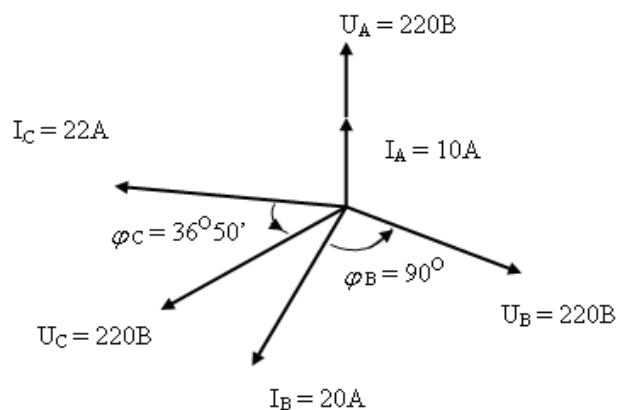


Рисунок 26

Рисунок 27

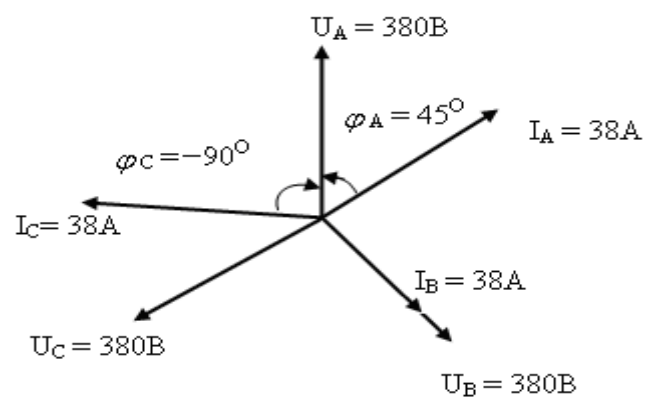


Рисунок 28

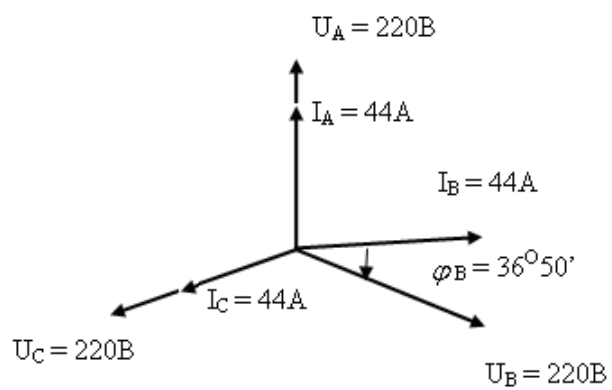


Рисунок 29

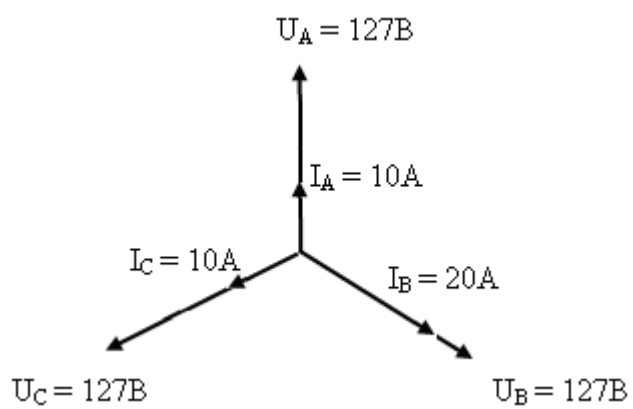


Рисунок 30

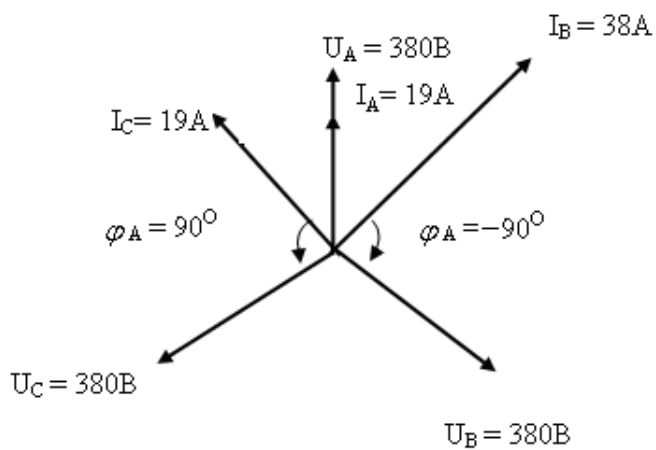


Рисунок 31

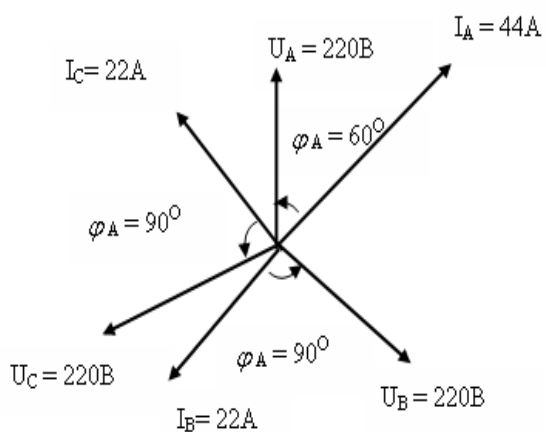


Рисунок 32

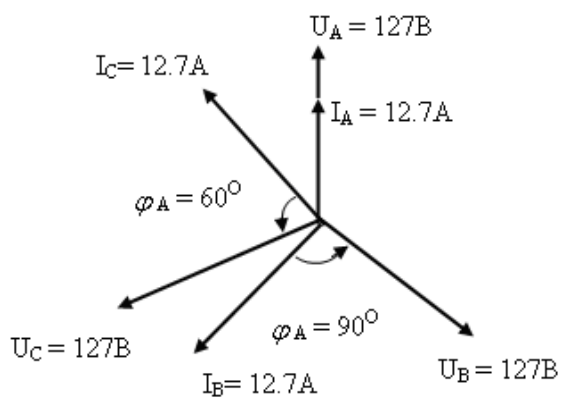


Рисунок 33

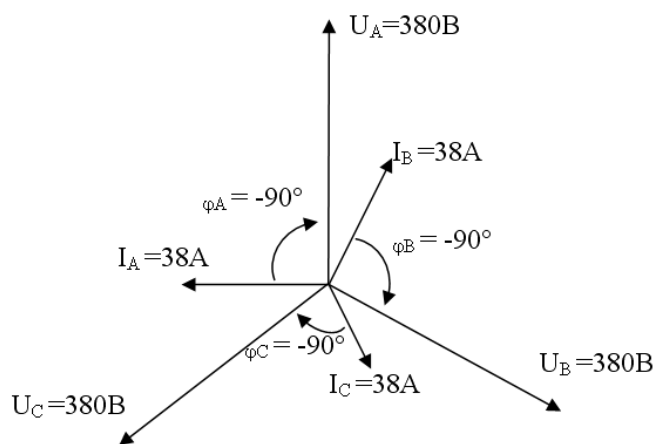


Рисунок 34

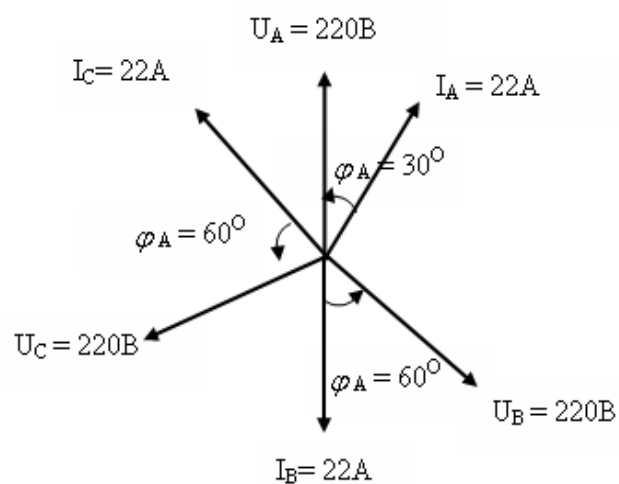


Рисунок 35

Таблица 5

Номер варианта	Номер рисунка	Номер варианта	Номер рисунка	Номер варианта	Номер рисунка
1-10	26	41-50	30	81- 90	34
11-20	27	51- 60	31	91- 100	35
21-30	28	61- 70	32		
31-40	29	71- 80	33		

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Указания к решению задачи № 1

Рассмотрим решение типовой задачи. Задача относится к теме «Электрическая цепь постоянного тока». После усвоения условия задачи проводим поэтапное решение.

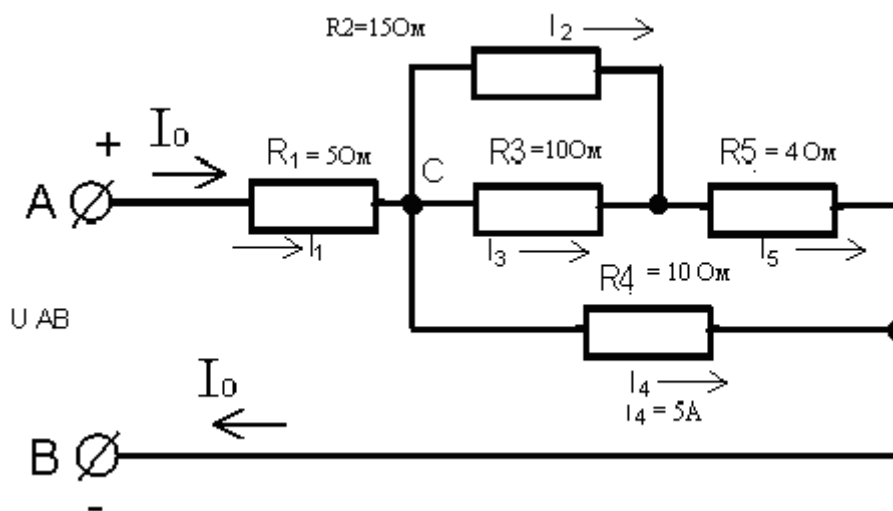


Рисунок А.

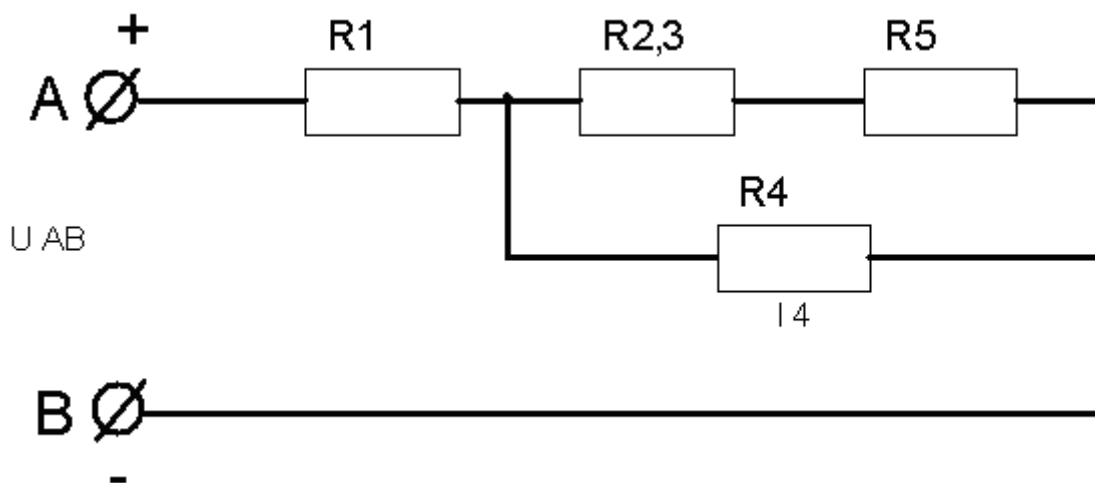


Рисунок Б

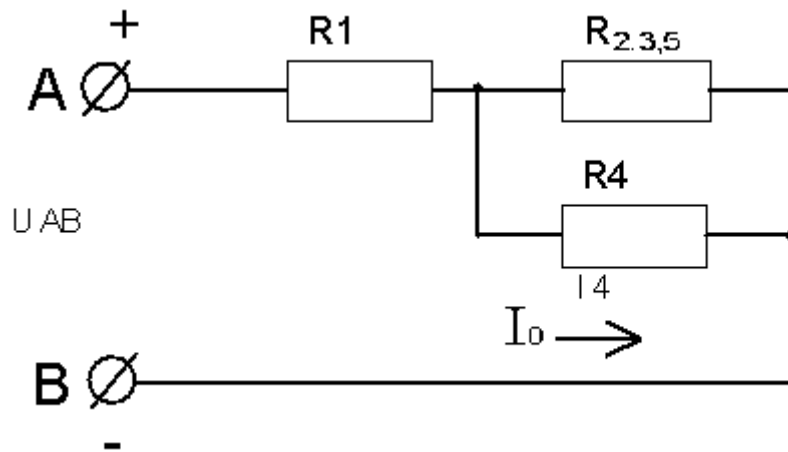


Рисунок В

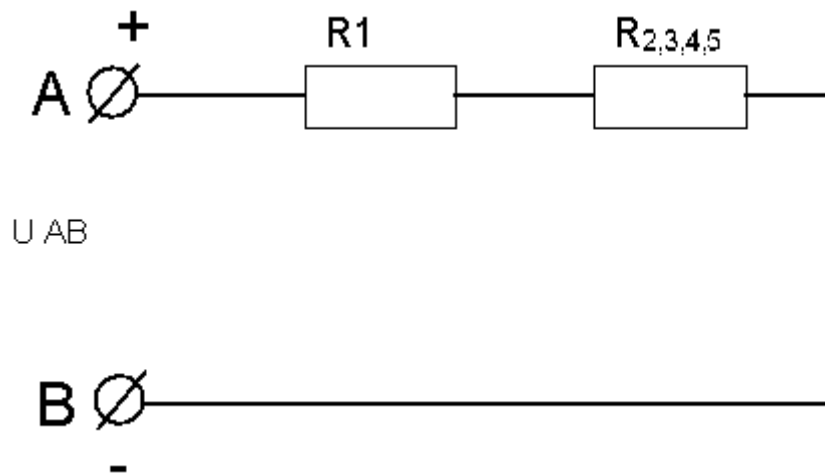


Рисунок Г

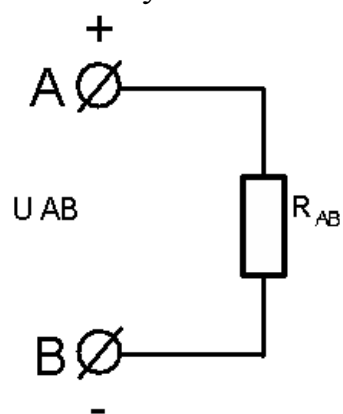


Рисунок Д

Пример №1.

Для схемы, приведенной на рисунке А, **определить** эквивалентное сопротивление цепи R_{AB} , токи в каждом резисторе, падения напряжения на участках цепи U_{1-5} и напряжение U_{AB} , приложенное к цепи, а также мощности,

потребляемые участками цепи P_{1-5} и всей цепью $P_{\text{общ}}$. **Заданы** сопротивления резисторов R_{1-5} и ток I_4 в резисторе R_4 (на рисунке А).

Указание: прежде всего, выполните «анализ» электрической схемы, представленной на рисунке А (с «конца» в «начало» (к источнику питания)), с целью выявления явно выраженных групп с параллельным и последовательным соединением резисторов. После чего, применяя законы для определения электрических параметров для выявленных групп соединений, определите эти параметры и начертите преобразованную (с эквивалентными сопротивлениями) электрическую схему, и уже на ее базе вновь повторите предыдущие действия и т.д., вплоть до определения эквивалентного (общего) сопротивления R_{AB} .

Решение.

1. Определяем общее сопротивление разветвления R_2, R_3 . Эти резисторы соединены параллельно, поэтому:

$$R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{15 \cdot 10}{15 + 10} = 6 \text{ Ом}$$

Схема цепи принимает вид, приведенный на рисунке Б.

2. Резисторы $R_{2,3}$ и R_5 соединены последовательно, поэтому их общее сопротивление равно:

$$R_{2,3,5} = R_{2,3} + R_5 = 6 + 4 = 10 \text{ Ом}$$

Схема принимает вид, приведенный на рис. В

3. Группа резисторов $R_{2,3,5}$ и R_4 соединены параллельно, поэтому их общее сопротивление равно:

$$R_{2,3,4,5} = \frac{R_{2,3,5} \cdot R_4}{R_{2,3,5} + R_4} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом}$$

Схема цепи имеет вид, приведенный на рис. Г

4. Находим эквивалентное (общее) сопротивление R_{AB} всей цепи. Исходя из того, что $R_{2,3,4,5}$ соединено последовательно с R_1 , то R_{AB} определяем по формуле:

$$R_{AB} = R_{\Sigma} = R_1 + R_{2,3,4,5} = 5 + 5 = 10 \text{ Ом}$$

5. Зная силу тока I_4 , используя закон Ома для участка цепи, находим падение напряжения U_4 на резисторе R_4 :

$$U_4 = I_4 \cdot R_4 = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В}$$

6. Это же напряжение U_4 приложено к группе последовательно соединенных резисторов $R_{2,3} + R_5$ (рис. Б). Так как группа резисторов $R_{2,3,5}$ включена параллельно к резистору R_4 , то $U_{2,3,5} = U_4$, поэтому ток I_5 в резисторе R_5 находим по формуле:

$$I_5 = \frac{U_4}{R_{2,3} + R_5} = \frac{50}{6 + 4} = 5 \text{ А}$$

7. Используя закон Ома для участка цепи, находим падение напряжения U_5 на резисторе R_5 :

$$U_5 = I_5 R_5 = 5 \cdot 4 = 20 \text{ В}$$

8. Поэтому напряжение на резисторах $R_{2,3}$ (т.к. они включены параллельно),

$$U_2 = U_3 = U_{2,3} = U_4 - U_5 = 50 - 20 = 30 \text{ В}$$

7. Определяем токи в резисторах R_2 и R_3 по закону Ома:

$$I_2 = \frac{U_{2,3}}{R_2} = \frac{30}{15} = 2 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_{2,3}}{R_3} = \frac{30}{10} = 3 \text{ А}$$

8. Применяя первый закон Кирхгофа для узла С, находим ток в резисторе R:

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 2 + 3 + 5 = 10 \text{ А},$$

по схеме видно что $I_1 = I_0 = 10 \text{ А}$.

9. Вычисляем падение напряжения на резисторе R_1 :

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 10 \cdot 5 = 50 \text{ В}$$

10. Находим напряжение U_{AB} , приложенное ко всей цепи

$$U_{AB} = I_0 \cdot R_{AB} = 10 \cdot 10 = 100 \text{ В или}$$

$$U_{AB} = U_1 + U_4 = 50 + 50 = 100 \text{ В}$$

11. Определяем величины мощностей P_{1-5} потребляемые резисторами $P_{\text{общ.}}$, а именно: $P_1 = I_1 U_1 = 10 \cdot 50 = 500 \text{ Вт}$;

$$P_2 = I_2 U_2 = 2 \cdot 30 = 60 \text{ Вт};$$

$$P_3 = I_3 U_3 = 3 \cdot 30 = 90 \text{ Вт};$$

$$P_4 = I_4 U_4 = 5 \cdot 50 = 250 \text{ Вт};$$

$$P_5 = I_5 U_5 = I_5^2 R_5 = 5^2 \cdot 4 = 100 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{общ.}} = P_1 + P_2 + \dots + P_5 = I_0 \cdot U_0 = 1000 \text{ Вт}.$$

Указания к решению задач № 2 и № 3

Решение этих задач требует знания физических процессов, возникающих в цепях однофазного переменного тока с последовательным (неразветвленная цепь) соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений и формул для расчета таких цепей.

Перед решением этих задач изучите материал темы 1.5, ознакомьтесь с методикой построения векторных диаграмм.

Пример №2.

Дана неразветвленная электрическая цепь переменного тока с активным сопротивлением $R_1 = 6 \text{ Ом}$, индуктивным $X_L = 10 \text{ Ом}$, активным

сопротивлением $R_2 = 2 \text{ Ом}$ и емкостным сопротивлением $X_C = 10 \text{ Ом}$ (рисунок 37a). К цепи приложено напряжение $U_{AB} = 50 \text{ В}$.

Определить: 1) полное сопротивление цепи; 2) ток; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощность; 5) падение напряжения на каждом сопротивлении. Начертить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений данной цепи.

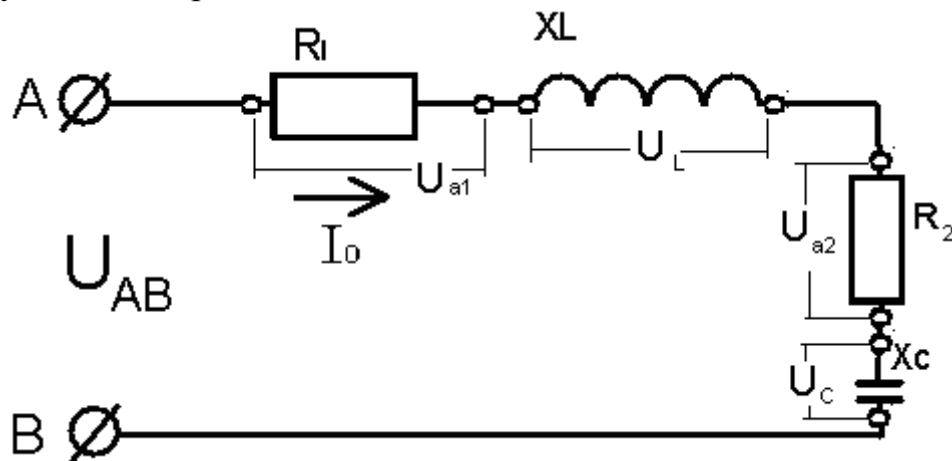


Рисунок 37a

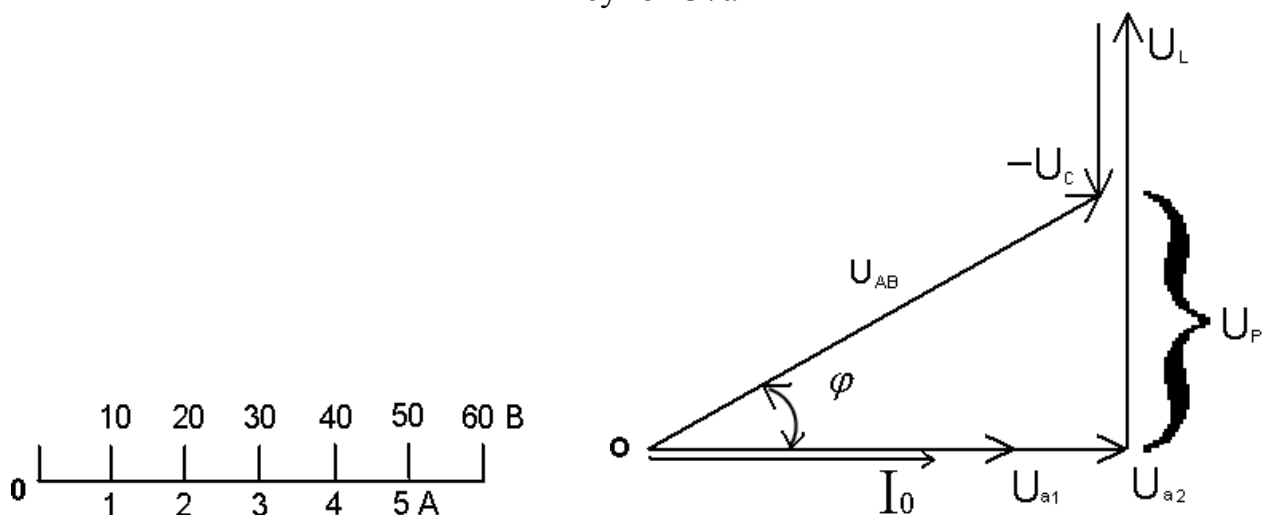


Рисунок 37 б

Решение:

1. Определяем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(6 + 2) + (10 - 4)^2} = 10 \text{ Ом.}$$

2. По закону Ома определяем общий ток в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{50}{10} = 5 \text{ А}$$

3. Определяем угол сдвига фаз φ из формул:

$$\sin \varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{10 - 4}{10} = 0,6 \quad \text{либо} \quad \cos \varphi = \frac{R_1 + R_2}{Z} = \frac{6 + 2}{10} = 0,8$$

по таблицам Брадиса находим $\varphi = 36^{\circ}50'$. Угол сдвига фаз φ находим по синусу во избежание потери знака угла (косинус является четной функцией).

4. Определяем активную мощность цепи по формулам:

$$P = I^2 (R_1 + R_2) = 5^2 (6 + 2) = 200 \text{ Вт. или}$$

$$P = U * I * \cos \varphi = 50 * 5 * 0,8 = 200 \text{ Вт.}$$

5. Определяем реактивную мощность цепи:

$$Q = I^2 (X_L - X_C) = 5^2 (10 - 4) = 150 \text{ Вар или}$$

$$Q = U * I * \sin \varphi = 50 * 5 * 0,6 = 150 \text{ Вар}$$

6. Определяем полную мощность цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250 \text{ ВА. или}$$

$$S = U * I = 50 * 5 = 250 \text{ ВА.}$$

Определяем падение напряжения на сопротивлениях R_1 , X_L , X_C , R_2 цепи используя закон Ома для участка цепи (т.к. цепь неразветвленная, общий ток цепи $I_{\text{общ.}}$ равен токам на участках):

$$U_{a1} = I * R_1 = 5 * 6 = 60 \text{ В}$$

$$U_L = I * X_L = 5 * 10 = 50 \text{ В}$$

$$U_{a2} = I * R_2 = 5 * 2 = 10 \text{ В}$$

$$U_C = I * (-X_C) = 5 * 4 = -20 \text{ В}$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаемся масштабом по току: в 1 см-1,0А и масштабом по напряжению: в 1 см – 10 В

Построение векторной диаграммы (рис.37,б) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе $\frac{10\text{А}}{1\text{А/см}} = 10\text{см}$ Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях

$U_1; U_2: \frac{30\text{В}}{10\text{В/см}} = 3\text{см}$. Из конца вектора U_r откладываем в сторону опережения вектора тока на 90° вектор падения напряжения U_l на индуктивном сопротивлении длиной $\frac{50\text{В}}{10\text{В/см}} = 5\text{см}$. Из конца вектора U_l откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90° вектор падения напряжения на конденсаторе U_c длиной $\frac{20\text{В}}{10\text{В/см}} = 2\text{см}$. Геометрическая сумма векторов $U_1, U_2, U_L; U_C$ равна полному напряжению U , приложенному к цепи. Угол между током и общим напряжением равен ϕ .

Пример №3.

Катушка с активным сопротивлением $R_1=6$ Ом и индуктивным $X_L=8$ Ом соединена параллельно с конденсатором, емкостное сопротивление которого $X_{C2}=10$ Ом (рисунок 38 а). К цепи приложено напряжение $U_{AB}=100\text{В}$.

Определить:

- 1) токи в ветвях и в неразветвленной цепи;
- 2) активные и реактивные мощности ветвей и всей цепи;
- 3) полную мощность цепи;
- 4) углы сдвига фаз между током и напряжением в каждой ветви и по всей цепи.

Начертить в масштабе векторную диаграмму токов цепи.

Решение.

Дана схема разветвленной электрической цепи переменного тока (рис. 38 а).

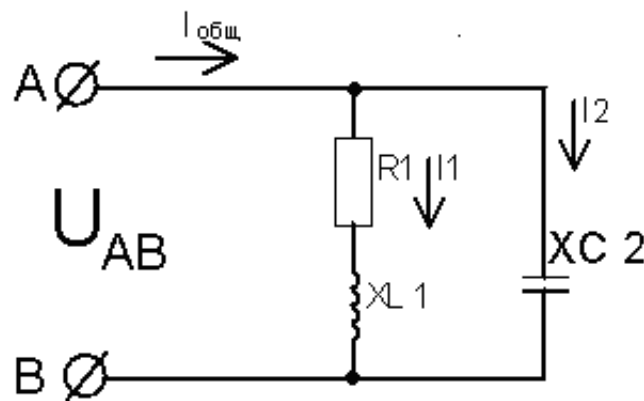


Рисунок 38а

1. Находим полное сопротивление первой ветви по формуле:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. Применяя закон Ома для участка цепи переменного тока, определяем ток в первой ветви:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{100}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 10 \text{ А}$$

3. Так как сопротивление второй ветви равно $X_{c2}=10$ Ом, то ток в ней равен:

$$I_2 = \frac{U}{X_{c2}} = \frac{100}{10} = 10 \text{ А}$$

4. Углы сдвига фаз в ветвях находим по синусам углов во избежание потери знака угла:

$$\sin \varphi_1 = \frac{X_{l1}}{\sqrt{R_1^2 + X_{l1}^2}} = \frac{8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 0,8, \quad \cos \varphi_1 = \frac{R_1}{Z_1} = \frac{6}{10} = 0,6, \text{ тогда как } , \text{ т.е. угол}$$

$\varphi = 53^\circ 10'$. Так как $\varphi_1 > 0$, то напряжение опережает ток.

$\sin \varphi_2 = -\frac{X_{c2}}{Z_2} = -\frac{10}{10} = -1,0$, то $\varphi_2 = -90^\circ$, т.е. напряжение отстает от тока, так как $\varphi_2 < 0$.

По таблицам Брадиса находим, что $\cos \varphi_1 = 53^\circ 10' = 0,6$; $\cos \varphi_2 = 0$

5. Определяем активные и реактивные составляющие токов в ветвях:

$$I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1 = 10 * 0,6 = 6 \text{ А};$$

$$I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 10 * 0,8 = 8 \text{ А};$$

$$I_{a2} = 0; \quad I_{p2} = 10 * (-1,0) = -10 \text{ А}.$$

6. Определяем ток в неразветвленной части цепи по формуле:

$$I_{\text{общ.}} = \sqrt{(I_{a1} + I_{a2})^2 + (I_{p1} + I_{p2})^2} = \sqrt{(6 + 0)^2 + (8 - 10)^2} = 6,33 \text{ А}.$$

7. Определяем коэффициент мощности всей цепи по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{I_{a1} + I_{a2}}{I_{\text{общ.}}} = \frac{6 + 0}{6,3} = 0,95$$

2. Определяем активные и реактивные мощности ветвей и всей цепи:

$$P_1 = U * I_1 \cos \varphi_1 = 100 * 10 * 0,6 = 600 \text{ Вт}$$

$$P_2 = 0 \quad P = P_1 + P_2 = 600 \text{ Вт}$$

$$Q_1 = U * I_1 \sin \varphi_1 = 100 * 10 * 0,8 = 800 \text{ Вар}$$

$$Q_2 = U \cdot I_2 \sin \varphi_2 = 100 \cdot 10 \cdot (-1,0) = -1000 \text{ Вар}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 800 - 1000 = -200 \text{ Вар}$$

Внимание! Реактивная мощность ветви с емкостью отрицательная, так как $\varphi_2 < 0$.

3. Определяем полную мощность цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{600^2 + 200^2} = 633 \text{ ВА.}$$

Замечание: ток в неразветвленной части (общий) цепи можно определить значительно проще, без разложения токов на составляющие, зная полную мощность цепи и напряжение:

$$I = \frac{S}{U} = \frac{633}{100} = 6,33 \text{ А}$$

4. Для построения векторной диаграммы задаемся масштабом по току: в 1 см – 2,5 А и масштабом по напряжению: в 1 см – 25 В. Построение начинаем с вектора напряжения U (рис. 38.б). Под углом φ_1 к нему (в сторону отставания) откладываем в масштабе вектор тока I_1 под углом φ_2 (в сторону опережения) откладываем вектор тока I_2 . Геометрическая сумма этих токов равна току в неразветвленной части цепи. На диаграмме показаны также проекции векторов токов на вектор напряжения (активная составляющая I_{a1}) и вектор, перпендикулярный ему (реактивные составляющие I_{p1} и I_{p2}).

При отсутствии конденсатора реактивная мощность первой ветви не компенсировалась бы и ток в цепи увеличился бы до $I = I_1$ 10 А

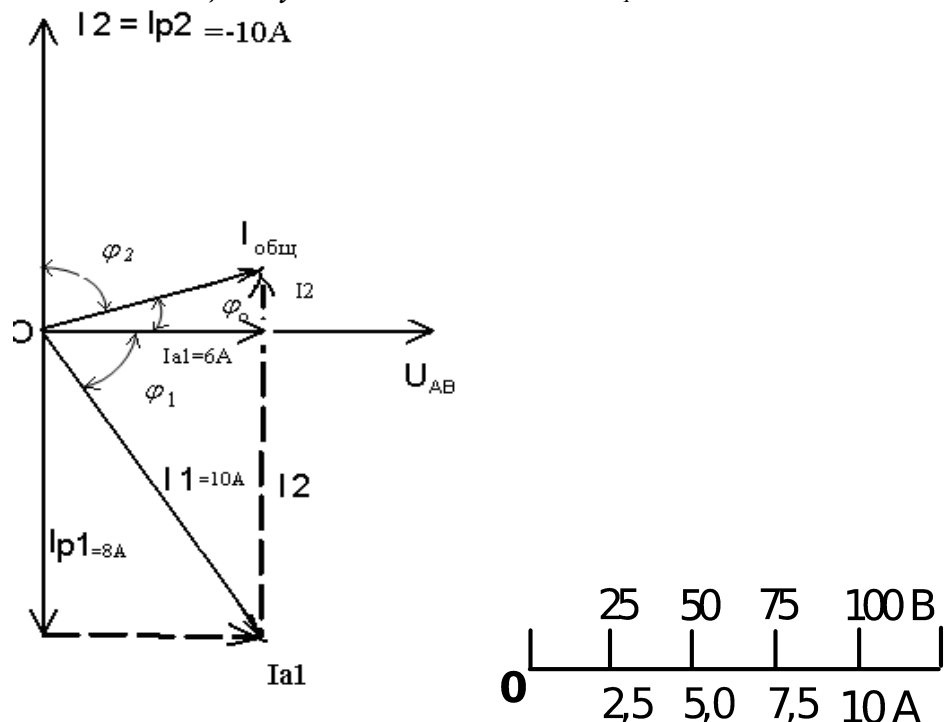


Рисунок 38 б

Указания к решению задач № 4 и № 5

Решение задач этой группы требует знания учебного материала темы «Трёхфазные электрические цепи», следует иметь четкое представление об особенностях соединения источников и потребителей в звезду и треугольник, соотношения между линейными и фазными величинами при таких соединениях, а также уметь строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках. Для пояснения общей методики решения задач, включая построение векторных диаграмм, рассмотрены типовые примеры 4 и 5.

Пример № 4.

В трехфазную четырехпроводную сеть включены звездой лампы накаливания мощностью $P_1=300$ Вт каждая. В фазу «А» включили 30 ламп, в фазу «В» – 50 ламп и в фазу «С» – 20 ламп. Линейное напряжение сети $U_{\text{лин}}=380$ В. Определить фазные напряжения U_A, U_B, U_C и фазные токи I_A, I_B, I_C , начертить векторную диаграмму цепи, из которой найти числовое значение тока в нулевом проводе.

Решение.

1. Определяем фазные напряжения цепи, используя формулу $U_{\phi} = U_{\text{лин}} / \sqrt{3}$

$$U_A = U_B = U_C = U_{\text{ном}} / \sqrt{3} = 380 / 1,73 = 220 \text{ В.}$$

2. Находим фазные токи, если $P_{\phi A} = 300 * 30 = 9000$

$$P_{\phi B} = 300 * 50 = 15000 \quad \text{и} \quad P_{\phi C} = 300 * 20 = 6000 \quad \text{т.е.:}$$

$$I_A = \frac{P_{\phi A}}{U_A} = \frac{300 * 30}{220} = 41 \text{ А.}$$

$$I_B = \frac{P_{\phi B}}{U_B} = \frac{300 * 50}{220} = 68 \text{ А.}$$

$$I_C = \frac{P_{\phi C}}{U_C} = \frac{300 * 20}{220} = 27,3 \text{ А.}$$

Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току: 1 см - 20А и по напряжению 1 см – 80В. Построение диаграммы начинаем с вектора фазных напряжений U_A, U_B, U_C (рис. 39б), располагая их под углом 120° друг относительно друга. Чередование фаз обычное: за фазой А – фаза В; за фазой В – фаза С. Лампы накаливания являются активной нагрузкой, поэтому ток в каждой фазе совпадает соответствующим фазным напряжением. В фазе «А» ток

$I_A = 41\text{ A}$, поэтому на диаграмме он выразится вектором, длина которого равна $41/20 = 2,05$ см. длина вектора фазного напряжения U_A составит $220/80 = 2,75$ см. аналогично строим вектора токов и напряжений в остальных фазах. Ток I_0 в нулевом проводе, получаем $1,75$ см, поэтому $I_0 = 1,75 \cdot 20 = 35\text{ A}$. Векторы линейных напряжений на диаграмме не показаны, чтобы не усложнять чертеж.

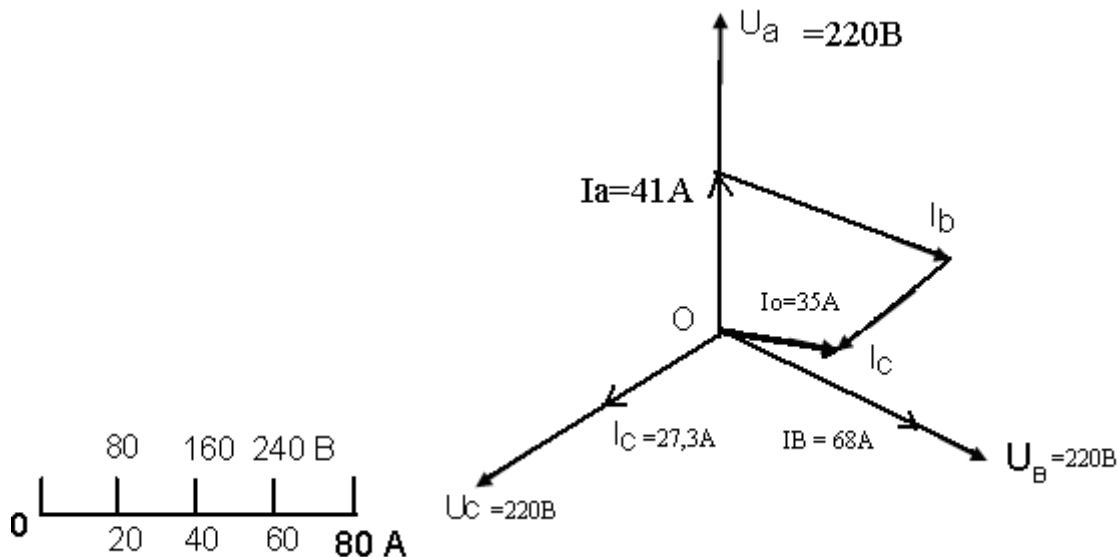


Рисунок 396

Пример № 5.

По заданной векторной диаграмме для трехфазной цепи (рис.40б) определить характер нагрузки каждой фазы и вычислить ее сопротивление. Нагрузка включена в звезду.

Начертить соответствующую схему цепи (рис.40 а) .

Определить активную и реактивную мощности, потребляемые цепью.

Значения напряжений, токов и фазных углов приведены на диаграмме (рис.40 б). Векторы линейных напряжений не показаны.

Решение.

1. Рассматривая векторную диаграмму, можно заметить, что ток в фазе «А» отстает от фазного напряжения U_A на угол $\varphi_A = 53^\circ 10'$, значит в фазу «А»

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{220}{22} = 10 \text{ Ом.}$$

включена катушка с полным сопротивлением

2. Ее активное и индуктивное сопротивление вычисляем по формулам.

$$R_A = Z_A \cos \varphi_A = 10 \cdot \cos 53^\circ 10' = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ Ом;}$$

$$X_A = Z_A \sin \varphi_A = 10 \cdot \sin 53^\circ 10' = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ Ом;}$$

3. В фазе «В» ток I_B совпадает с напряжением U_B , значит в фазу «В» включено активное сопротивление, следовательно $\cos \varphi_B = 1,0$, $\sin \varphi_B = 0$.

$$R_B = \frac{U_B}{I_B} = \frac{220}{11} = 20 \text{ Ом.}$$

4. В фазе «С» ток I_C опережает напряжение U_C на угол $\varphi_C = -36^\circ 50'$, значит в фазу «С» включены конденсатор и активное сопротивление. Полное

$$\text{сопротивление фазы «С» } Z_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{220}{44} = 5 \text{ Ом.}$$

5. Определим активное и емкостное сопротивления:

$$R_C = Z_C \cos \varphi_C = 5 * \cos -36^\circ 50' = 5 * 0,8 = 4 \text{ Ом;}$$

$$X_C = Z_C \sin \varphi_C = 5 * \sin -36^\circ 50' = -5 * 0,6 = -3 \text{ Ом;}$$

6. Определяем активную мощность потребляемую цепями каждой фазы ($P_{A,B,C}$) и общую мощность, потребляемую всей цепью.

$$P_A = U_A * I_A * \cos \varphi_A = 220 * 22 * 0,6 = 4840 \text{ Вт;}$$

$$P_B = U_B * I_B * \cos \varphi_B = 220 * 11 * 1,0 = 2420 \text{ Вт;}$$

$$P_C = U_C * I_C * \cos \varphi_C = 220 * 44 * 0,8 = 9680 \text{ Вт.}$$

Т.к. нагрузка несимметричная, то воспользуемся формулой:

$$P_{\text{общ}} = P_A + P_B + P_C = 4840 + 2420 + 9680 = 16,94 \text{ кВт.}$$

7. Определяем реактивную мощность потребляемую электрической цепью.

$$Q_A = U_A * I_A * \sin \varphi_A = 220 * 22 * 0,8 = 3872 \text{ Вар.}$$

$$Q_B = U_B * I_B * \sin \varphi_B = 220 * 11 * 0 = 0 \text{ Вар. (т.к. } Z_B = R_B, \text{ т.е. числу активной нагрузки);}$$

$$Q_C = U_C * I_C * \sin \varphi_C = 220 * 44 * 0,6 = 5808 \text{ Вар.}$$

$$Q_{\text{общ.}} = Q_A + Q_B + Q_C = 3872 + 0 + 5808 = 9680 \text{ Вар.}$$

8. Определяем полную мощность потребляемую электрической цепью.

$$S_A = U_A * I_A = 220 * 22 = 4640 \text{ ВА;}$$

$$S_B = U_B * I_B = 220 * 11 = 2420 \text{ ВА;}$$

$$S_C = U_C * I_C = 220 * 44 = 9680 \text{ ВА;}$$

$$S_{\text{общ.}} = S_A + S_B + S_C = 4640 + 2420 + 9680 = 16740 \text{ ВА.}$$

9. Схема цепи приведена на рис 40а.

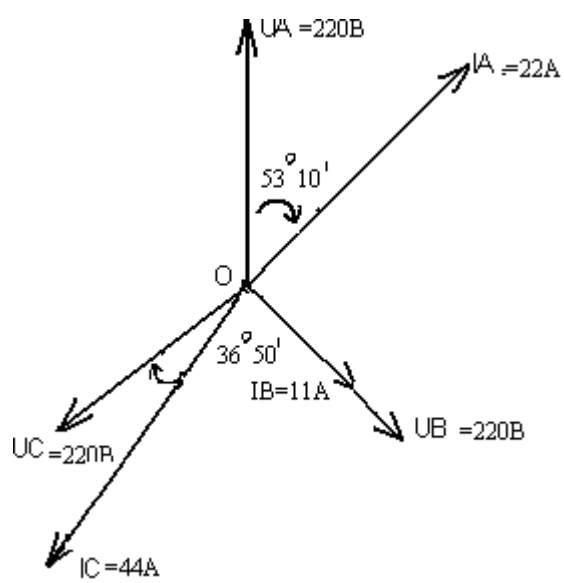
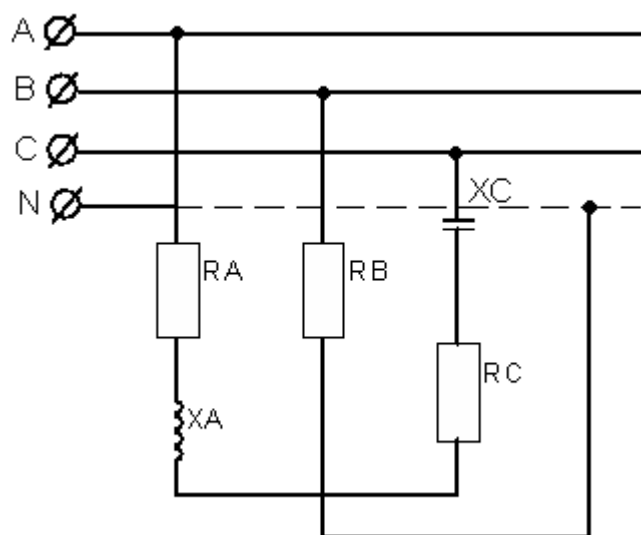


Рисунок 40а

Рисунок 40б