



Министерство образования Калининградской области
государственное бюджетное учреждение
Калининградской области
профессиональная образовательная организация
«Колледж информационных технологий и
строительства»
(ГБУ КО ПОО «КИТиС»)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по изучению учебной дисциплины
ОП. 03 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.
(ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ)

Калининград
2022

Методические рекомендации составлены в соответствии с учебной дисциплины ОП.03 «Основы электротехники» по специальности **08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений** и основной образовательной программой по данной специальности, разработанной на основе требований ФГОС СПО, предъявляемых к структуре, содержанию и результатам освоения учебной дисциплины «Основы электротехники».

Данные методические рекомендации включают полное содержание ОП.03 «Основы электротехники»: теоретическую часть и задания для индивидуальной контрольной работы.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся заочной формы обучения среднего профессионального образования.

Структура методических указаний способствует систематизации и обобщению теоретического материала, что поможет обучающимся успешно самостоятельно изучать ОП.03 «Основы электротехники»

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Требования к результатам освоения дисциплины	5
«Основы электротехники»	5
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПО ОТДЕЛЬНЫМ ТЕМАМ	6
Контрольная работа	13
Методические указания к выполнению контрольной работы	32
Методические указания к выполнению задач по темам	41
Информационное обеспечение обучения: перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы	48
КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	49
Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения студентами индивидуальных заданий.	49

Пояснительная записка

Программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений», укрупненной группы «Архитектура и строительство», направление подготовки «Строительство».

Программа учебной дисциплины может быть использована в дополнительном профессиональном образовании (повышении и переподготовки) и профессиональной подготовке по рабочим профессиям.

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы, которая является частью учебно-методического комплекса общеобразовательных дисциплин профессионального цикла ОП. 03 «Основы электротехники» для специальности «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений». Они входят в ОП.00 Общепрофессиональные дисциплины, что соответствует учебному плану и программе.

Основной формой учебной работы студентов-заочников является самостоятельная работа над учебным материалом. Приступая к изучению темы, следует внимательно прочитать ее содержание по программе.

Обязательным для студента является практическая проработка учебного материала, примеров и задач. После изучения всех тем курса необходимо закрепить материал, ответив на вопросы и решить задачи, которые предложены для решения в каждой теме методического пособия.

Если в процессе работы над учебным материалом возникнут вопросы, которые студент не может решить самостоятельно, нужно обратиться за консультацией.

Студент в установленный индивидуальным графиком срок представляет письменную контрольную работу, а после ее зачета допускается к дифференцированному зачету (экзамену).

Контрольная работа составлена в 20 вариантах. Студент должен выполнить тот вариант, номер которого соответствует его порядковому номеру списка группы в журнале на странице изучаемой дисциплины.

Контрольная работа должна быть выполнена в отдельной тетради, четко, разборчиво и аккуратно, с полями для замечаний рецензента.

На первой странице необходимо написать название предмета, номер варианта, группу, фамилию и инициалы. Ответы на вопросы должны быть краткими по форме и полными, по существу. Изложение должно вестись своими словами, не допускается списывание материала из учебника или копирования из интернета. Текстовую часть контрольной работы обязательно следует сопровождать примерами из практики, схемами, таблицами, графиками зависимости параметров, векторными диаграммами и т. д.

Условие задачи необходимо переписать перед выполнением задания. В конце работы следует указать используемые источники информации, в том числе интернета.

Контрольная работа выполняется и сдается до начала сессии, регистрируется у методиста и передается преподавателю, который проверяет и пишет рецензию на нее.

Требования к результатам освоения дисциплины «Основы электротехники»

В результате освоения дисциплины «Основы электротехники» обучающийся должен

знать:

- основные законы электротехники и электроники;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов;
- устройство и принцип действия аппаратуры управления электроустановками;

уметь:

- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.
- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;
- собирать электрические схемы;
- вести оперативный учет работы энергетических установок.

Профессиональные и общие компетенции

В результате контроля и оценки по дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих профессиональных и общих компетенций:

Учащийся должен

уметь:

читать электрические схемы, вести оперативный учет работы энергетических установок;

знать:

основы электротехники и электроники, устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов, аппаратуры управления электроустановками

Техник должен **обладать** общими компетенциями, включающими в себя способность

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Техник должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам профессиональной деятельности:

ПК 2.1. Выполнять подготовительные работы на строительной площадке;

ПК 2.2. Выполнять строительно-монтажные, в том числе отделочные работы на объекте капитального строительства;

ПК 4.3. Принимать участие в диагностике технического состояния конструктивных элементов эксплуатируемых зданий, в том числе отделки внутренних и наружных поверхностей конструктивных элементов эксплуатируемых зданий.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПО ОТДЕЛЬНЫМ ТЕМАМ

Раздел 1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ.

Тема 1.1. Электрические цепи постоянного тока

В результате изучения темы **обучающийся должен:**
знать:

- основные законы электротехники;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей;
- характеристики и параметры электрических полей

уметь:

- рассчитывать параметры электрических магнитных цепей;
- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.

Постоянный электрический ток. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Электрическая цепь, ее элементы. Закон Ома для участка и полной электрической цепи. Законы Кирхгофа и Джоуля - Ленца. Нагревание проводников электрическим током и потери электроэнергии. Выбор сечения проводов по допустимому току.

Способы соединения резисторов, определение эквивалентного сопротивления. Расчет цепей постоянного тока. Измерительные приборы постоянного тока и их характеристики. Основы расчета электрических цепей постоянного тока.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется электрическим током? Какое он имеет направление во внешней и внутренней цепях?
2. Какие вам известны источники и приемники электрической энергии?
3. Напишите закон Ома для участка цепи и всей цепи.
4. Что такое электрическое сопротивление? В каких единицах оно измеряется?
5. Как определяется мощность, и работа электрического тока? Определите расход электрической энергии двигателем мощностью 20 кВт за 5 ч. работы.
6. Напишите формулу, выражающую закон Ленца-Джоуля. Где он находит практическое применение?
7. Какие существуют методы расчета сложных электрических цепей? В чем сущность метода контурных токов?
8. Поясните назначение плавких предохранителей.

Методические указания к решению задачи 1

Решение этой задачи требует знания закона Ома для всей цепи и ее участков, первого закона Кирхгофа и методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов. Содержание задачи и схемы цепей с соответствующими данными приведены в условии и табл. 1. Перед решением задачи рассмотрите типовой пример 1.

Тема 1.2. Однофазная электрическая цепь.

В результате изучения темы **обучающийся должен:**
знать:

- параметры и формы представления переменного тока;
- электрические схемы, включая напряжение;
- элементов в цепи переменного тока;
- закон Ома и правило Кирхгофа для цепей переменного тока;
- условия возникновения и особенности резонанса напряжения и тока в цепях переменного тока;
- связь между активной, реальной и полной мощностями;
- способы повышения коэффициента мощности.

уметь:

- находить параметры переменного тока и напряжения по их графической форме представления;
- рассчитать токи переменного тока;
- строить векторную диаграмму разветвленной и неразветвленной цепей переменного тока;
- определять активную, реактивную и полную мощности и коэффициент мощности в цепях переменного тока;
- строить векторные диаграммы для различных режимов электрических цепей;

Переменный однофазный ток. Его параметры, уравнения, графики и векторные диаграммы. Сопротивления в цепях переменного тока.

Основы расчета электрических цепей переменного тока. Мощность переменного тока.

Вопросы для самоконтроля

1. Как получается ЭДС синусоидальной формы, и от каких факторов зависит ее величина?
2. Что такое мгновенное, максимальное и действующее значение переменного тока и напряжения?
3. В какой вид энергии преобразуется электрическая энергия в активном и реактивном сопротивлениях?
4. От чего зависит величина реактивного сопротивления индуктивности?
5. В чем сущность реактивного сопротивления емкости и от чего зависит его величина?
6. Начертите треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей для неразветвленной цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью.
7. В чем заключается явление резонанса напряжений? Какие условия необходимы для того, чтобы в цепи наступил резонанс напряжений?
8. Начертите векторную диаграмму для цепи однофазного переменного тока при резонансе напряжений.
9. Начертите векторную диаграмму цепи при параллельном соединении реальной катушки и конденсатора без потерь.
10. Напишите условия получения резонанса токов. Какое практическое применение имеет явление резонанса токов?

11. Как определяется общий ток при параллельном соединении сопротивлений?
12. Каковы причины низкого коэффициента мощности промышленных предприятий?
13. Почему присоединение батареи конденсаторов увеличивает коэффициент мощности предприятия?
14. Как увеличение или уменьшение коэффициента мощности ($\cos\varphi$) влияет на работу станций, подстанций и линий электропередачи?

Методические указания к решению задач 2 и 3

Эти задачи относятся к неразветвленным и разветвленным цепям переменного тока. Перед их решением изучите материал темы 1.2, ознакомьтесь с методикой построения векторных диаграмм и рассмотрите типовые примеры 2, 3.

Тема 1.3. Трехфазные электрические цепи.

В результате изучения темы **обучающийся должен:**

знать:

- принцип соединения обмоток генератора и потребителя энергии звездой и треугольником;
- что такое симметричная и несимметричная нагрузки;
- соотношение между линейным и фазными токами напряжениями при соединении звездой и треугольником (для обмоток генератора и потребителей);
- назначение нулевого провода;

уметь:

- строить векторные диаграммы токов и напряжений для симметричной и несимметричной нагрузок;
- соединять обмотки трехфазных генераторов трансформатором, потребителей звездой и треугольником;
- различать фазные и линейные величины при различных соединениях приемников электроэнергии;
- производить измерения токов и напряжений, трехфазных цепях.

Трехфазные цепи при соединении потребителей «звездой» и «треугольником»: Изучение схемы трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником и звездой. Исследование зависимости между линейными и фазными значениями тока и напряжения. Электроизмерительные приборы.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип получения трехфазного тока. В чем преимущества трехфазного тока по сравнению с однофазным?
2. Как выполняется соединение потребителей в «звезду»? Какое соотношение существует между фазными и линейными токами и напряжениями при соединении в «звезду»?
3. Какова роль нулевого провода при соединении в «звезду»? Как определяется ток в нулевом проводе?
4. Постройте векторную диаграмму для равномерной и неравномерной нагрузки три соединения ее в «звезду».
5. Как выполняется соединение потребителей в «треугольник»? 6. Постройте векторную диаграмму напряжений и токов при неравномерной нагрузке и соединении в «треугольник».

7. Как определяются активная, реактивная и полная мощности трехфазной цепи при симметричной нагрузке?
8. Как определяются активная, реактивная и полная мощности в трехфазной цепи при несимметричной нагрузке?

Методические указания к решению задачи 4 и 5

Решение задач этой группы требует знания учебного материала темы 1.3, отчетливого представления об особенностях соединения источников и потребителей в звезду и треугольник, соотношениях между линейными и фазными величинами при таких соединениях, а также умения строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках. Содержание задач и схемы цепей приведены в условиях задач, а данные к ним — в соответствующих таблицах. Для пояснения общей методики решения задач на трехфазные цепи, включая построение векторных диаграмм, рассмотрены типовые примеры 4 и 5.

Раздел 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ.

Тема 2.1. Трансформаторы.

В результате изучения темы **обучающийся должен:**
знать:

- устройство и принцип действия трансформатора;
- как определять параметры трансформаторов по паспортным данным;
- как определить потери мощности и К.П.Д. по результатам измерений;
- коэффициент трансформации по данным измерений токов и напряжений;

уметь:

- различать режимы работы трансформаторов;
- регулировать выходные напряжения с помощью автотрансформатора;
- различать трансформаторы по различным конструктивным признакам.

Общие сведения. Назначение и применение трансформаторов, их классификация. Коэффициент трансформации. Устройство, принцип действия и режимы работы однофазного трансформатора. Понятие о трехфазных трансформаторах. Внешняя характеристика и КПД трансформатора. Трехфазный трансформатор, схемы соединения его обмоток.

Вопросы для самоконтроля

1. На каком принципе основана работа трансформатора?
2. Устройство трансформатора и назначение его частей. Почему обмотки трансформатора должны располагаться на стальном сердечнике?
3. Как определяется коэффициент трансформации трансформатора?
4. Что такое номинальная мощность трансформатора? Как она определяется?
5. Как определяется ЭДС первичной и вторичной обмоток трансформатора?
6. Начертите векторную диаграмму трансформатора:
 - а) при холостом ходе;
 - б) нагруженного трансформатора.
7. Почему при любой нагрузке трансформатора магнитный поток сердечника остается практически неизменным?
8. Какие виды потерь имеются в трансформаторе, и при каких

режимах они определяются?

9. Как изменяются ток первичной обмотки, потребляемая мощность трансформатора и напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора с увеличением нагрузки?

10. Объясните, как производится регулирование напряжения у трансформаторов.

11. Устройство трехфазного трансформатора и назначение составных частей.

12. Какие существуют схемы соединения обмоток трехфазных трансформаторов? Какие наиболее часто применяются?

13. Как определяется группа соединений обмоток трехфазного трансформатора?

14. Перечислите условия, необходимые для параллельной работы трехфазных трансформаторов.

15. Что такое автотрансформатор? Где он нашел наиболее широкое применение?

16. Как устроены и для чего предназначены измерительные трансформаторы тока и напряжения?

17. Почему категорически запрещается вторичную обмотку работающего трансформатора тока оставлять разомкнутой?

18. Для какой цели заземляют один из зажимов вторичной обмотки измерительных трансформаторов?

19. Как производят охлаждение обмоток и магнитопровода трансформатора? Роль масла в трансформаторе?

20. Дайте схемы включения измерительных приборов (амперметра, вольтметра и ваттметра) через измерительные трансформаторы.

21. Перечислите специальные типы трансформаторов (пиковые, печные, испытательные, сварочные и др.) и кратко поясните их назначение.

Тема 2.2. Электрические машины переменного тока

В результате изучения темы **обучающийся должен:**

знать:

- устройство и принцип действия асинхронных электродвигателей;
- способы их пуска в зависимости от мощности;
- почему часто вращения ротора асинхронного двигателя меньше синхронной частоты вращения;
- методы регулировки частоты вращения асинхронного двигателя;
- устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока;
- способы пуска электродвигателей постоянного тока.

уметь:

- определять: тип, параметр двигателя по его маркировке частоту вращения ротора по значению скольжения и частоте тока в сети;
- подключать двигатель к сети и осуществлять его пуск и реверсирование;
- определить типы и параметры машины постоянного тока по их маркировке;
- строить характеристики генераторов постоянного тока по данным измерений;
- подключить двигатель к сети, осуществлять его пуск и регулировку частоты вращения.

Назначение машин переменного тока, их классификация. Вращающееся магнитное поле. Асинхронные двигатели. Конструкция асинхронных электродвигателей трехфазного тока. Синхронные машины, их устройство.

Вопросы для самоконтроля

1. Устройство асинхронного двигателя и назначение его составных частей. Почему двигатель называется асинхронным?
2. Объясните, как получается вращающееся магнитное поле.

3. Какие получаются синхронные скорости вращения при $f=50$ Гц и $p = 1; 2; 3; 4$.
4. Как определяется скольжение ротора? Характер его изменения с увеличением нагрузки на валу двигателя.
5. Как изменяются токи в обмотках статора и ротора с изменением нагрузки?
6. Чему равен момент двигателя? Как он зависит от подведенного к обмотке напряжения?
7. Нарисуйте векторную диаграмму роторной цепи двигателя, объясните по ней процесс пуска двигателя.
8. Нарисуйте энергетическую диаграмму асинхронного двигателя. Из чего складываются потери асинхронного двигателя?
9. Что такое пусковой ток и пусковой момент двигателя? Как производят увеличение пускового момента при одновременном снижении пускового тока?
10. Какими способами можно производить регулирование скорости асинхронного двигателя?
11. Как на практике производят реверсирование асинхронного двигателя?
12. Какие тормозные режимы двигателя вы знаете? Охарактеризуйте каждый из них.
13. Что такое коэффициент мощности асинхронного двигателя? Как он зависит от загрузки двигателя?
14. Как устроен однофазный двигатель? Чем он отличается от трехфазного?
15. От чего зависит направление вращения однофазного асинхронного двигателя?
16. Расскажите об устройстве синхронной машины и принципе ее действия.
17. Нарисуйте схему синхронной машины. Как происходит возбуждение синхронных генераторов?
18. Какой вид имеют внешняя и регулировочная характеристики синхронного генератора?
19. Какие виды потерь имеют место в синхронном генераторе? Как определяются КПД синхронного генератора?
20. Какие существуют способы включения синхронных генераторов в сеть?
21. Каковы условия параллельного включения трехфазных синхронных генераторов?
22. В чем заключается сущность метода самосинхронизации?
23. Назовите два основных режима параллельной работы синхронных генераторов.
24. Дайте принципиальную схему синхронного генератора с самовозбуждением (с полупроводниковыми выпрямителями) и, объясните порядок ее работы.
10. В чем заключаются конструктивные особенности синхронного двигателя?
11. Охарактеризуйте асинхронный способ пуска в ход синхронных двигателей.
 25. Какой вид имеют рабочие характеристики синхронного двигателя?
 26. Как влияет возбуждение синхронного двигателя на его коэффициент мощности?
15. Кратко охарактеризуйте следующие типы синхронных двигателей:
 27. а) реактивный синхронный двигатель;
 28. б) гистерезисный двигатель;
 29. в) синхронный компенсатор.

Тема 2.3. Электрические машины постоянного тока

В результате изучения темы **обучающийся должен:**

знать:

- устройство и принцип действия асинхронных электродвигателей;
- способы их пуска в зависимости от мощности;
- почему часто вращения ротора асинхронного двигателя меньше синхронной частоты вращения;
- методы регулировки частоты вращения асинхронного двигателя;
- устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока;
- способы пуска электродвигателей постоянного тока.

уметь:

- определять: тип, параметр двигателя по его маркировке частоту вращения ротора по значению скольжения и частоте тока в сети;
- подключать двигатель к сети и осуществлять его пуск и реверсирование;
- определить типы и параметры машины постоянного тока по их маркировке;
- строить характеристики генераторов постоянного тока по данным измерений;
- подключить двигатель к сети, осуществлять его пуск и регулировку частоты вращения.

Общие сведения об однофазных электродвигателях: схемы включения, область применения. Классификация машин постоянного тока по способу возбуждения. Назначение машин постоянного тока, основные элементы конструкции и их назначение. Принцип работы. Обратимость машин. Генераторы постоянного тока. Схемы включения, характеристики и область применения. Электродвигатели постоянного тока. Схемы включения, характеристики и область применения.

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение и устройство машин постоянного тока.
2. Объясните принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Напишите формулы, связывающие ЭДС и напряжение на зажимах генератора и двигателя.
3. В чем сущность обратимости машин постоянного тока?
4. Каково назначение индуктора, якоря и коллектора в генераторе и двигателе постоянного тока?
5. Как определяется момент на валу электрической машины? От каких величин он зависит?
6. В чем принцип самовозбуждения машин постоянного тока? Перечислите основные причины, по которым генератор может не возбудиться.
7. От чего зависят электрические потери в машинах постоянного тока? Как определяется КПД двигателя?
8. Объясните, почему при увеличении нагрузки на валу двигателя увеличивается ток, потребляемый двигателем из сети?
9. Какой вид имеет характеристика холостого хода и внешняя у генератора с параллельным возбуждением?
10. Объясните назначение пускового реостата у двигателя постоянного тока.
11. Назовите три способа регулирования скорости двигателей постоянного тока (из формулы определения скорости двигателя).
12. Напишите основное уравнение равновесия двигателя в установившемся режиме. Из чего складывается статический момент сопротивления на валу двигателя?
13. Поясните условия устойчивой работы двигателя.
14. Какие необходимо выполнить условия для включения генераторов на параллельную работу?
16. Расскажите устройство, и принцип действия электромашинного усилителя с поперечным полем. Где он наиболее применим?

16. Как определяется коэффициент усиления ЭМУ и в каких пределах он находится?
17. Назовите основные элементы системы генератор-двигатель (ГД).
18. Как происходит процесс регулирования скорости двигателя в системе Г—Д?

Раздел 3. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

В результате изучения темы **обучающийся должен:**

знать:

- параметры полупроводниковых приборов по их характеристикам;
- принцип работы полупроводникового диода и его применение;
- принцип работы биполярного транзистора, его схемы включения и применение;
- принцип работы полевого транзистора, его отличия от биполярного;
- принцип работы и применение тиристоров;
- структурную схему выпрямительного устройства;
- виды схем выпрямления, их принципы работы и параметры;
- схемы стабилизаторов и их принцип работы;
- схемы сглаживающих фильтров и их назначение;

уметь:

- определять типы проводниковых приборов по их маркировке;
- производить измерения токов и напряжений при снятии входных и выходных характеристики биполярных транзисторов;
- составлять схемы одно - двухполупериодных выпрямителей;
- изображать графики выпрямительных токов и напряжений для различных типов выпрямителей;
- объяснить работу различных сглаживающих фильтров, работу электронных стабилизаторов напряжения тока.

Тема 3.1. Основы электроники.

Физические основы работы полупроводниковых приборов. Полупроводниковые приборы. Электронные устройства.

Контрольная работа

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

Каждый студент выполняет вариант контрольной работы в зависимости от номера по списку в журнале.

Таблица 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
номер по списку	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
номер по списку	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Задача 1.

Условные обозначения:

I – сила тока, А (ампер);

U – напряжение, В (вольт);

R – активное сопротивление участка цепи (резистора), Ом.

Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов определить:

- 1) эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{экв}}$ относительно зажимов АВ;
- 2) Ток или напряжение (U или I по варианту)
- 3) мощность, потребляемую всей цепью P ;
- 4) расход электрической энергии W цепи за 8 ч. работы.

Номер рисунка и величина одного из заданных токов или напряжений приведены в табл.2.

Индекс тока или напряжения совпадает с индексом, резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует указанное напряжение. Например, через резистор R_3 проходит ток I_3 и на нем действует напряжение U_3

Таблица 2

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер рисунка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задаваемая величина	$I=12\text{ A}$	$I=15\text{ A}$	$U=30\text{ В}$	$U=24\text{ В}$	$I=10\text{ A}$	$U=100\text{ В}$	$I=4\text{ A}$	$I=12\text{ A}$	$I=5\text{ A}$	$U=24\text{ В}$
Номер варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Номер рисунка	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Задаваемая величина	$I=15\text{ A}$	$I=12\text{ A}$	$U=24\text{ В}$	$U=30\text{ В}$	$I=6\text{ A}$	$U=40\text{ В}$	$I=10\text{ A}$	$I=5\text{ A}$	$I=12\text{ A}$	$U=108\text{ В}$

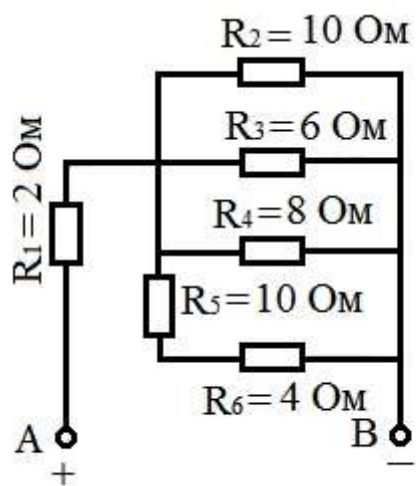


Рис. 1

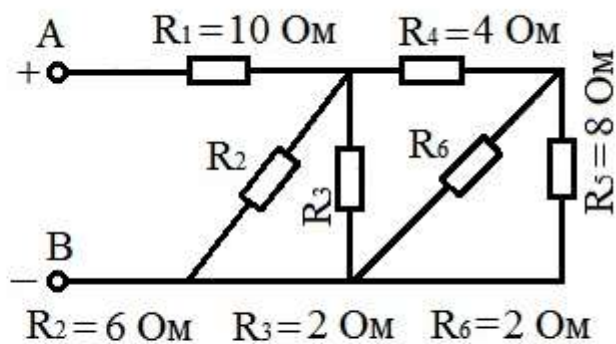


Рис. 2

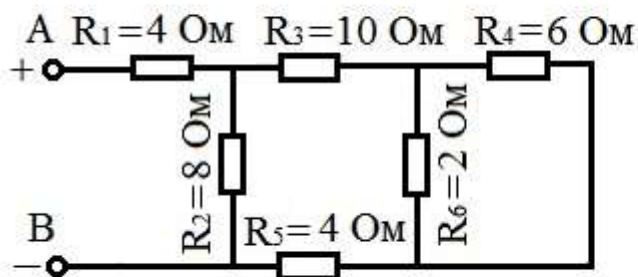


Рис. 3

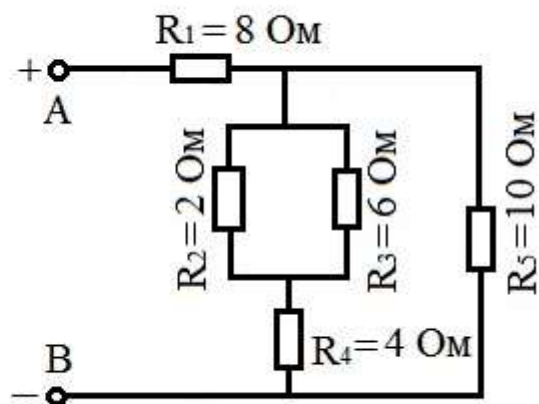
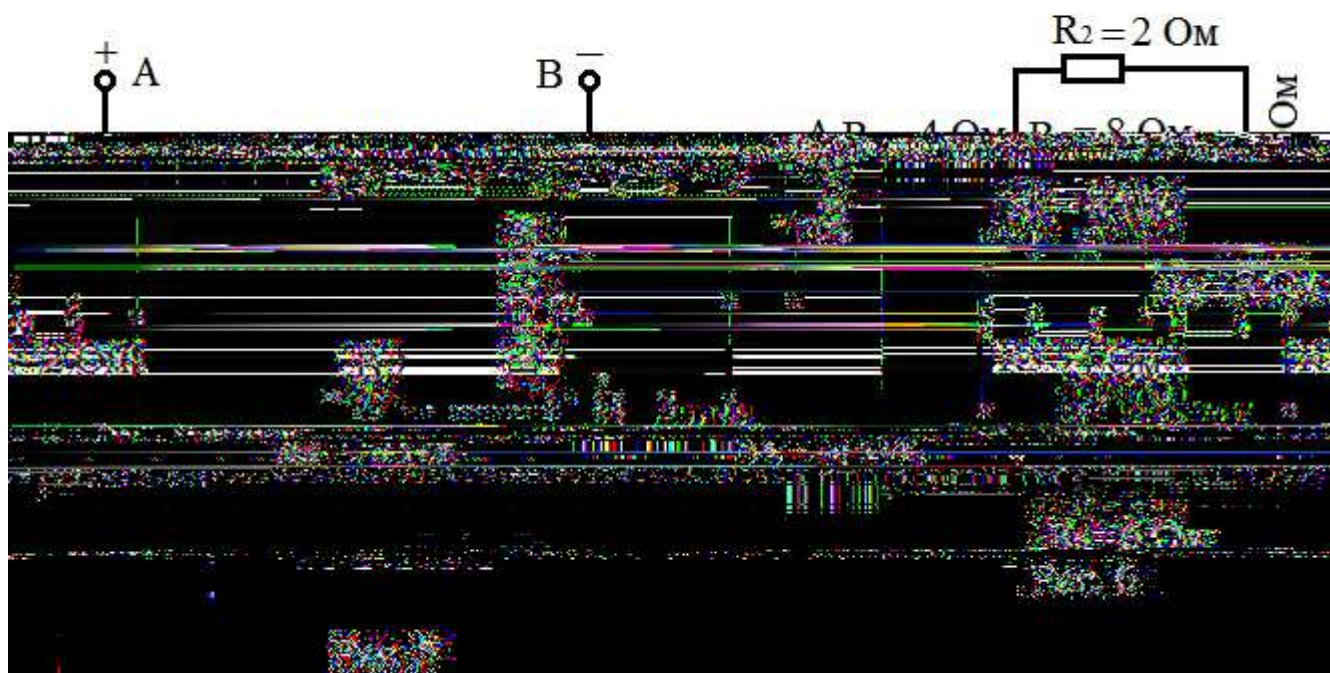
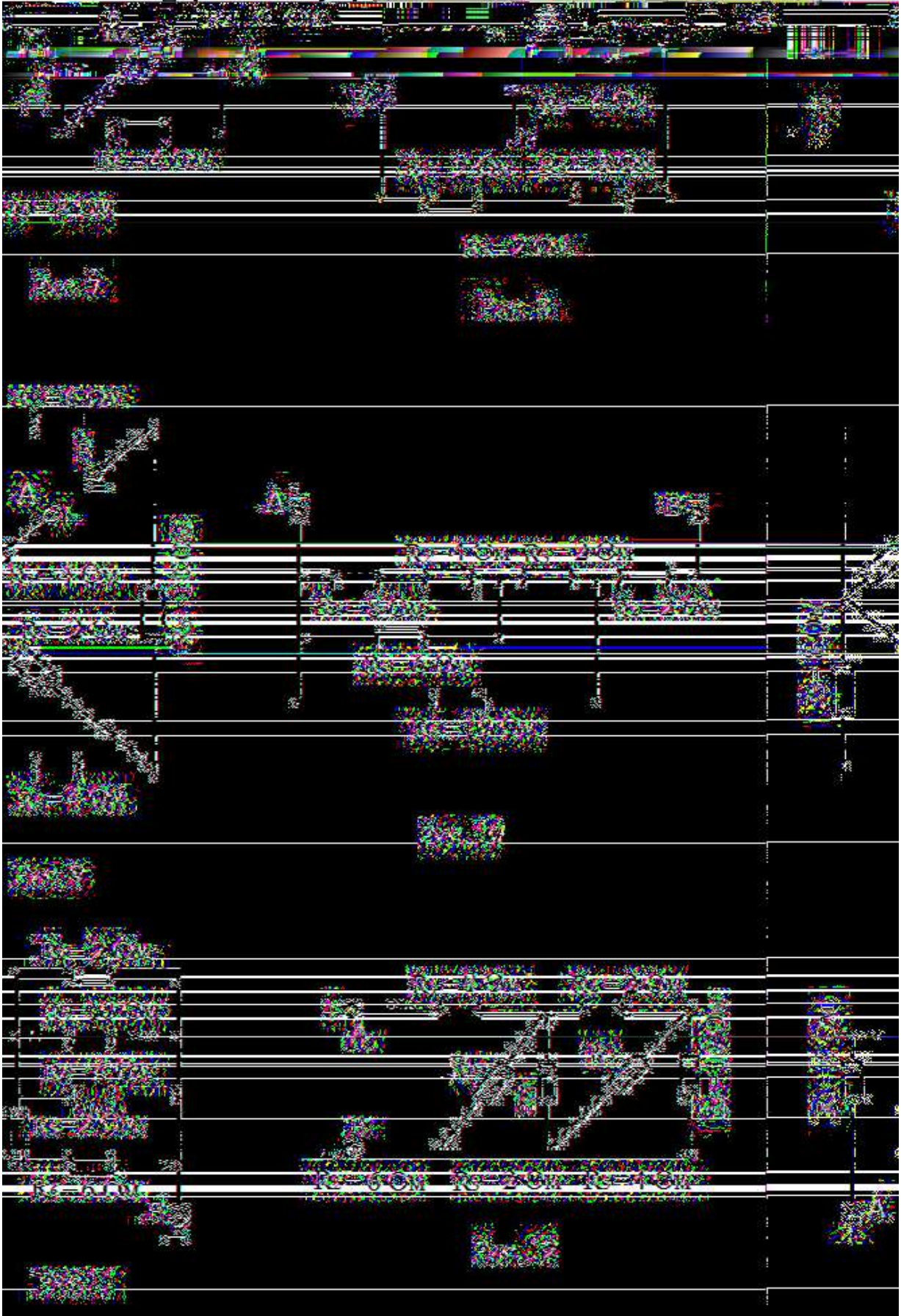


Рис. 4





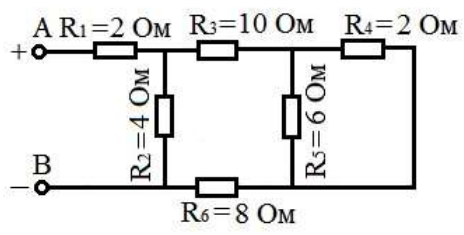


Рис. 13

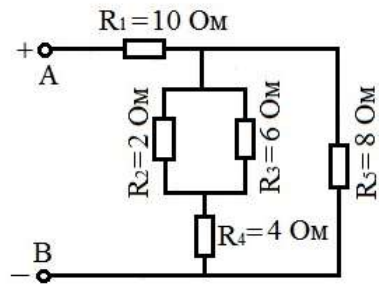
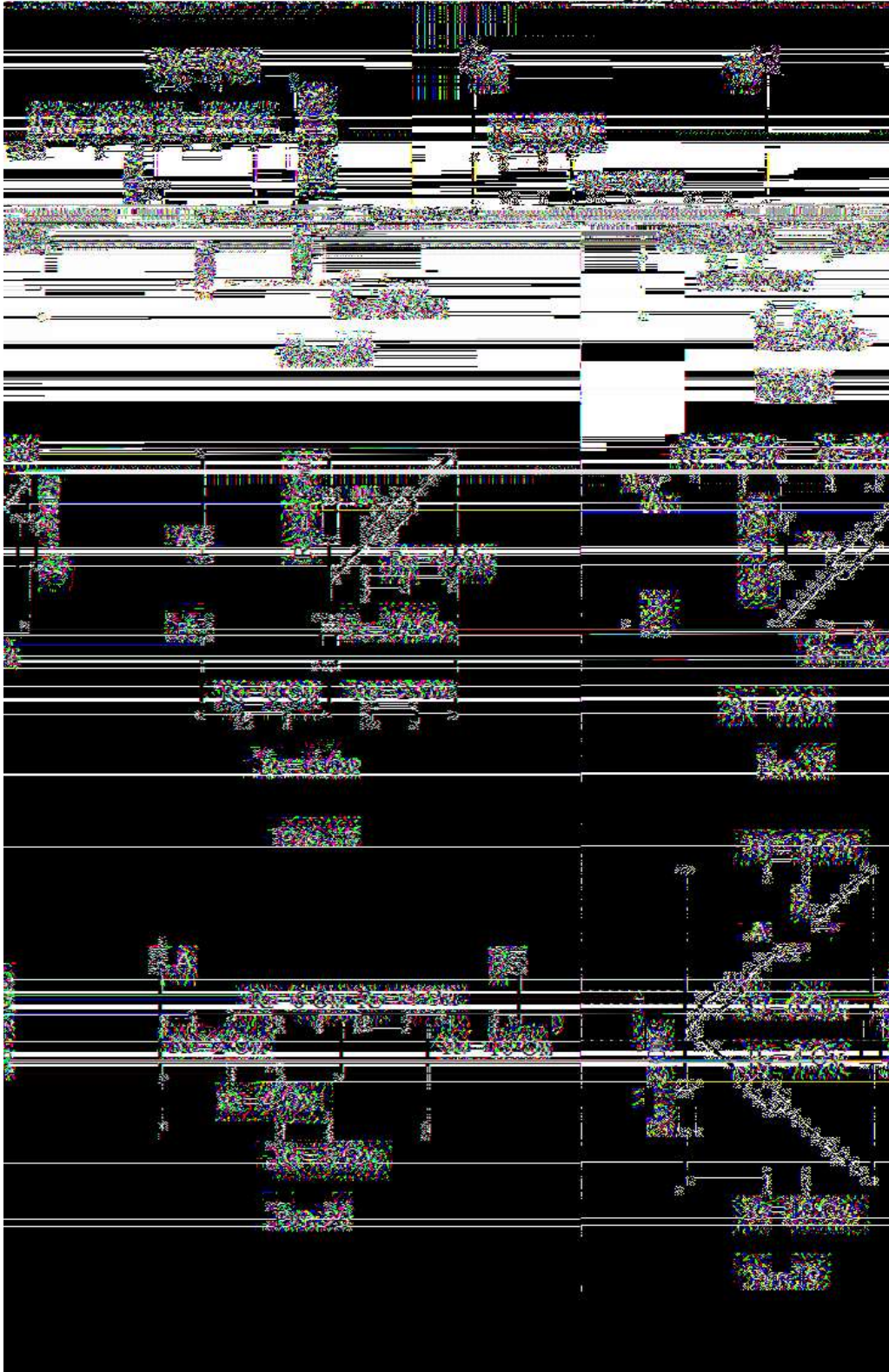


Рис. 14



Задача 2.

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. 3.

Условные обозначения:

- I – сила тока, А (ампер);
- U – напряжение, В (вольт);
- R – активное сопротивление участка цепи (резистора), Ом;
- X_L – реактивное индуктивное сопротивление участка цепи (катушки), Ом;
- X_C – реактивное емкостное сопротивление участка цепи (конденсатора), Ом;
- P – активная мощность цепи;
- Q – реактивная мощность цепи;
- S – полная мощность цепи.

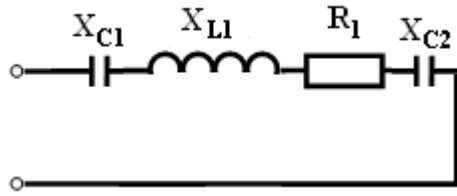
Начертить схему цепи и определить следующие величины:

1. полное, сопротивление цепи **Z**;
2. напряжение **U**, приложенное к цепи;
3. ток **I**;
4. угол сдвига фаз **cosφ**(по величине и знаку);
5. активную **P**, реактивную **Q** и полную **S** мощности цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить её построение.

Таблица 3

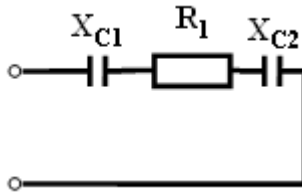
Номер вар.	Номер рис.	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	X _{L1} , Ом	X _{L2} , Ом	X _{C1} , Ом	X _{C2} , Ом	Дополнительный параметр
1	21	12	—	4	—	12	8	U= 40 В
2	22	6	2	6	—	—	—	I = 5 А
3	23	3	1	5	—	6	2	U= 40 В
4	24	4	—	6	—	3	—	I = 5 А
5	25	4	2	12	—	4	—	U= 60 В
6	26	16	—	—	—	4	8	I = 10 А
7	27	4	8	10	6	—	—	U= 30 В
8	28	3	—	10	12	26	—	I = 3 А
9	29	40	—	30	20	12	8	U= 50 В
10	30	4	4	—	2	8	—	I =2 А
11	31	12	-	-	4	12	8	U= 40 В.
12	32	12	-	4	4	-	8	I= 5 А.
13	33	-	8	4	4	6	8	U= 50 В.
14	34	-	6	6	6	-	4	I = 5 А
15	35	-	12	4	4	-	24	U= 60 В
16	36	-	4	-	16	9	4	I = 10 А
17	37	-	8	5	-	9	2	U= 100 В
18	38	-	12	-	-	10	6	I = 3А
19	39	3	5	-	6	-	-	U= 50 В
20	40	-	6	4	-	12	-	I = 5 А

Рис.21



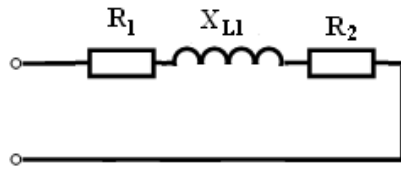
$R_1 = 12 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , X_{C1} = 12 \text{ Ом} , X_{C2} = 8 \text{ Ом} , U = 40 \text{ В}$

Рис. 22



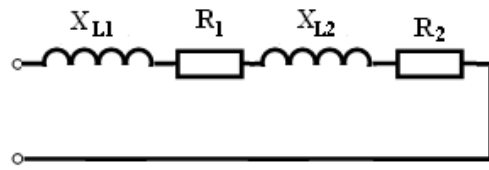
$R_1 = 12 \text{ Ом} , X_{C1} = 12 \text{ Ом} , X_{C2} = 8 \text{ Ом} , I = 5 \text{ А}$

Рис. 23



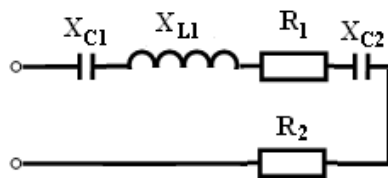
$R_1 = 12 \text{ Ом} , R_2 = 12 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , U = 40 \text{ В}$

Рис. 24



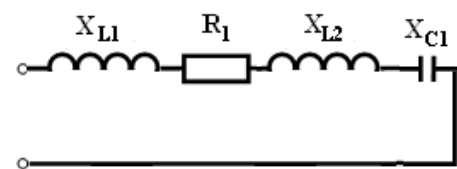
$R_1 = 12 \text{ Ом} , R_2 = 12 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , X_{L2} = 4 \text{ Ом} , I = 5 \text{ А}$

Рис.25



$R_1 = 12 \text{ Ом} , R_2 = 12 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , X_{C1} = 12 \text{ Ом} , X_{C2} = 8 \text{ Ом} , U = 60 \text{ В}$

Рис. 26



$R_1 = 12 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , X_{L2} = 4 \text{ Ом} , X_{C1} = 12 \text{ Ом} , I = 10 \text{ А}$

Рис. 27

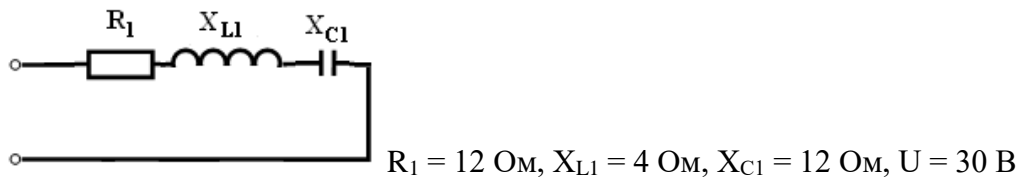


Рис. 28

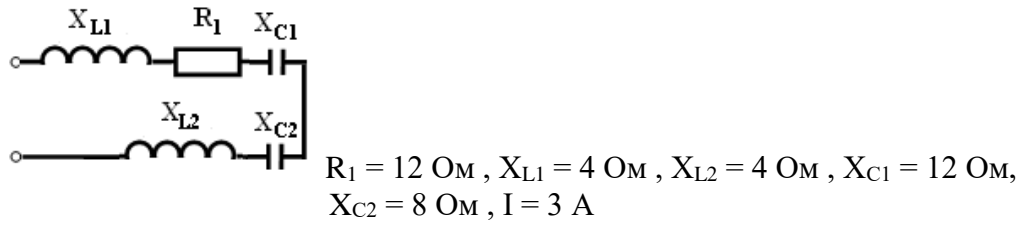


Рис. 29

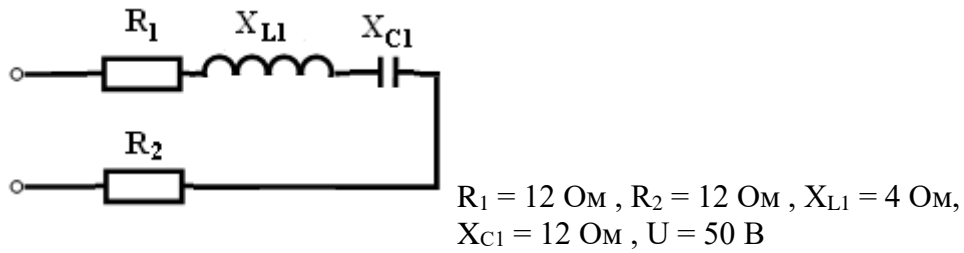


Рис. 30

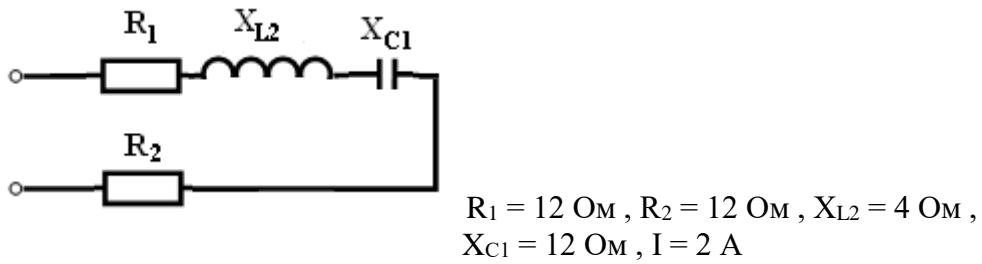


Рис. 31

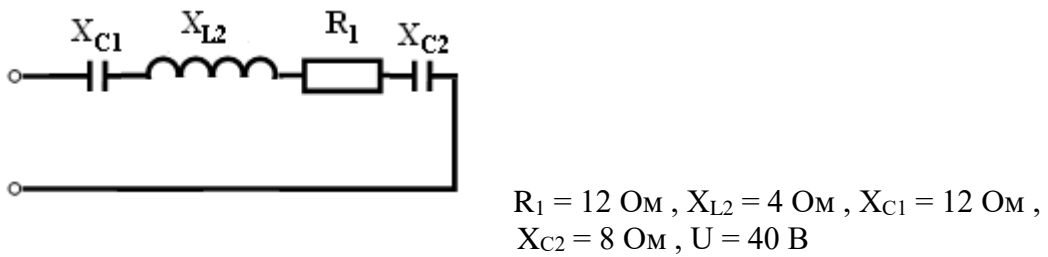


Рис. 32

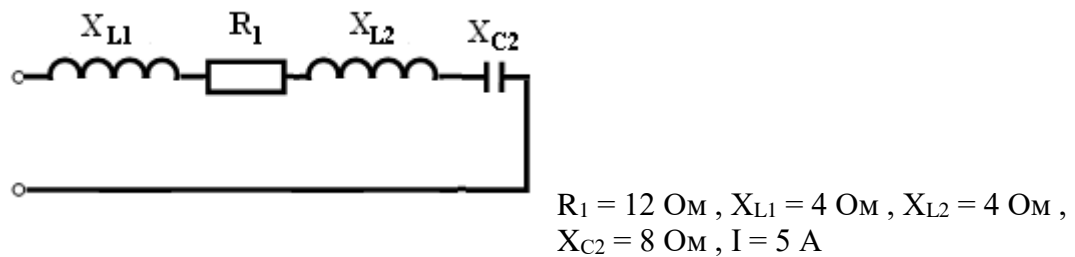
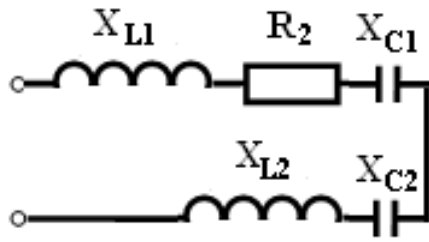
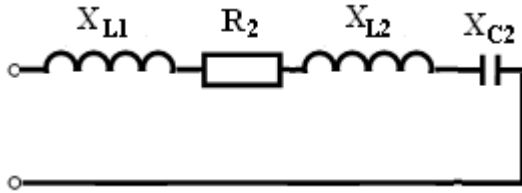


Рис. 33



$R_2 = 8 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , X_{L2} = 4 \text{ Ом} ,$
 $X_{C1} = 6 \text{ Ом} , X_{C2} = 8 \text{ Ом} , U = 50 \text{ В}$

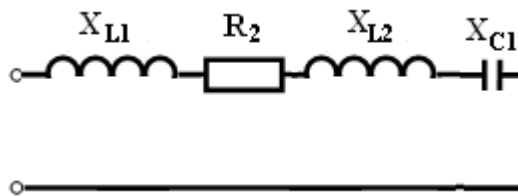
Рис. 34



$X_{C2} = 4 \text{ Ом} , I = 5 \text{ А}$

$R_2 = 6 \text{ Ом} , X_{L1} = 6 \text{ Ом} , X_{L2} = 6 \text{ Ом} ,$

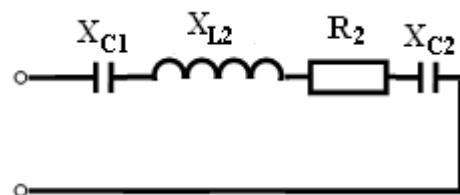
Рис. 35



$X_{C1} = 24 \text{ Ом} , U = 60 \text{ В}$

$R_2 = 12 \text{ Ом} , X_{L1} = 4 \text{ Ом} , X_{L2} = 4 \text{ Ом} ,$

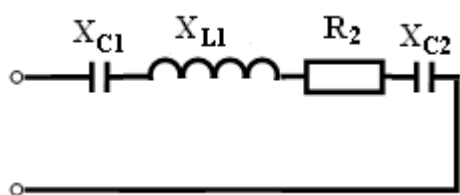
Рис. 36



$I = 10 \text{ А}$

$R_2 = 4 \text{ Ом} , X_{L2} = 16 \text{ Ом} , X_{C1} = 9 \text{ Ом} , X_{C2} = 4 \text{ Ом} ,$

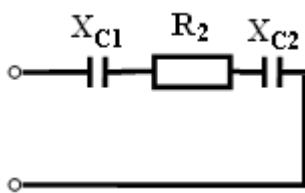
Рис. 37



$X_{C2} = 2 \text{ Ом} , U = 100 \text{ В}$

$R_2 = 8 \text{ Ом} , X_{L1} = 5 \text{ Ом} , X_{C1} = 9 \text{ Ом} ,$

Рис. 38



$R_2 = 12 \text{ Ом} , X_{C1} = 10 \text{ Ом} , X_{C2} = 6 \text{ Ом} , I = 3 \text{ А}$

Рис. 39

1	41	2	3	-	-	-	6	U= 60 B
2	42	6	-	4	-	4	-	I= 5 A
3	43	2	3	6	3	-	6	U= 60 B
4	44	4	4	-	3	-	-	I= 5 A
5	45	2	-	-	-	-	4	I= 5 A
6	46	16	32	12	24	-	-	U= 60 B
7	47	8	6	-	8	6	-	I= 5 A
8	48	4	3	-	4	-	-	U= 50 B
9	49	4	-	-	-	-	6	I= 10 A
10	50	4	3	8	3	-	-	U= 100 B
11	51	8	6	-	-	-	6	I= 6 A
12	52	8	-	8	-	-	6	U= 40 B
13	53	8	6	3	8	-	6	I= 5 A
14	54	4	4	-	3	-	-	U= 60 B
15	55	2	-	-	-	-	4	U= 120 B
16	56	16	32	12	24	-	-	I= 3 A
17	57	8	6	-	8	6	-	U= 60 B
18	58	2	3	-	-	4	-	I= 5 A
19	59	48	-	64	-	-	60	I= 2 A
20	60	20	32	4	3	-	6	U= 160 B

Рис. № 41

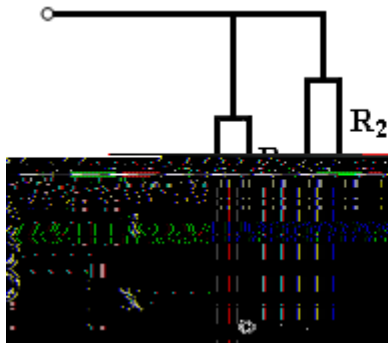


Рис. № 42

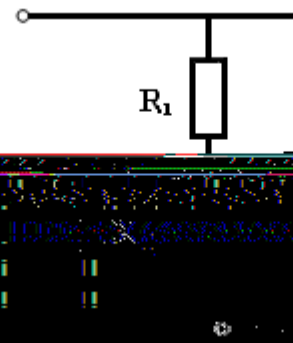
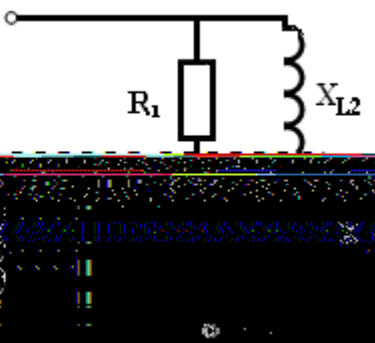


Рис. № 43



$R_1 = 2 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 6 \text{ Ом}$

$R_1 = 6 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 4 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = 4 \text{ Ом},$

$R_1 = 2 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = 6 \text{ Ом}, X_{L2} = 3 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 6 \text{ Ом}$

Рис. № 4 4

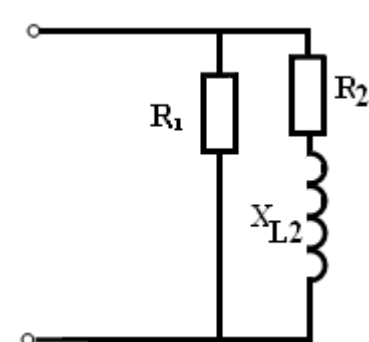


Рис. № 45

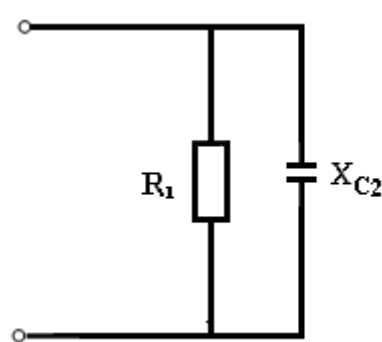
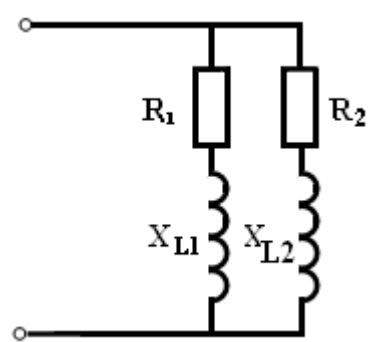
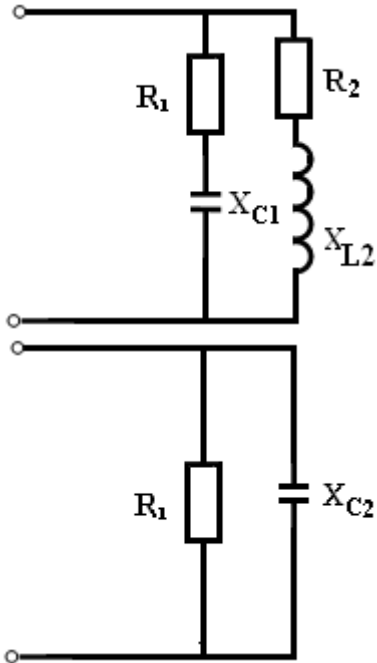


Рис. №4 6



$R_1 = 4 \text{ Ом}, R_2 = 4 \text{ Ом},$
 $X_{L2} = 3 \text{ Ом}$
 Ом

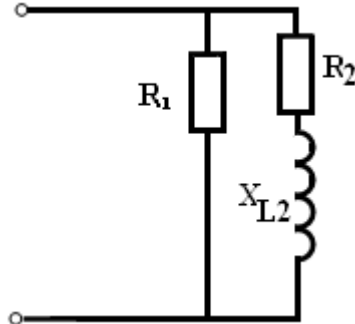
Рис. № 47



$R_1 = 8 \text{ Ом}, R_2 = 6 \text{ Ом},$
 $X_{C1} = 6 \text{ Ом}, X_{L2} = 8 \text{ Ом}$

$R_1 = 2 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 4 \text{ Ом}$

Рис. № 48



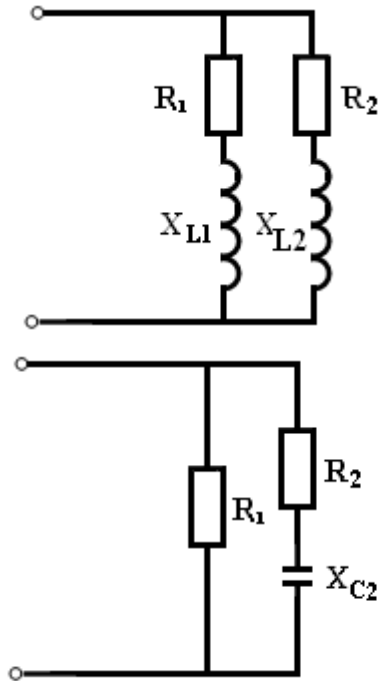
$R_1 = 4 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом},$
 $X_{L2} = 4 \text{ Ом}$

$R_1 = 16 \text{ Ом}, R_2 = 32 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = 12 \text{ Ом}, X_{L2} = 24$

Рис. № 49

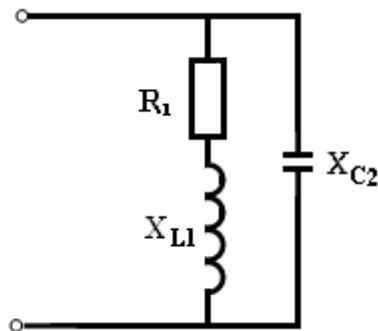
$R_1 = 4 \text{ Ом}, X_{C2} = 6 \text{ Ом}$

Рис. 50



$R_1 = 4 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = 8 \text{ Ом}, X_{L2} = 3 \text{ Ом}$

Рис. № 51

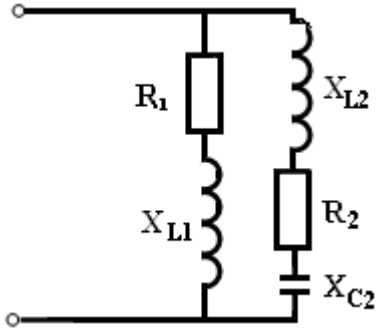


$R_1 = 8 \text{ Ом}, R_2 = 6 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 6 \text{ Ом}$

Рис. № 52

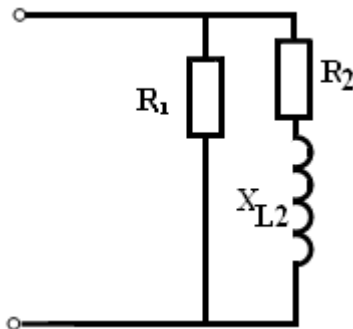
$R_1 = 8 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 6 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = 8 \text{ Ом}$

Рис. № 53



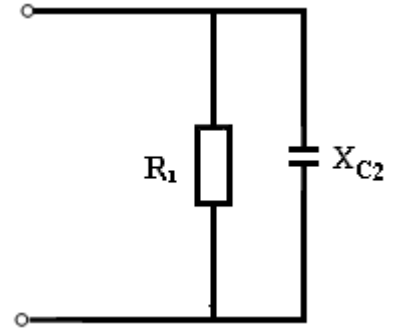
$R_1 = 8 \text{ Ом}, R_2 = 6 \text{ Ом},$
 $X_{C2} = 6 \text{ Ом}, X_{L1} = 3 \text{ Ом},$
 $X_{L2} = 8 \text{ Ом}$

Рис. № 54



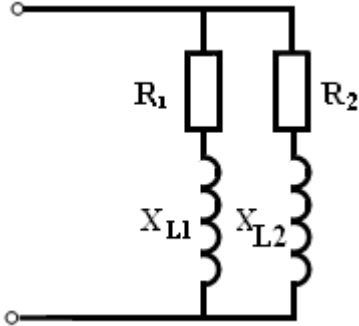
$R_1 = 4 \text{ Ом}, R_2 = 4 \text{ Ом},$
 $X_{L2} = 3 \text{ Ом}$

Рис. № 55



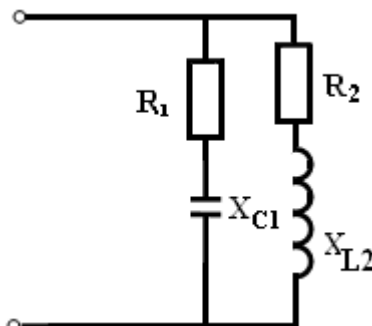
$R_1 = 2 \text{ Ом}, X_{C2} = 4 \text{ Ом}$

Рис. № 56



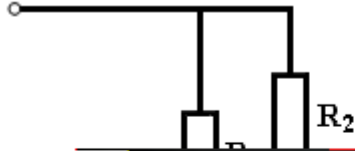
$R_1 = 16 \text{ Ом}, R_2 = 32 \text{ Ом}$
 $X_{L1} = 12 \text{ Ом}, X_{L2} = 24 \text{ Ом}$

Рис. № 57



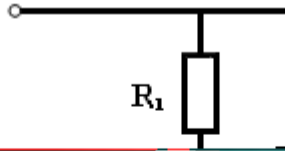
$R_1 = 8 \text{ Ом}, R_2 = 6 \text{ Ом}$
 $X_{C1} = 6 \text{ Ом}, X_{L2} = 8 \text{ Ом}$

Рис. № 58



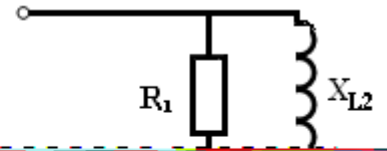
$R_1 = 2 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом}$
 $R_2 = 32 \text{ Ом}$
 $X_{C1} = 4 \text{ Ом}$

Рис. № 59



$R_1 = 48 \text{ Ом}$
 $X_{L1} = 64 \text{ Ом}$
 $X_{C2} = 60 \text{ Ом}$

Рис. № 60



$R_1 = 20 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = 4 \text{ Ом}, X_{L2} = 3 \text{ Ом}$
 $X_{C2} = 6 \text{ Ом}$

Задача 4.

Условные обозначения:

I – сила тока, А (ампер);

U_N – номинальное напряжение сети, В (вольт);

R_A – активное сопротивление участка цепи по фазе А, Ом;

R_B – активное сопротивление участка цепи по фазе В, Ом;

R_C – активное сопротивление участка цепи по фазе С, Ом;

X_A – реактивное сопротивление участка цепи по фазе А, Ом;

X_B – реактивное сопротивление участка цепи по фазе В, Ом;

X_C – реактивное сопротивление участка цепи по фазе С, Ом.

Z – полное сопротивление цепи, Ом;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;

φ – угол отклонения вектора тока или напряжения от оси, находится по таблице Брадиса;

P – активная мощность цепи;

Q – реактивная мощность цепи;

S – полная мощность цепи.

А – фаза А;

В – фаза В;

С – фаза С;

N – нулевой провод.

В трёхфазную четырёхпроводную сеть с линейным напряжением U_N включили звездой разные по характеру сопротивления» Определить линейные токи и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовое значение тока в нулевом проводе.

Таблица 5

№№ варианта	№№ рисунков	U_N , В	№№ варианта	№№ рисунков	U_N , В	№№ варианта	№№ рисунков	U_N , В	№№ варианта	№№ рисунков	U_N , В
1	61	380	6	66	380	11	71	380	16	76	380
2	62	660	7	67	660	12	72	660	17	77	660
3	63	380	8	68	380	13	73	380	18	78	380
4	64	220	9	69	220	14	74	220	19	79	220
5	65	380	10	70	380	15	75	380	20	80	380

Определить: активную P , реактивную Q и полную S мощности, потребляемые всей цепью.

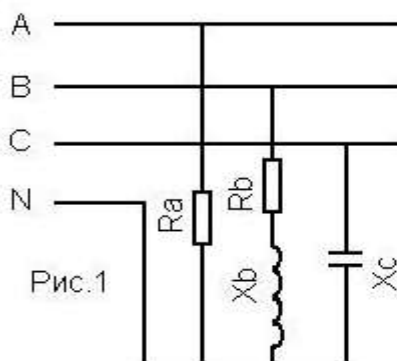


Рис. 61

$R_a = 10 \text{ Ом}; X_b = 4 \text{ Ом};$

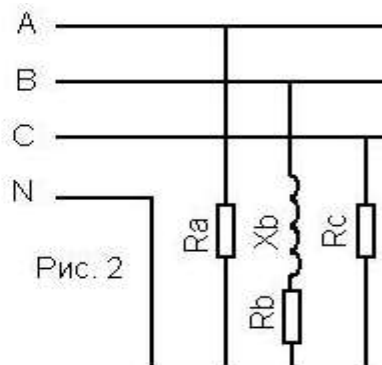


рис. 62

$R_a = 10 \text{ Ом}; R_b = 8 \text{ Ом};$

$R_b = 3 \text{ Ом}; X_c = 10 \text{ Ом}$

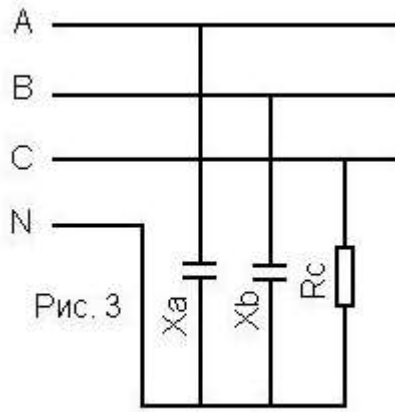


Рис. 3

Рис.63

$X_a = 20 \text{ Ом}; X_b = 38 \text{ Ом};$
 $R_c = 38 \text{ Ом}$

$X_b = 6 \text{ Ом}; R_c = 12 \text{ Ом}$

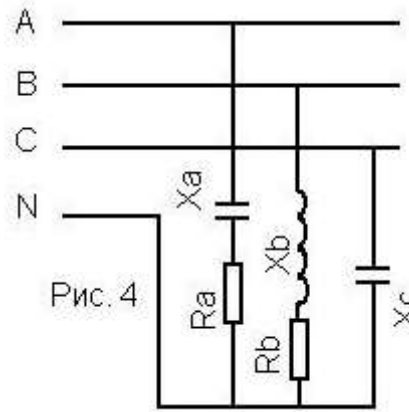


Рис. 4

рис.64

$R_a = 16 \text{ Ом}; X_a = 12 \text{ Ом};$
 $R_b = 12 \text{ Ом}; X_b = 16 \text{ Ом}$
 $X_c = 20 \text{ Ом}$

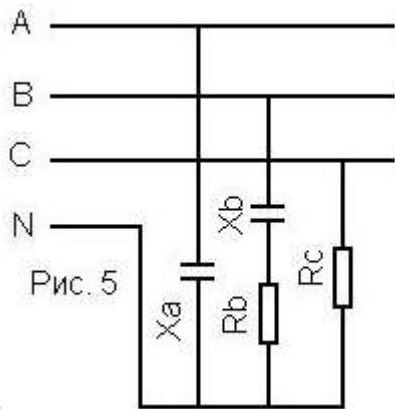


Рис. 5

Рис. 65

$X_a = 8 \text{ Ом}; R_b = 6 \text{ Ом};$
 $X_b = 4 \text{ Ом}; R_c = 10 \text{ Ом}$

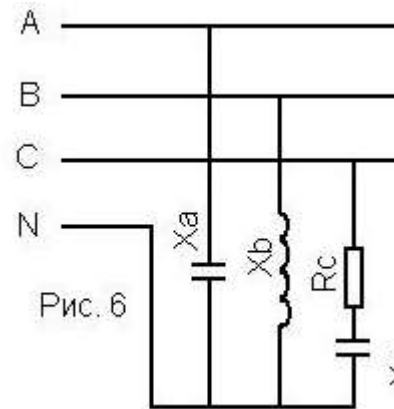


Рис. 6

рис. 66

$X_a = 10 \text{ Ом}; X_b = 8 \text{ Ом};$
 $X_c = 4 \text{ Ом}; R_c = 8 \text{ Ом}$

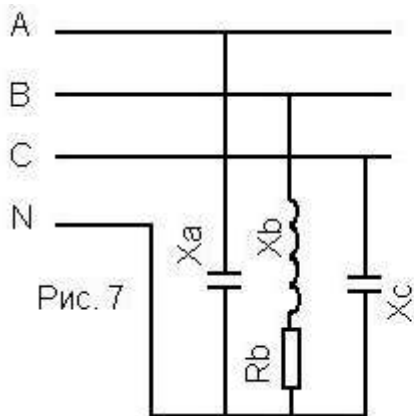


Рис. 7

Рис. 67

$X_a = 2 \text{ Ом}; R_b = 2 \text{ Ом};$
 $X_b = 6 \text{ Ом}; X_c = 6 \text{ Ом}$

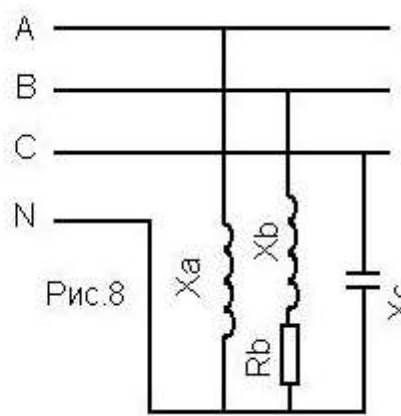


Рис. 8

рис. 68

$X_a = 4 \text{ Ом}; R_b = 6 \text{ Ом};$
 $X_b = 4 \text{ Ом}; X_c = 6 \text{ Ом}$

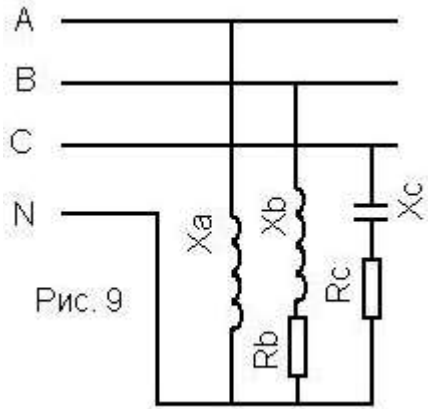


Рис. 9

Рис.69

$X_a = 6 \text{ Ом}; R_b = 6 \text{ Ом};$
 $X_b = 2 \text{ Ом}; R_c = 8 \text{ Ом};$
 $X_c = 6 \text{ Ом}$

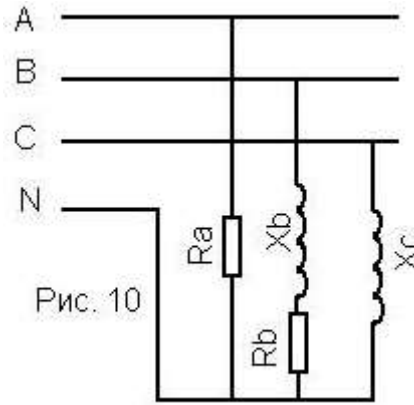


Рис. 10

рис. 70

$R_a = 6 \text{ Ом}; R_b = 10 \text{ Ом};$
 $X_b = 6 \text{ Ом}; X_c = 12 \text{ Ом}$

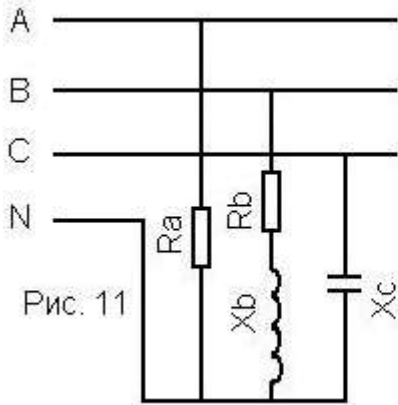


Рис. 11

Рис.71

$R_a = 10 \text{ Ом}; R_b = 10 \text{ Ом};$
 $X_b = 2 \text{ Ом}; X_c = 10 \text{ Ом}$

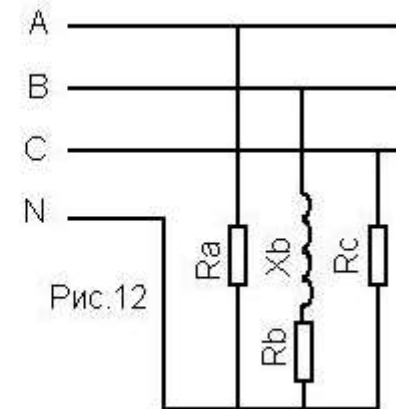


Рис.12

рис.. 72

$R_a = 10 \text{ Ом}; R_b = 4 \text{ Ом};$
 $X_b = 2 \text{ Ом}; R_c = 8 \text{ Ом}$

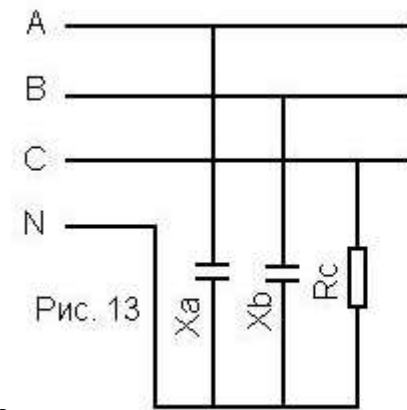


Рис. 13

Рис. 73

$X_a = 2 \text{ Ом}; X_b = 4 \text{ Ом};$
 $R_c = 4 \text{ Ом}$

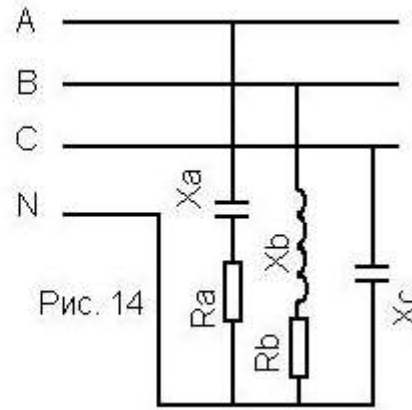


Рис. 14

рис. 74

$R_a = 8 \text{ Ом}; X_a = 6 \text{ Ом};$
 $R_b = 6 \text{ Ом}; X_b = 2 \text{ Ом};$
 $X_c = 4 \text{ Ом}$

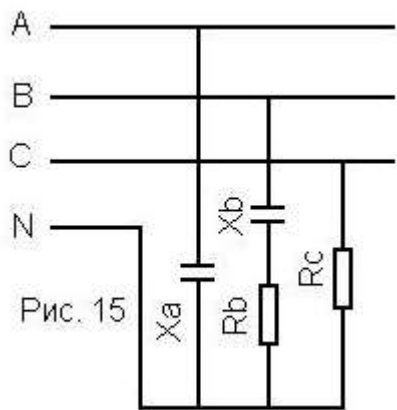


Рис. 75

$X_a = 10 \text{ Ом}; R_b = 8 \text{ Ом};$
 $X_b = 4 \text{ Ом}; R_c = 8 \text{ Ом}$

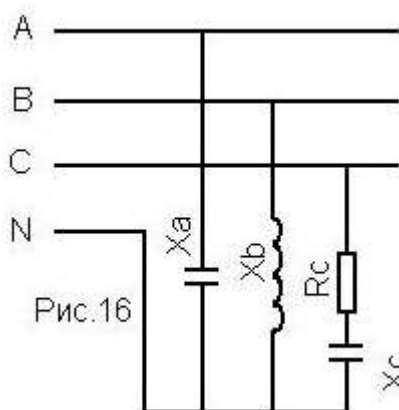


Рис.16

рис. 76

$X_a = 6 \text{ Ом}; X_b = 6 \text{ Ом};$
 $R_c = 8 \text{ Ом}; X_c = 10 \text{ Ом}$

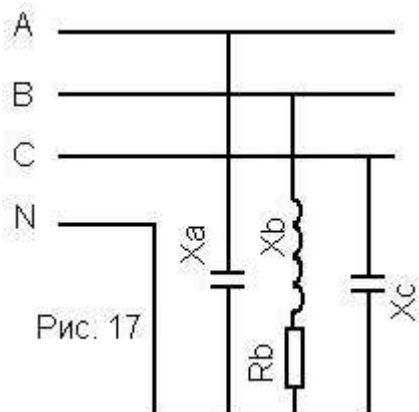


Рис. 17

Рис.77

$X_a = 8 \text{ Ом}; R_b = 6 \text{ Ом};$
 $X_b = 4 \text{ Ом}; X_c = 10 \text{ Ом}$

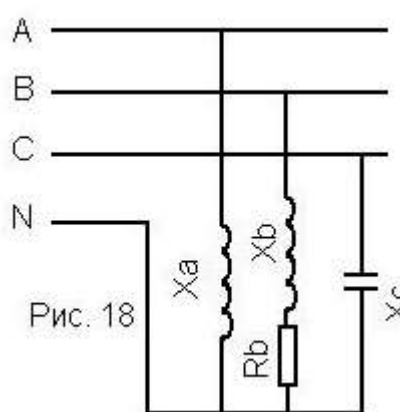


Рис. 18

рис. 78

$X_a = 10 \text{ Ом}; R_b = 8 \text{ Ом};$
 $X_b = 4 \text{ Ом}; X_c = 8 \text{ Ом}$

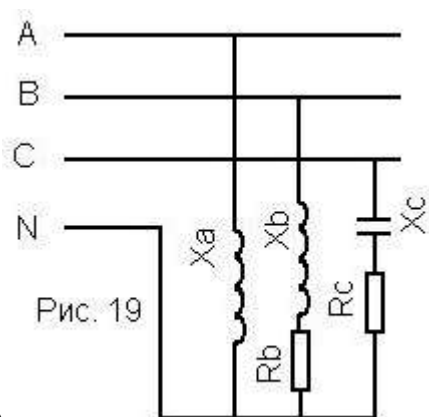


Рис. 19

Рис. 79

$X_a = 6 \text{ Ом}; R_b = 6 \text{ Ом};$
 $X_b = 8 \text{ Ом}; R_c = 10 \text{ Ом};$
 $X_c = 6 \text{ Ом}$

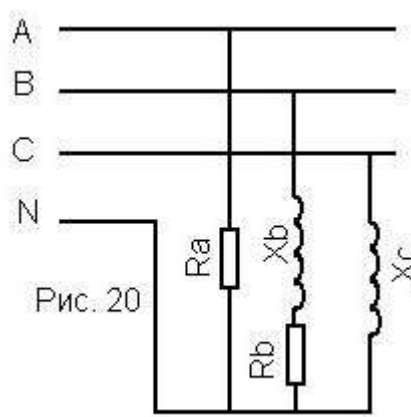


Рис. 20

рис. 80

$R_a = 8 \text{ Ом}; R_b = 6 \text{ Ом};$
 $X_b = 4 \text{ Ом}; X_c = 10 \text{ Ом}$

Задача 5.

Условные обозначения:

I – сила тока, А (ампер);

$U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение сети, В (вольт);

R_{AB} – активное сопротивление участка цепи между фазами А и В, Ом;

R_{BC} – активное сопротивление участка цепи между фазами В и С, Ом;

R_{CA} – активное сопротивление участка цепи между фазами С и А, Ом;

X_{AB} – реактивное сопротивление участка цепи между фазами А и В, Ом;

X_{BC} – реактивное сопротивление участка цепи между фазами В и С, Ом;

X_{CA} – реактивное сопротивление участка цепи между фазами С и А, Ом.

Z – полное сопротивление цепи, Ом;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;

φ – угол отклонения вектора тока или напряжения от оси, находится по таблице Брадиса;

P – активная мощность цепи;

Q – реактивная мощность цепи;

S – полная мощность цепи.

А – фаза А; В – фаза В; С – фаза С.

В трёхфазную трёхпроводную сеть с линейным напряжением $U_{ном}$ включены треугольником разные по характеру сопротивления. Определить фазные и линейные токи, активную P , реактивную Q и полную S мощности потребляемой всей цепью. Начертить векторную диаграмму цепи и по ней определить числовые значения линейных токов.

Таблица 6

№ варианта	№ рисунка	$U_{ном}$	№ варианта	№ рисунка	$U_{ном}$	№ варианта	№ рисунка	$U_{ном}$	№ варианта	№ рисунка	$U_{ном}$
1	81	380	6	86	380	11	91	380	16	96	380
2	82	220	7	87	220	12	92	220	17	97	220
3	83	380	8	88	380	13	93	380	18	98	380
4	84	220	9	89	220	14	94	220	19	99	220
5	85	220	10	90	220	15	95	220	20	100	220

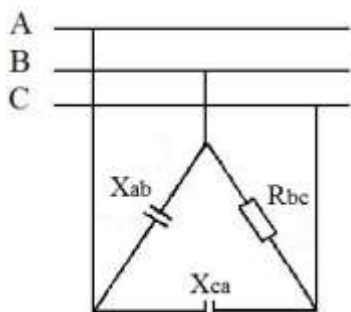


Рис. 1

Рис. 81

$X_{ab}=10$ Ом; $R_{bc}=4$ Ом;
 $X_{ca}=10$ Ом

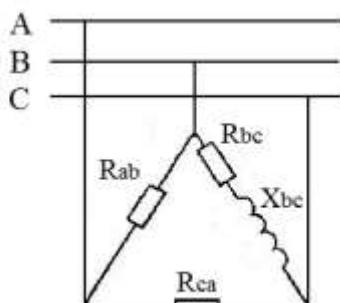


Рис. 2

рис. 82

$R_{ab}=10$ Ом; $R_{bc}=8$ Ом;
 $X_{bc}=6$ Ом; $R_{ca}=12$ Ом

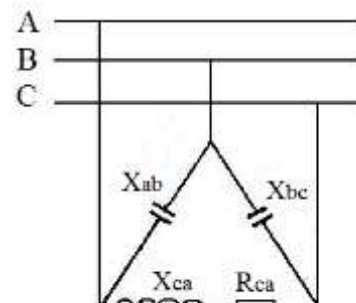


Рис. 3

рис. 83

$X_{ab}=20$ Ом; $X_{bc}=38$ Ом;
 $R_{ca}=38$ Ом; $X_{ca}=12$ Ом

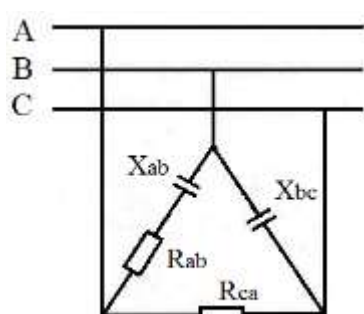


Рис. 4

Рис. 84

$R_{ab}=16$ Ом; $X_{ab}=12$ Ом;

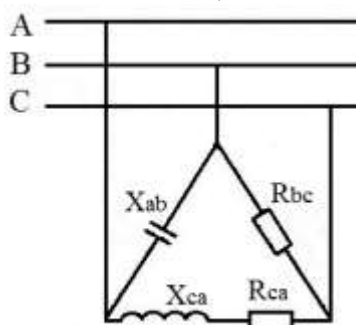


Рис. 5

рис. 85

$X_{ab}=8$ Ом; $R_{bc}=6$ Ом;

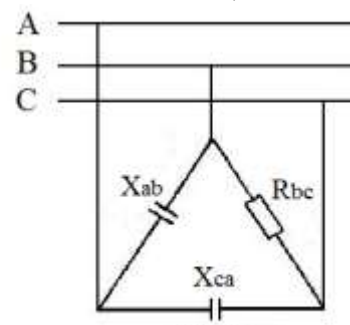


Рис. 6

рис. 86

$X_{ab}=10$ Ом; $R_{bc}=8$ Ом;

$X_{bc} = 12 \text{ Ом}; R_{ca} = 16 \text{ Ом}$

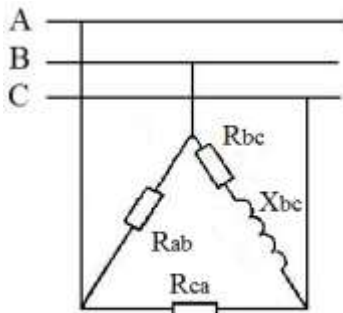


Рис. 7

Рис. 87

$R_{ab} = 2 \text{ Ом}; R_{bc} = 2 \text{ Ом};$
 $X_{bc} = 6 \text{ Ом}; R_{ca} = 6 \text{ Ом}$

$X_{ca} = 4 \text{ Ом}; R_{ca} = 10 \text{ Ом}$

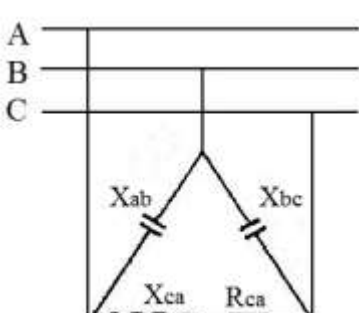


Рис. 8

рис. 88

$X_{ab} = 4 \text{ Ом}; X_{bc} = 6 \text{ Ом};$
 $R_{ca} = 4 \text{ Ом}; X_{ca} = 6 \text{ Ом}$

$X_{ca} = 4 \text{ Ом}$

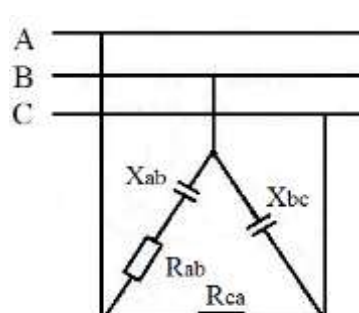


Рис. 9

рисю 89

$X_{ab} = 2 \text{ Ом}; R_{ab} = 6 \text{ Ом};$
 $X_{bc} = 2 \text{ Ом}; R_{ca} = 8 \text{ Ом}$

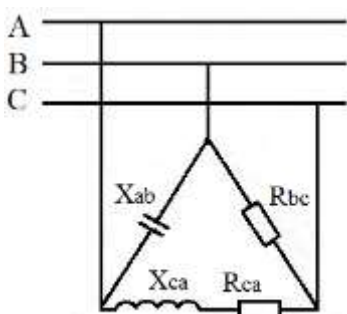


Рис. 10

Рис. 90

$X_{ab} = 6 \text{ Ом}; R_{bc} = 10 \text{ Ом};$
 $R_{ca} = 6 \text{ Ом}; X_{ca} = 12 \text{ Ом}$

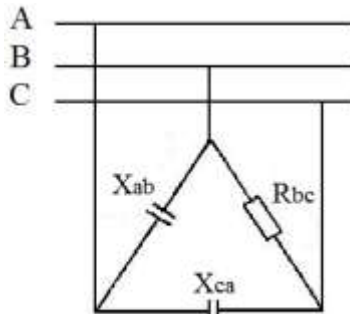


Рис. 11

рис. 91

$X_{ab} = 10 \text{ Ом}; R_{bc} = 6 \text{ Ом};$
 $X_{ca} = 10 \text{ Ом}$

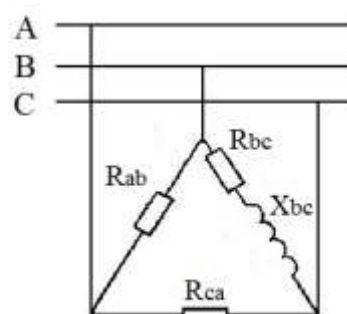


Рис. 12

рис. 92

$R_{ab} = 10 \text{ Ом}; R_{bc} = 4 \text{ Ом};$
 $X_{bc} = 2 \text{ Ом}; R_{ca} = 8 \text{ Ом}$

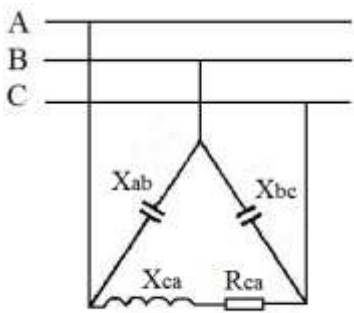


Рис. 13

Рис. 93

$X_{ab} = 6 \text{ Ом}; X_{bc} = 4 \text{ Ом};$
 $R_{ca} = 10 \text{ Ом}; X_{ca} = 4 \text{ Ом}$

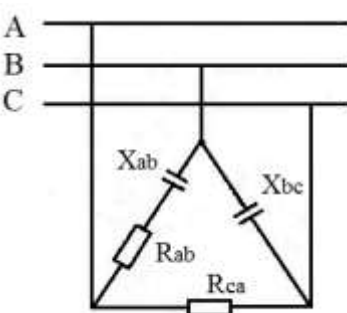


Рис. 14

рис. 94

$R_{ab} = 8 \text{ Ом}; X_{ab} = 6 \text{ Ом};$
 $X_{bc} = 6 \text{ Ом}; R_{ca} = 2 \text{ Ом}$

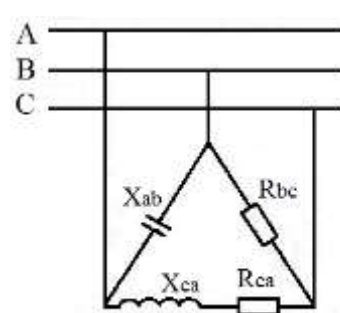


Рис. 15

рис. 95

$X_{ab} = 10 \text{ Ом}; R_{bc} = 8 \text{ Ом};$
 $X_{ca} = 4 \text{ Ом}; R_{ca} = 8 \text{ Ом};$

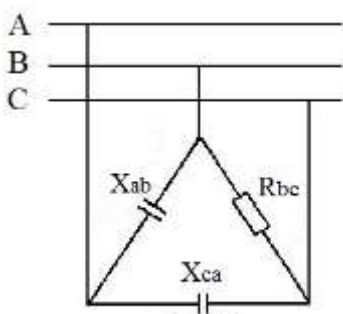


Рис. 16

Рис. 96

$X_{ab} = 6 \text{ Ом}; R_{bc} = 6 \text{ Ом};$

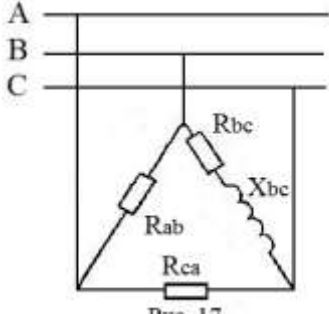


Рис. 17

рис. 97

$R_{ab} = 8 \text{ Ом}; R_{bc} = 6 \text{ Ом};$

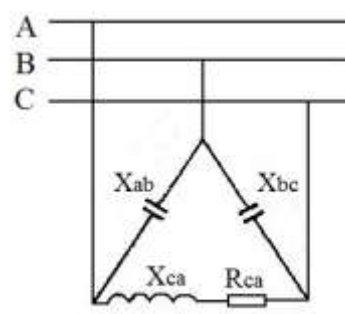


Рис. 18

рис. 98

$X_{ab} = 10 \text{ Ом}; X_{bc} = 8 \text{ Ом};$

$X_{ca} = 10 \text{ Ом}$

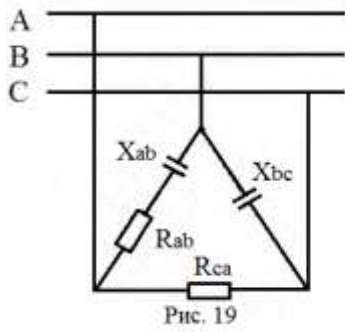


Рис. 99

$X_{ab} = 6 \text{ Ом}; R_{ab} = 6 \text{ Ом};$
 $X_{bc} = 8 \text{ Ом}; R_{ca} = 10 \text{ Ом}$

$X_{bc} = 4 \text{ Ом}; R_{ca} = 10 \text{ Ом}$

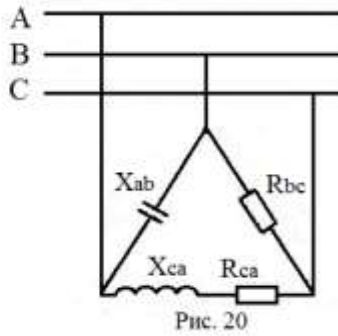


рис. 100

$X_{ab} = 8 \text{ Ом}; R_{bc} = 6 \text{ Ом};$
 $X_{ca} = 4 \text{ Ом}; R_{ca} = 10 \text{ Ом}$

$X_{ca} = 4 \text{ Ом}; R_{ca} = 8 \text{ Ом}$

Методические указания к выполнению контрольной работы

В контрольную работу входят разделы 1 и 2. На темы 1.1, 1.2, 1.3. предусмотрены четыре задачи. В таблице ниже указаны номера задач к соответствующей теме и номера таблицы данными к этим задачам. Схемы и векторные диаграммы должны выполняться с помощью чертежных инструментов.

Указания к решению задачи 1

Перед выполнением контрольной работы ознакомьтесь с общими методическими указаниями. Решение задач сопровождайте краткими пояснениями.

Решение задач этой группы требует знания законов Ома, для всей цепи и её участков, первого и второго законов Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность и работу электрического тока.

Пример 1.

Для схемы, приведенной на рис. 101, а, определить эквивалентное сопротивление цепи R_{AB} и токи в каждом резисторе, а также расход электрической энергии цепью за 8 часов работы.

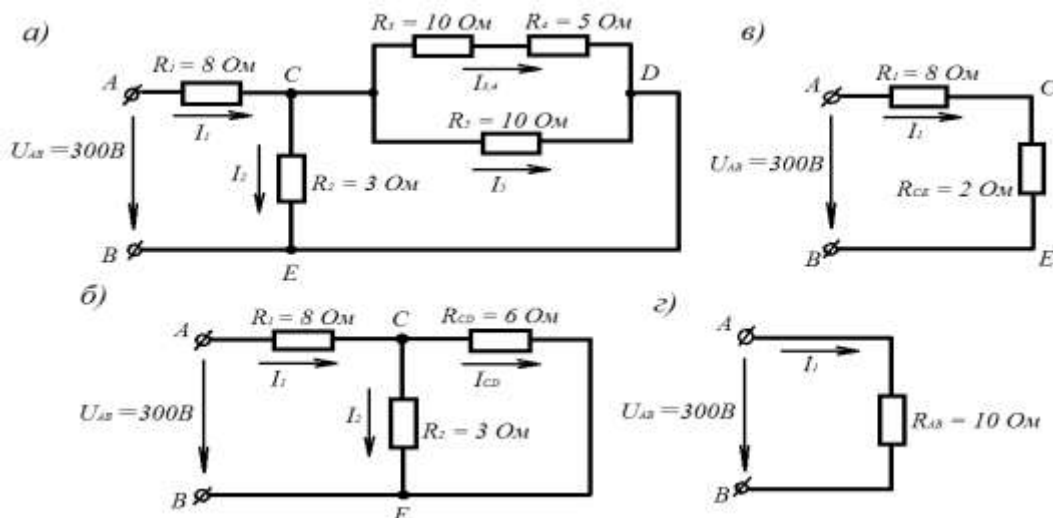


Рис. 101

Решение.

Задача относится к теме «Электрические цепи постоянного тока. Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив ток в каждом резисторе. Индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

1. Определяем общее сопротивление разветвления CD , учитывая, что резисторы R_3 и R_4 соединены между собой последовательно, а с резистором R_5 параллельно.

$$R_{CD} = \frac{(R_3 + R_4) \cdot R_5}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{(10 + 5) \cdot 10}{10 + 5 + 10} = 6 \text{ Ом}$$

2. Определяем общее сопротивление цепи относительно зажимов CE . Так как резисторы R_{CD} и R_2 включены параллельно, то:

$$R_{CE} = \frac{R_{CD} \cdot R_2}{R_{CD} + R_2} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2 \text{ Ом}$$

3. Находим эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{AB} = R_1 + R_{CE} = 8 + 2 = 10 \text{ Ом}$$

4. Определяем токи в сопротивлениях цепи. Так как напряжение U_{AB} приложено ко всей цепи, а $R_{AB} = 10 \text{ Ом}$, то, согласно закону Ома:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{300}{10} = 30 \text{ А}$$

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}$$

так как U_{AB} приложено ко всей цепи, а не к участку R_1 . Для определения тока I_2 нужно найти напряжение на резисторе R_2 , т.е. U_{CE} . Очевидно, U_{CE} меньше U_{AB} на величину потери напряжения

в резисторе R_1 , т.е. $U_{CE} = U_{AB} - I_1 R_1 = 300 - 30 \cdot 8 = 60 \text{ В}$. Тогда

$$I_2 = \frac{U_{CE}}{R_2} = \frac{60}{3} = 20 \text{ А}$$

Так как $U_{CE} = U_{AB}$, то можно определить токи $I_{3,4}$ и I_5 :

$$I_{3,4} = \frac{U_{CD}}{R_3 + R_4} = \frac{60}{10 + 5} = 4 \text{ Ом}; \quad I_5 = \frac{U_{CD}}{R_5} = \frac{60}{10} = 6 \text{ Ом}$$

С помощью первого закона Кирхгофа, записанного для узла C , проверим правильность определения токов:

$$I_1 = I_2 + I_{3,4} + I_5; \quad 30 = 20 + 4 + 6$$

5. Расход энергии цепью за 8 ч работы:

$$W = P_t = U_{AB} \cdot I_1 \cdot t = 300 \cdot 30 \cdot 8 = 72000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Указания к решению задач 2, 3 и 4

Эти задачи относятся к неразветвленным и разветвленным цепям и трёхфазным цепям переменного тока. Перед их решением изучить соответствующие разделы. Ознакомьтесь с методикой построения векторных диаграмм.

Указания к решению задачи 2

В неразветвленной цепи переменного тока $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$,

$X_{L1} = 4 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 6 \text{ Ом}$, $X_{C1} = 2 \text{ Ом}$

Подведенное напряжение $U = 40 \text{ В}$.

Определить:

полное сопротивление Z ,

ток I ,

коэффициент мощности

$\cos \varphi$ полную мощность S ,

активную мощность P ,

реактивную мощность Q .

Построить в масштабе векторную диаграмму.

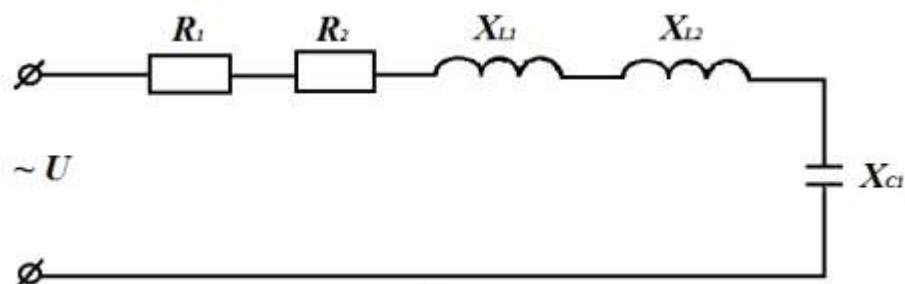


рис. 42

Рис. 102

Решение.

1. Полное сопротивление цепи определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

где $R = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6$ Ом - суммарное активное сопротивление цепи.

$X = X_{L1} + X_{L2} - X_{C1} = 4 + 6 - 2 = 8$ Ом - сумма индуктивных и емкостных сопротивлений.

Тогда: $Z = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10$ Ом

2. По закону Ома для цепи переменного тока находим ток в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{40}{10} = 4 \text{ A}$$

3. Коэффициент мощности $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0,6 \quad \sin \varphi = \frac{X}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$$

4. Определяем полную мощность:

$$S = U \cdot I = 40 \cdot 4 = 160 \text{ B} \cdot \text{A}$$

5. Активная мощность:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 40 \cdot 4 \cdot 0,6 = 96 \text{ Вт}$$

6. Реактивная мощность:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 40 \cdot 4 \cdot 0,8 = 128 \text{ вар}$$

Для построения векторной диаграммы определим падение напряжения на сопротивлениях:

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 4 \cdot 2 = 8 \text{ В}$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 4 \cdot 4 = 16 \text{ В}$$

$$U_{XL1} = I \cdot X_{L1} = 4 \cdot 4 = 16 \text{ В}$$

$$U_{XL2} = I \cdot X_{L2} = 4 \cdot 6 = 24 \text{ В}$$

$$U_{XC1} = I \cdot X_{C1} = 4 \cdot 2 = 3 \text{ В}$$

Для рассматриваемого примера задаемся масштабом: по току:

$$m_I = 1 \text{ A/см}$$

по напряжению:

$$m_U = 4 \text{ В/см}$$

Тогда длина вектора тока:

$$l = \frac{I}{m_I} = \frac{4}{1} = 4 \text{ см}$$

Длина векторов напряжений:

$$I_{UR1} = \frac{U_{R1}}{m_U} = \frac{8}{4} = 2 \text{ см}; I_{UR2} = \frac{U_{R2}}{m_U} = \frac{16}{4} = 4 \text{ см}; I_{UXL1} = \frac{U_{XL1}}{m_U} = \frac{16}{4} = 4 \text{ см};$$

$$I_{UXL2} = \frac{U_{XL2}}{m_U} = \frac{24}{4} = 6 \text{ см}; I_{UXC1} = \frac{U_{XC1}}{m_U} = \frac{8}{4} = 2 \text{ см}$$

Поскольку ток является одинаковой величиной для всех сопротивлений, диаграмму строим относительно вектора тока.

1. Горизонтально в масштабе откладываем вектор тока.
2. Вдоль вектора тока откладываем векторы U_{R1} и U_{R2} .
3. Под углом 90° откладываем вектора напряжения U_{XL1} и U_{XL2} в сторону опережения вектора тока (вверх), т.к. положительное вращение векторов принято против часовой стрелки.
4. Под углом 90° к вектору тока откладываем вниз вектор напряжения на емкостном сопротивлении.
5. Векторы U_{R1} , U_{R2} , U_{XL1} , U_{XL2} , U_{XC1} , складываем по правилу сложения векторов в результате чего получаем вектор приложенного напряжения:

$$\vec{U} = \vec{U}_{R1} + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_{XL1} + \vec{U}_{XL2} + \vec{U}_{XC1}$$

Угол φ между векторами общего напряжения U и тока I называется углом сдвига фаз между током и напряжением.

По виду векторной диаграммы необходимо научиться определять характер нагрузки.

В нашем случае напряжение опережает ток: нагрузка имеет активно-индуктивный характер.

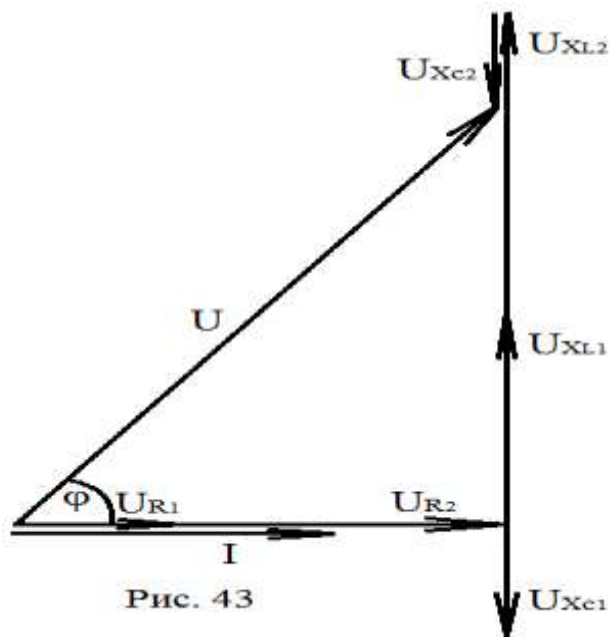


Рис. 103

Указания к решению задачи 3

Катушка с активным сопротивлением $R_1 = 4$ Ом и индуктивным $X_{L1} = 3$ Ом соединена параллельно с конденсатором, емкостное сопротивление которого $X_{C1} = 8$ Ом и активным сопротивлением $R_2 = 6$ Ом, к цепи приложено напряжение $U = 60$ В. Определить:

1. Токи в ветвях и в неразветвленной части цепи;
2. Активные и реактивные мощности каждой ветви и всей цепи;
3. Полную мощность цепи;

4. Углы сдвига фаз между током и напряжением в каждой ветви и во всей цепи.
Начертить в масштабе векторную диаграмму.

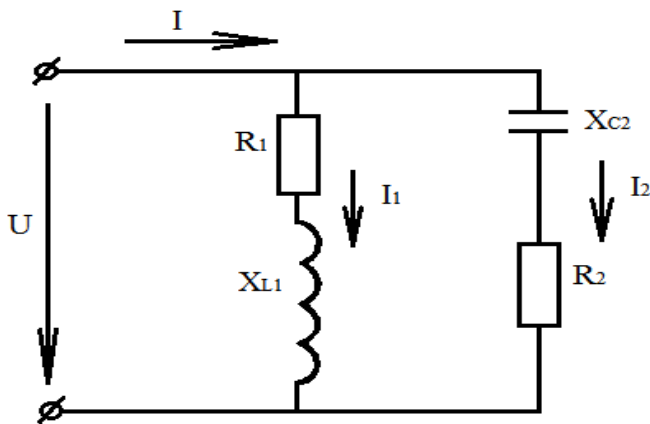


Рис. 44

рис. 104

Решение.

1. Определить токи в ветвях:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2}} = \frac{60}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{60}{5} = 12 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_{C2}^2}} = \frac{60}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 6 \text{ A}$$

2. Углы сдвига фаз в ветвях:

$$\sin \varphi_1 = \frac{X_{L1}}{Z_1} = \frac{3}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 0,6$$

по таблицам Брадиса находим $\varphi_1 = 36^\circ 50'$, т.к. $\varphi_1 > 0$ то напряжение опережает ток:

$$\sin \varphi_2 = -\frac{X_{C2}}{Z_2} = -\frac{8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = -0,8; \varphi_2 = -53^\circ 10'$$

т.е. напряжение отстает от тока, так как $\varphi_2 < 0$.

По таблицам Брадиса находим:

$$\cos \varphi_1 = \cos(36^\circ 50') = 0,8; \cos \varphi_2 = \cos(53^\circ 10') = -0,6$$

3. Определяем активные и реактивные составляющие токов в ветвях:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ A}$$

$$I_{a2} = I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 6 \cdot (-0,6) = -3,6 \text{ A}$$

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 12 \cdot 0,6 = 7,2 \text{ A}$$

$$I_{p2} = I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 6 \cdot (-0,8) = -9,6 \text{ A}$$

4. Определяем ток в неразветвленной части цепи:

$$I = \sqrt{(I_{a1} + I_{a2})^2 + (I_{p1} + I_{p2})^2} = \sqrt{(9,6 - 3,6)^2 + (7,2 - 9,6)^2} = 6,46 \text{ A}$$

5. Определяем коэффициент мощности всей цепи:

$$\cos \varphi = \frac{Ia_1 + Ia_2}{I} = \frac{9,6 - 3,6}{6,46} = \frac{6}{6,46} = 0,93$$

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

$$P_1 = U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 60 \cdot 12 \cdot 0,8 = 576 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 60 \cdot 6 \cdot (-0,6) = -216 \text{ Вт}$$

$$P = P_1 + P_2 = 576 - 216 = 360 \text{ Вт}$$

$$Q_1 = U \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 60 \cdot 12 \cdot 0,6 = 432 \text{ Вар}$$

$$Q_2 = U \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 60 \cdot 6 \cdot (-0,8) = -288 \text{ Вар}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 432 - 288 = -144 \text{ Вар}$$

7. Определяем полную мощность всей цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{360^2 + 144^2} = 387,73 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$I = \frac{S}{U} = \frac{387,73}{60} = 6,46 \text{ А}$$

8. Для построения векторной диаграммы задаемся масштабом по току и напряжению:

$$I \text{ см} - 2 \text{ А}$$

$$U \text{ см} - 5 \text{ В}$$

Построение начинаем с вектора напряжения U .

Под углом φ_1 к нему (в сторону отставания) откладываем в масштабе вектор тока I_1 , под углом φ_2 (в сторону опережения) - вектор тока I_2 . Геометрическая сумма этих токов равна току в неразветвленной части цепи.

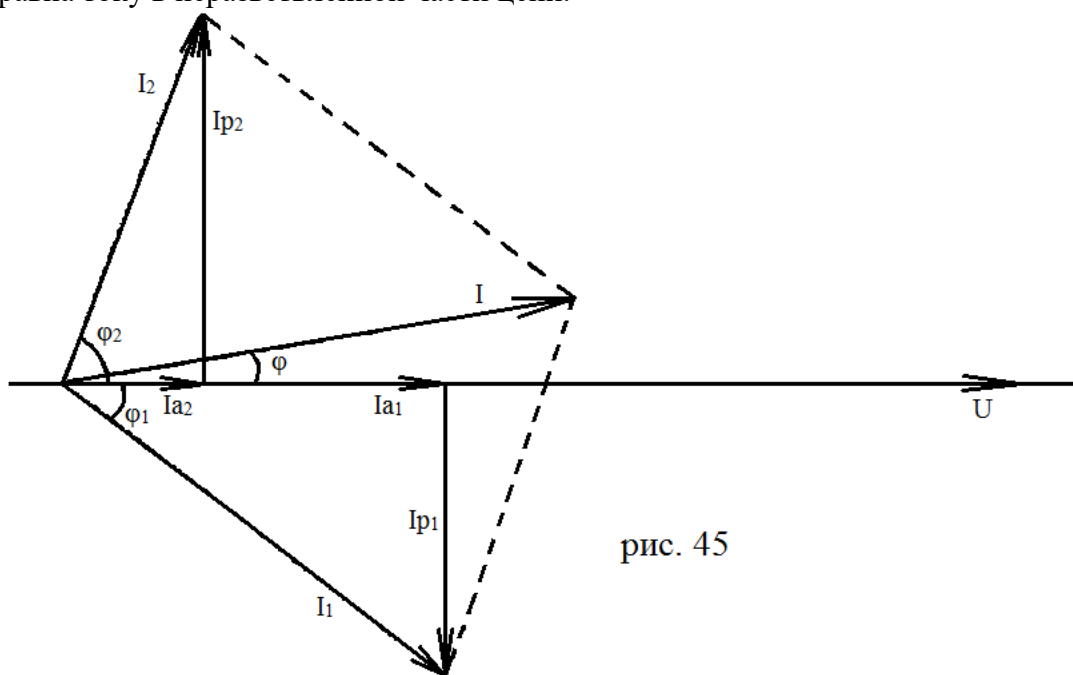


рис. 45

Рис. 105

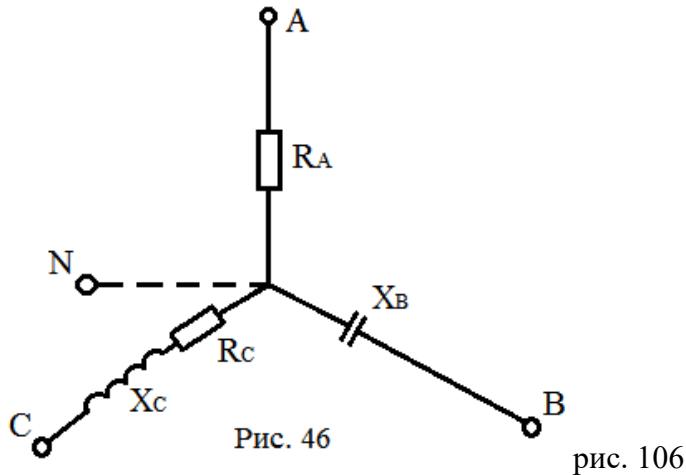
Указания к решению задачи 4

В трехфазную четырехпроводную сеть включили звездой несимметричную нагрузку: в фазу А - активное сопротивление $R_A = 11 \text{ Ом}$, в фазу В - емкостное сопротивление

$X_B = 10 \text{ Ом}$, в фазу C - активное сопротивление $R_C = 8 \text{ Ом}$ и индуктивное $X_C = 6 \text{ Ом}$.
 Линейное напряжение сети $U_H = 380 \text{ В}$.

Определить:

фазные токи, активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью, значения фазных углов, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и найти графически ток в нулевом проводе



Решение.

1. Определяем фазные напряжения:

$$U_A = U_B = U_C = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ В}$$

2. Находим фазные токи: $I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{220}{11} = 20 \text{ А}$

где $Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_A^2} = R_A = 11 \text{ Ом}$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_B^2} = X_B = 10 \text{ Ом}$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{220}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_C^2} = 10 \text{ Ом}$$

3. Определяем значения фазных углов:

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} = \frac{11}{11} = 1; \sin \varphi_A = \frac{X_A}{Z_A} = 0; \varphi_A = 0$$

$$\cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = 0; \sin \varphi_B = \frac{X_B}{Z_B} = \frac{-10}{10} = -1; \varphi_B = -90^\circ$$

$$\cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C} = \frac{8}{10} = 0,8; \sin \varphi_C = \frac{X_C}{Z_C} = \frac{6}{10} = 0,6; \varphi_C = 36^\circ 50'$$

4. Активные мощности в фазах:

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A = 220 \cdot 20 \cdot 1 = 4400 \text{ Вт}$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B = 220 \cdot 22 \cdot 0 = 0$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C = 220 \cdot 22 \cdot 0,8 = 3872 \text{ Вт}$$

Активная мощность всей цепи:

$$P = P_A + P_C = 4400 + 3872 = 8272 \text{ Вт}$$

Реактивные мощности в фазах:

$$Q_A = U_A \cdot I_A \cdot \sin \varphi_A = 220 \cdot 20 \cdot 0 = 0$$

$$Q_B = U_B \cdot I_B \cdot \sin \varphi_B = 220 \cdot 22 \cdot (-1) = -4840 \text{ вар}$$

$$Q_C = U_C \cdot I_C \cdot \sin \varphi_C = 220 \cdot 22 \cdot 0,6 = 2904 \text{ вар}$$

Реактивная мощность всей цепи:

$$Q = Q_B + Q_C = -4840 + 2904 = -1936 \text{ вар}$$

Полная мощность всей цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{8272^2 + (-1936)^2} = 8510 \text{ В} \cdot \text{А}$$

Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току и по напряжению:

1 см - 10 А

1 см - 50 В

Построение начинаем с векторов фазных напряжений U_A , U_B , U_C , располагая их под углом 120° относительно друг друга.

Затем в принятом масштабе откладываем вектора фазных токов.

Ток I_A совпадает с напряжением U_A .

Ток I_B опережает напряжение U_B на угол 90° гр.

Ток I_C отстает от напряжения U_C на угол $36^\circ 50'$.

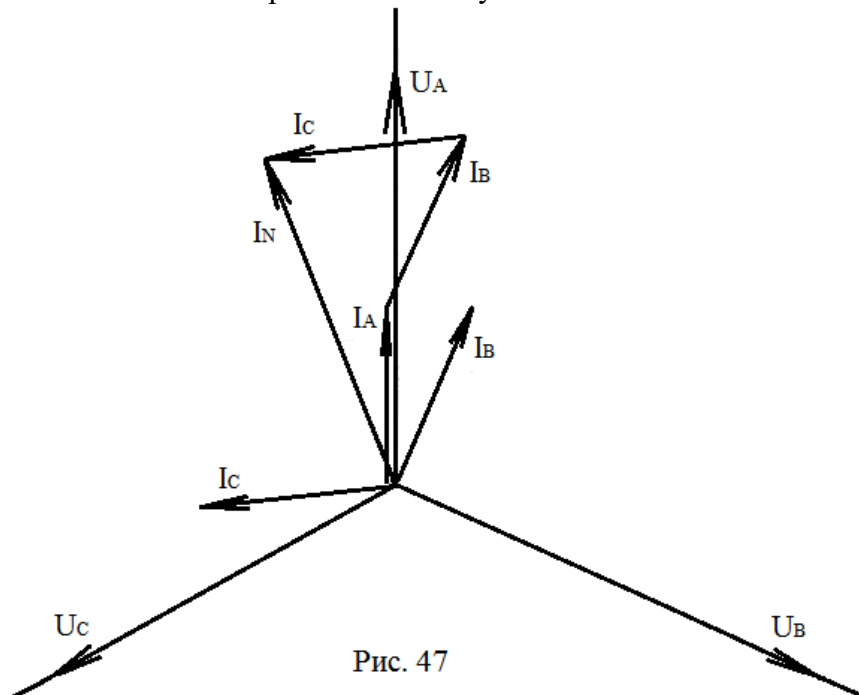


рис. 107

$$I_0 = I_A + I_B + I_C$$

Измеряя длину вектора тока I_0 , которая оказалась равной 4 см, находим ток:

$$I_0 = 40 \text{ А}$$

Указания к решению задачи 5

В трёхфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку (рис. 108, а): в фазу АВ - конденсатор с емкостным сопротивлением $X_{AB} = 10 \text{ Ом}$; в фазу ВС - катушку с активным сопротивлением $R_{BC} = 4 \text{ Ом}$ и индуктивным $X_{BC} = 3 \text{ Ом}$; в фазу СА - активное сопротивление $R_{CA} = 10 \text{ Ом}$. Линейное напряжение сети $U_{НОМ} = 220 \text{ В}$.

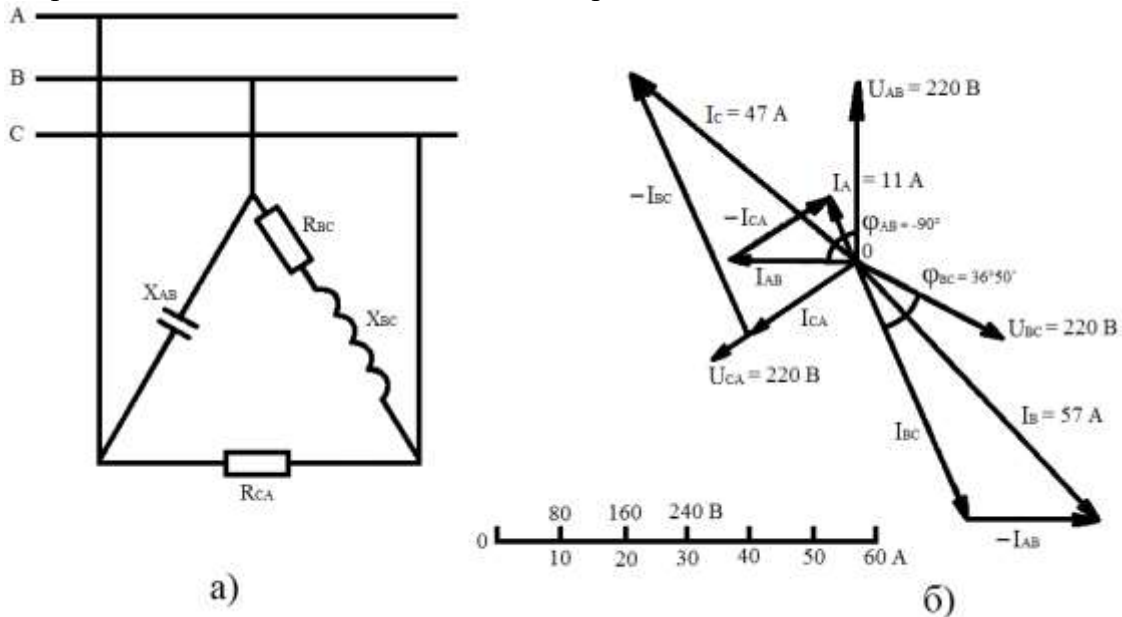


Рис. 48

Рис. 108

Определить:

фазные токи, углы сдвига фаз и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовые значения линейных токов.

Решение.

1. Определяем фазные токи и углы сдвига фаз:

$$I_{AB} = \frac{U_H}{X_{AB}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; \varphi_{AB} = -90^\circ$$

$$I_{BC} = \frac{U_H}{Z_{BC}} = \frac{U_H}{\sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2}} = \frac{220}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 44 \text{ А};$$

$$\cos \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{4}{5} = 0,8$$

где

$$Z_{BC} = 5 \text{ Ом}$$

Отсюда угол

$$\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$$

$$I_{CA} = \frac{U_H}{R_{CA}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; \varphi_{CA} = 0$$

Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току $I \text{ см} - 10 \text{ А}$, по напряжению $U \text{ см} - 80 \text{ В}$. Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных (они же линейные) напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} под углом 120° друг относительно друга

(рис. 108, б). Под углом $\varphi_{AB} = -90^\circ$ к вектору напряжения U_{AB} откладываем вектор тока I_{AB} ; в фазе ВС вектор тока I_{BC} должен отставать от вектора напряжения U_{BC} на угол $\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$, а в фазе СА вектор тока I_{CA} совпадает с вектором напряжения U_{CA} . Затем строим векторы линейных токов на основании известных уравнений:

$$I_A = I_{AB} + (-I_{CA}); I_B = I_{BC} + (-I_{AB}); I_C = I_{CA} + (-I_{BC})$$

Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь принятым масштабом, находим значения линейных токов:

$$I_A = 11 \text{ А}; I_B = 57 \text{ А}; I_C = 47 \text{ А};$$

Методические указания к выполнению задач по темам

2.1. -2.3, 3.1

Методические указания к решению задач 6

Перед решением задач этой группы особое внимание содержанию тем 2.1. -2.3. 5.3. Для их решения необходимо знать устройство, принцип действия и зависимости между электрическими величинами однофазных и трехфазных трансформаторов, уметь определять по их паспортным данным технические характеристики. Основными параметрами трансформаторов являются:

1. Номинальная мощность $S_{ном}$. Это полная мощность (в кВ·А), которую трансформатор, установленный на открытом воздухе, может непрерывно отдавать в течение своего срока службы (20—25 лет) при номинальном напряжении и при максимальной и среднегодовой температурах окружающего воздуха, равных соответственно 40 и 5°С. Если указанные температуры отличаются от номинальных, то и номинальная мощность будет отличаться от указанной в паспорте.

2. Номинальное первичное напряжение $U_{ном1}$. Это напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора.

3. Номинальное вторичное напряжение $U_{ном2}$. Это напряжение на выводах вторичной обмотки при холостом ходе и номинальном первичном напряжении. При нагрузке вторичное напряжение U , снижается из-за потерь в трансформаторе. Например, если $U_{ном2}=400 \text{ В}$, то при полной нагрузке трансформатора вторичное напряжение $U_2=380 \text{ В}$, так как 20 В теряется в трансформаторе.

4. Номинальный первичный и вторичный токи $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$. Это токи, вычисленные по номинальной мощности и номинальным напряжениям. Для однофазного трансформатора

$$I_{ном1} = S_{ном} / (U_{ном1} \eta); \quad I_{ном2} = S_{ном} / U_{ном2}$$

Для трехфазного трансформатора

$$I_{ном1} = S_{ном} / (\sqrt{3} U_{ном1} \eta); \quad U_{ном2} = S_{ном} / (\sqrt{3} I_{ном2})$$

Здесь η — к. п. д. трансформатора. Эта величина близка к 1,0 из-за малых потерь в трансформаторе. На практике при определении токов принимают $\eta=1,0$.

Трансформаторы чаще всего работают с нагрузкой меньше номинальной. Поэтому вводят понятие о коэффициенте нагрузки k_n . Если трансформатор с $S_{ном}=1000 \text{ кВ·А}$ отдает потребителю мощность $S_2=950 \text{ кВ·А}$, то $k_n=950/1000=0,95$. Значения отдаваемых трансформатором активной и реактивной мощностей зависят от коэффициента мощности потребителя $\cos \varphi_2$. Например, при $S_{ном}=1000 \text{ кВ·А}$, $k_n=1,0$ и $\cos \varphi_2=0,9$ отдаваемая активная мощность $P_2=S_{ном} \cos \varphi_2=1000 \cdot 0,9=900 \text{ кВт}$, а реактивная $Q_2=S_{ном} \sin \varphi_2=1000 \cdot 0,436=436 \text{ квар}$. Если потребитель увеличит $\cos \varphi_2$ до 1,0, то $P_2=1000 \cdot 1,0=1000 \text{ кВт}$; $Q_2=1000 \cdot 0=0$, т. е. вся отдаваемая мощность будет активной. В обоих случаях по обмоткам проходят одни и те же номинальные токи». В табл. 7 приведены технические данные наиболее распространенных трансформаторов.

Таблица 7. Технические данные трансформаторов

Тип трансформатора	S ном, КВ·А	Напряжение обмоток, Кв		Потери мощности, кВт		Uк, %	Iк, %
		Uном1	Uном2	Pст	P о.ном		
ТМ-25/6; 10	25		0,23; 0,1	0,13	0,69	4,7	3,2
ТМ-40/6; 10	40		0,23; 0,4	0,175	1,0	4,7	3,0
ТМ-63/6; 10	63		0,23; 0,4	0,21	1,47	1,7	2,8

ТМ-100/6; 10	100		0,23; 0,4	0,33	2,27	6,8	2,6
ТМ-160/6; 10	100	6, 10	0,23;0,4;0,69	0,51	3,1	4,7	2,4
ТМ-250/6; 10	250		0,23;0,4;0,69	0,71	4,2	4,7	2,3
ТМ-400/6; 10	400		0,23;0,4; 0,69	0,95	5,5	4,5	2,1
ТМ-630/6; 10	630		0,23; 0,4; 0,69	1,31	7,6	5,5	2,0
ТАЛ-1000/6; 10	1000		0,23; 0,4; 0,69	2,45	12,2	5,5	2,8
ТМ-1600/6; 10	1600		0,23; 0,4; 0,69	3,3	18,0	5,5	2,6
ТМ-2500/10	2500	10	0,4; 0,69; 10,5	4,3	24,0	5,5	1,0

Примечания: Трансформатор ТМ-630/10 — с масляным охлаждением, трехфазный, номинальная мощность 630 кВ·А, номинальное первичное напряжение 10 кВ, вторичные напряжения 0.23; 0,4 и 0,69 кВ: 2. $P_{ст}$ — потерн в стали: $P_{о,ном}$ — потери в обмотках; U_k , % — напряжение короткого замыкания; I_{1x} , % — ток холостого хода.

Отношение линейных напряжений в трехфазных трансформаторах называют линейным коэффициентом трансформации, который равен отношению чисел витков обмоток, если они имеют одинаковые схемы соединения (Y/Y и Δ/Δ). При других схемах коэффициент трансформации находят по формулам

$$K=U_{ном1}/U_{ном2}=\sqrt{3}\omega_1/\omega_2, (Y/\Delta);$$

$$K=U_{ном1}/U_{ном2}=\omega_1/(\sqrt{3}\omega_2) \text{ при } \Delta/Y.$$

Для уменьшения установленной мощности трансформаторов и снижения потерь энергии в сетях производят компенсацию части реактивной мощности, потребляемой предприятием, что достигается установкой на подстанциях конденсаторов. В настоящее время энергосистема разрешает потребление предприятием определенной реактивной мощности называемой оптимальной и обеспечивающей наименьшие эксплуатационные расходы в энергосистеме. Если фактическая реактивная мощность предприятия немного отличается от заданной (точно ее выдержать нельзя), то предприятие получает скидку с тарифа на электроэнергию; при значительной разнице между Q_3 и $Q_ф$ предприятие платит надбавку к тарифу, исчисляемую по специальной шкале.

Таблица 8. Технические данные комплектных конденсаторных установок напряжением 380 В

Тип установки	Q_6 квар	Тип установки	Q_6 квар	Тип установки	ΠQ_6 квар
УК-0,38-75	75	УК-0.38-220Н	220	УК-0.38-330Н	330
УК-0,38-78	78	УК-0,38-225	225	УК-0,38-43011	430
УК-0.38-110Н	110	УК-0.38-300Н	300	УК-0,38-45011	450
УК-0.38-150Н	150	УК-0.38-320Н	320	УК-0.38-540П	510

Пусть реактивная мощность предприятия $Q=5000$ квар, а заданная системой мощность $Q_3=1000$ квар. Тогда предприятие должно скомпенсировать с помощью конденсаторов реактивную мощность $Q_6=Q-Q_3=5000-1000=4000$ квар. Выбираем по табл. 8 девять комплектных установок УК-0,38-450Н мощностью по 450 квар. Суммарная реактивная мощность батареи $9 \cdot 450=4050$ квар, что близко к необходимому значению 4000 квар.

Пример 6. Трехфазный трансформатор имеет следующие номинальные характеристики $S_{ном}=1000$ кВ·А, $U_{ном}=10$ кВ, $U_{ном2}=400$ в. Потери в стали $P_{ст}=2,45$ кВт, потери в обмотках $P_{о,ном}=12,2$ кВт. Первичные обмотки соединены в треугольник, вторичные — в звезду. Сечение магнитопровода $Q=450$ см², амплитуда магнитной индукции в нем $B_m=1,5$ Тл. Частота тока в сети $f=50$ Гц. От трансформатора потребляется активная мощность $P_2=810$ кВт при коэффициенте мощности $\cos \varphi_2=0,9$. Определить: 1) номинальные токи в обмотках и токи при фактической нагрузке; 2) числа витков обмоток; 3) к. п. д. трансформатора при номинальной и фактической нагрузках.

Решение 1. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{\text{НОМ1}} = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot 100}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ1}}} = \frac{1000 \cdot 1000}{1,73 \cdot 10000} = 58 \text{ А};$$

$$I_{\text{НОМ2}} = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot 100}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ2}}} = \frac{1000 \cdot 1000}{1,73 \cdot 400} = 1445 \text{ А};$$

2. Коэффициент нагрузки трансформатора

$$\kappa_{\text{Н}} = P_2 / S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2 = 810 / (1000 \cdot 0,9) = 0,9.$$

3. Токи в обмотках при фактической нагрузке

$$I_1 = \kappa_{\text{Н}} I_{\text{НОМ1}} = 0,9 \cdot 58 = 52 \text{ А}; I_2 = \kappa_{\text{Н}} I_{\text{НОМ2}} = 0,9 \cdot 1445 = 1300 \text{ А}.$$

4. Фазные э. д. с, наводимые в обмотках. Первичные обмотки соединены в треугольник, а вторичные — в звезду, поэтому, пренебрегая падением напряжения в первичной обмотке, считаем

$$E_{1\phi} \approx U_{\text{НОМ2}} = 10000 \text{ В}; E_{2\phi} = U_{\text{НОМ2}} / \sqrt{3} = 400 / \sqrt{3} = 230 \text{ В}.$$

5. Числа витков обеих обмоток находим из формулы

$$E_{1\phi} = 4,44f\omega_1\Phi_m = 4,44f\omega_1 B_m Q, \text{ откуда}$$

$$\omega_1 = E_{1\phi} / (4,44f B_m Q) = 10000 / (4,44 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 0,045) = 667.$$

Здесь $Q = 450 \text{ см}^2 = 0,045 \text{ м}^2$

$$\omega_2 = \omega_1 E_{2\phi} / E_{1\phi} = 667 \cdot 230 / 10000 = 15,3.$$

6. К. п. д. трансформатора при номинальной нагрузке

$$\eta_{\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2 \cdot 100}{S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2 + P_{\text{ст}} + P_{\text{о.НОМ}}} = \frac{1000 \cdot 0,9 \cdot 100}{1000 \cdot 0,9 + 2,45 + 12,2} = 98,4\%$$

7. К. п. д. трансформатора при фактической нагрузке

$$\eta = \frac{\kappa_{\text{Н}} S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2}{\kappa_{\text{Н}} S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2 + P_{\text{ст}} + P_{\text{о.НОМ}}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 0,9}{0,9 \cdot 1000 \cdot 0,9 + 2,45 + 0,9^2 \cdot 12,2} = 98,5\%$$

Пример 7. Однофазный понижающий трансформатор номинальной мощностью $S_{\text{НОМ}} = 500 \text{ В} \cdot \text{А}$ служит для питания ламп местного освещения металлорежущих станков. Номинальные напряжения обмоток $U_{\text{НОМ1}} = 380 \text{ В}$; $U_{\text{НОМ2}} = 24 \text{ В}$. К трансформатору присоединены десять ламп накаливания мощностью 40 Вт каждая, их коэффициент мощности $\cos \varphi_2 = 1,0$. Магнитный поток в магнитопроводе $\Phi_m = 0,005 \text{ Вб}$. Частота тока в сети $f = 50 \text{ Гц}$. Потерями в трансформаторе пренебречь. Определить: 1) номинальные токи в обмотках; 2) коэффициент нагрузки трансформатора; 3) токи в обмотках при действительной нагрузке; 4) числа витков обмоток; 5) коэффициент трансформации.

Решение. 1. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{\text{НОМ1}} = S_{\text{НОМ}} / U_{\text{НОМ1}} = 500 / 380 = 1,32 \text{ А};$$

$$I_{\text{НОМ2}} = S_{\text{НОМ}} / U_{\text{НОМ2}} = 500 / 24 = 20,8 \text{ А}$$

2. Коэффициент нагрузки трансформатора

$$\kappa_{\text{Н}} = P_2 / (S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2) = 10 \cdot 40 / (500 \cdot 1,0) = 0,8$$

3. Токи в обмотках при действительной нагрузке

$$I_1 = \kappa_{\text{Н}} I_{\text{НОМ1}} = 0,8 \cdot 1,32 = 1,06 \text{ А}; I_2 = \kappa_{\text{Н}} I_{\text{НОМ2}} = 0,8 \cdot 20,8 = 16,6 \text{ А}$$

4. При холостом ходе $E_1 \approx U_{\text{НОМ1}}$; $E_2 = U_{\text{НОМ2}}$. Числа витков обмоток находим из формулы

$$E = 4,44f \omega \Phi_m.$$

Тогда $\omega_1 = E_1 / (4,44f \Phi_m) = 380 / (4,44 \cdot 50 \cdot 0,005) = 340$ витков;

$\omega_2 = E_2 / (4,44f \Phi_m) = 24 / (4,44 \cdot 50 \cdot 0,005) = 22$ витка.

5. Коэффициент трансформации

$$K = E_1 / E_2 = \omega_1 / \omega_2 = 340 / 22 = 15,5.$$

Пример 8. Предприятие потребляет активную мощность $P_2 = 1550 \text{ кВт}$ при коэффициенте мощности $\cos \varphi_2 = 0,72$. Энергосистема предписала уменьшить потребляемую реактивную мощность до 450 квар. Определить: 1) необходимую мощность конденсаторной батареи и выбрать ее тип; 2) необходимую трансформаторную мощность и коэффициент нагрузки в двух случаях: а) до установки батареи; б) после установки батареи. Выбрать тип трансформатора. Номинальное напряжение сети 10 кВ.

Решение. 1. Необходимая трансформаторная мощность до установки конденсаторов $S_{тр} = P_2 / \cos \varphi_2 = 1550 / 0,72 = 2153 \text{ кВ} \cdot \text{А}$.

По табл. 7 выбираем трансформатор типа ТМ-2500 10 с номинальной мощностью 2500 $\text{кВ} \cdot \text{А}$. Коэффициент нагрузки

$$k_H = 2153 / 2500 = 0,86.$$

2. Необходимая предприятию реактивная мощность

$$Q = S_{тр} \sin \varphi_2 = 2153 - 0,693 = 1492 \text{ квар.}$$

Здесь $\sin \varphi_2 = 0,693$ находим по таблицам Брадиса, зная $\cos \varphi_2$.

3. Необходимая мощность конденсаторной батареи

$$Q_б = Q - Q_э = 1492 - 450 = 1042 \text{ квар.}$$

По табл. 8 выбираем комплектные конденсаторные установки типа УК-0.38—540Н мощностью 540 квар в количестве 2 шт. Общая реактивная мощность составит $Q'_б = 2 \cdot 540 = 1080 \text{ квар}$, что близко к необходимой мощности 1042 квар.

4. Некомпенсированная реактивная мощность

$$Q_{нск} = Q - Q'_б = 1492 - 1080 = 412 \text{ квар.}$$

5. Необходимая трансформаторная мощность

$$S'_{тр} = \sqrt{P_2^2 + Q_{нск}^2} = \sqrt{1550^2 + 412^2} = 1604 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Принимаем к установке один трансформатор ТМ-1600 10 мощностью 1600 $\text{кВ} \cdot \text{А}$. Его коэффициент нагрузки составит: $k_H = 1604 / 1600 \approx 1,0$.

Таким образом, компенсация реактивной мощности позволила значительно уменьшить установленную трансформаторную мощность.

Задача 6.

К трехфазному трансформатору с номинальной мощностью $S_{ном}$ и номинальными напряжениями первичной $U_{ном1}$ и вторичной $U_{ном2}$ обмоток присоединена активная нагрузка P_2 при коэффициенте мощности $\cos \varphi_2$. Определить: 1) номинальные токи в обмотках $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$; 2) коэффициент нагрузки трансформатора k_H ; 3) токи в обмотках I_1 и I_2 при фактической нагрузке; 4) суммарные потери мощности $\sum P$ при номинальной нагрузке; 5) коэффициент полезного действия трансформатора при фактической нагрузке. Данные для своего варианта взять из табл. 11. Недостающие величины взять из табл. 7.





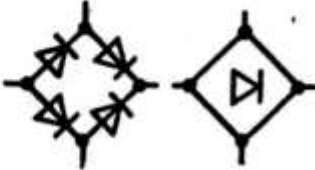
Каково назначение замкнутого стального магнитопровода в трансформаторе? Почему магнитопровод должен иметь минимальный воздушный зазор и выполняться не сплошным, а из отдельных стальных листов, изолированных друг от друга лаком?

Таблица 11

Номер варианта	$S_{ном}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$U_{ном1}, \text{кВ}$	$U_{ном2}, \text{кВ}$	$P_2, \text{кВт}$	$\cos \varphi_2$	Номер варианта	$S_{ном}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$U_{ном1}, \text{кВ}$	$U_{ном2}, \text{кВ}$	$P_2, \text{кВт}$	$\cos \varphi_2$
1, 6, 11, 16,	1000	10	0,69	850	0,95	6	630	10	0,69	554	0,88
2, 7, 12, 17,	160	6	0,4	150	1,0	7	40	6	0,23	35	1,0
3, 8, 13, 18,	100	6	0,23	80	0,9	8	1600	10	0,4	1400	0,93
4, 9, 14, 18,	250	10	0,4	200	0,85	9	63	10	0,23	56	1,0
5, 10, 15, 19,	400	10	0,4	350	0,92	10	630	10	0,4	520	0,9

Наименование	Условное обозначение	Буквенное обозначение
Элемент нагревательный		<i>PT</i>
Выключатель автоматический: а) двухполюсный максимального тока		<i>BA</i>
б) трехполюсный с комбинированным расцепителем		<i>BA</i>
Контакт силовой замыкающий магнитного пускателя с дугогашением		<i>KL</i>
То же, без дугогашения		<i>KL</i>
Контакт реле, блок-контакт магнитного пускателя: а) замыкающий		<i>KL</i>

Наименование	Условное обозначение	Буквенное обозначение
б) размыкающий		<i>КЛ</i>
в) с выдержкой времени при срабатывании		<i>РВ</i>
г) с выдержкой времени при возврате		<i>РВ</i>
д) теплового реле		<i>РТ</i>
Кнопка «Пуск»		<i>КнП</i>
Кнопка «Стоп»		<i>КнС</i>
Лампа накаливания сигнальная и осветительная		<i>ЛС</i>
Предохранитель плавкий		<i>Пр</i>
Катушка контактора, магнитного пускателя, реле		<i>К.Т</i>

Наименование	Условное обозначение	Буквенное обозначение
<p>Электродвигатель переменного тока</p>		<p><i>M</i></p>
<p>Электрическая машина постоянного тока: а) с параллельным возбуждением</p>		<p><i>M</i> <i>OB</i></p>
<p>б) с последовательным возбуждением</p>		<p><i>M; OB</i></p>
<p>Диод, стабилитрон</p>		<p><i>D</i></p>
<p>Транзистор</p>		<p><i>T</i></p>
<p>Тристор</p>		<p><i>S</i></p>
<p>Выпрямитель</p>		<p><i>B</i></p>

Информационное обеспечение обучения: перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Синдеев Ю.Г. «Электротехника с основами электроники»: М, «Феникс», 2014, Серия: Начальное профессиональное образование.
2. Катаенко Ю.К. «Электротехника»: М, «Академ-центр», 2015.
3. Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студ. образоват. учреждений СПО – М.: Обр.-изд. Центр «Академия» 2011.-480 с.
4. Морозова Электротехника и электроника: учебник для студ. Средн. проф. образования / 2-е изд., – М.: Изд. Центр «Академия» 2015.- 256 с.
5. Мартынова И.О. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие (СПО) -М.: КНОРУС, 2011-136с.
6. Ярочкина Г.В. Контрольные материалы по электротехнике: Учебное пособие. -М.:Изд. Центр. «Академия», 2015.-112с.
7. Лапынин Ю.Г. и др. Контрольные материалы по электротехнике и электронике, М.:Изд. Центр. «Академия», 2011.

Дополнительные источники:

1. Касаткин А.С., Немцов М.В. «Электротехника», М, «Академия», 2015.
2. Пряшников В.А. «Электротехника в примерах и задачах» (+СД), С-Пб, «Корона», 2006.
3. Лоторейчук Е.А. «Теоретические основы электротехники», М, «Форум-инфра м», 2005.
4. Данилов И.А., Иванов П.М. «Дидактический материал по общей электротехнике с основами электроники», М, «Академия», 2007.
5. Музин Ю.М. «Виртуальная электротехника», С-Пб, «Питер», 2002.
6. Дубина А.Г., Орлова С.С. « MSExcel в электротехнике и электронике», С-Пб, «БХВ-Петербург», 2006.

INTERNET-РЕСУРСЫ.

- <http://ktf.krk.ru/courses/foet/>
(Сайт содержит информацию по разделу «Электроника»)
- <http://www.college.ru/enportal/physics/content/chapter4/section/paragraph8/the>

КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения студентами индивидуальных заданий.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
Умения:	
- читать электрические схемы;	Наблюдение и оценка на практическом занятии. Оценка выполнения практических работ. Оценка выполнения дифференцированной самостоятельной работы Оценка выполнения и защиты презентации Зачет в форме тестирования.
- вести оперативный учет работы энергетических установок;	Наблюдение и оценка на практическом занятии. Оценка выполнения практических работ. Оценка выполнения дифференцированной самостоятельной работы Оценка выполнения и защиты презентации Зачет в форме тестирования.
Знания:	
основы электротехники и электроники;	Наблюдение и оценка на практическом занятии. Оценка выполнения практических работ. Оценка выполнения дифференцированной самостоятельной работы Тестирование
устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов;	Наблюдение и оценка на практическом занятии. Оценка выполнения практических работ. Оценка выполнения дифференцированной самостоятельной работы Тестирование
устройство и принцип действия аппаратуры управления электроустановками	Наблюдение и оценка на практическом занятии. Оценка выполнения практических работ. Оценка выполнения дифференцированной самостоятельной работы Тестирование – Зачет.

Формы оценки результативности обучения для зачета:

- накопительная система баллов, на основе которой выставляется итоговая отметка;

или

- традиционная система отметок в баллах за каждую выполненную работу, на основе которых выставляется итоговая отметка.

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации проводится в соответствии с универсальной шкалой (таблица)

Процент результативности (правильности ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	Балл (отметка)	Вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно