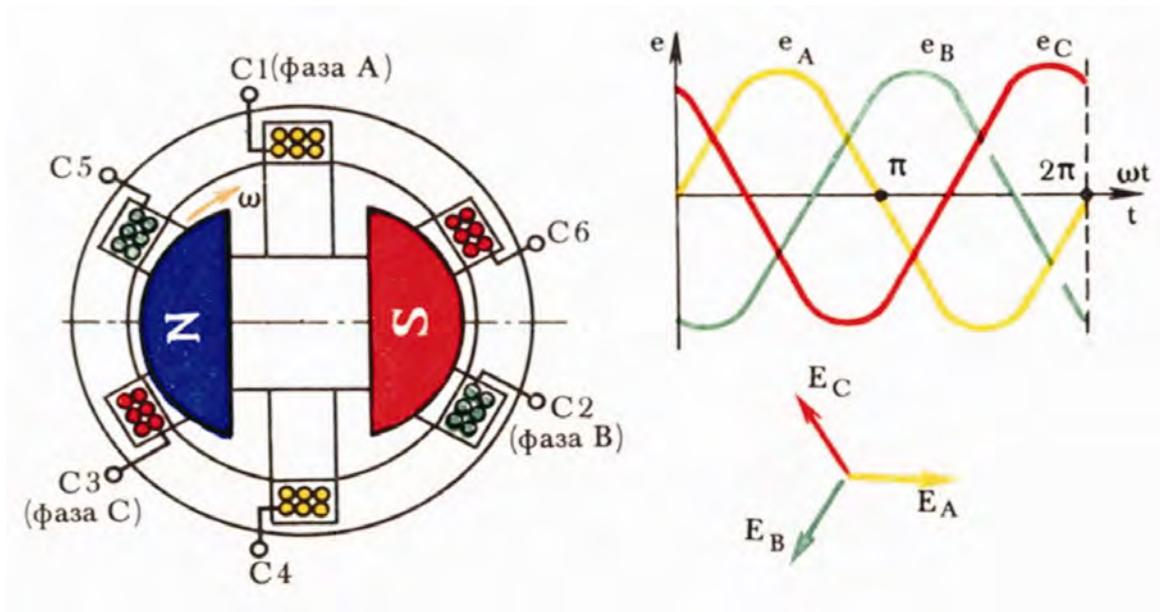


ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические рекомендации к изучению дисциплины

Составители *А. С. Кудашев, В. Н. Злобин, М. А. Першина*



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2013

УДК 621.3(076.5)
ББК 31.2я73
О28

О28 **Общая** электротехника и электроника [Электронный ресурс]: методические рекомендации к изучению дисциплины / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. А. С. Кудашев, В. Н. Злобин, М. А. Першина. — Электронные текстовые и графические данные (5,2 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2013. — Учебное электронное издание : 1 DVD-диск. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; 2-скоростной дисковод DVD-ROM; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Представлены общие методические рекомендации по изучению дисциплины «Электротехника и электроника», вопросы для самопроверки знаний по отдельным темам, методические рекомендации по решению задач и выполнению контрольных работ, требования к их оформлению. Даны примеры решения задач. В приложении приведены необходимые для расчетов табличные данные. Список рекомендуемой литературы содержит современную справочную литературу, необходимую также при курсовом и дипломном проектировании.

Для студентов направления «Теплоэнергетика и теплотехника» различных форм обучения, студентов других направлений и специальностей.

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader.

УДК 621.3.3(076.5)
ББК 31.2я73

Нелегальное использование данного продукта запрещено

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие методические рекомендации по изучению дисциплины «Электротехника и электроника»	4
Вопросы для самопроверки	5
Методические указания к решению задач	12
Порядок выполнения контрольных работ	13
Требования к оформлению контрольных работ	14
Примеры решения задач	15
Варианты контрольных заданий	31
Список рекомендуемой литературы	38
Приложение	39

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

1. Изучение дисциплины связано с некоторыми трудностями, поскольку о процессах, происходящих в различных электрических цепях и устройствах, можно судить только по наблюдениям за показаниями измерительных приборов. Теория этих процессов излагается на математической основе, следовательно, изучение курса требует от студента умения свободно пользоваться математическим аппаратом. Для успешного овладения курсом требуются также знания физики, особенно по разделу «Электричество».

2. Изучение дисциплины должно вестись систематически и сопровождаться составлением подробного конспекта. В конспект рекомендуется включать все виды учебной работы: лекции, самостоятельную проработку учебников, решение задач, лабораторный практикум, ответы на вопросы самопроверки.

3. После прочтения какого-либо раздела по учебникам или конспекту лекции рекомендуется воспроизвести в памяти и записать в тетрадь определения, выводы формул, начертить схемы, графики и ответить на вопросы для самопроверки. Такой метод даст возможность проверить усвоение материала и запомнить основные элементы прочитанного. Систематическое накопление записей приводит, в конечном счете, к составлению конспекта всего курса.

4. После усвоения теории по одной теме нужно разобрать (по задачкам, указанным в списке рекомендуемой литературы или др.) решения задач, относящихся к этой теме, и самостоятельно решить несколько задач. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний. Контрольные работы служат для этой же цели. Их следует рассматривать не как дополнительную нагрузку, а как одну из форм изучения и повторения курса. Правильное решение задач контрольных работ является критерием степени усвоения материала студентом.

5. Такую же цель, но в ином плане, преследуют лабораторные занятия. Проводимые в электротехнической лаборатории несложные исследования дают возможность непосредственно наблюдать явления и процессы, теория которых излагается в учебниках и на лекциях. Поэтому студент должен активно участвовать в выполнении всех лабораторных работ.

6. При изучении теории электрических цепей, электромагнитных устройств и электрических машин, элементной базы современных электронных устройств и самих этих устройств, а также методов решения задач главное внимание следует уделять разбору происходящих в них физических процессов.

Простое запоминание формул, характеристик, уравнений, схем недостаточно для понимания происходящих в цепях и устройствах явлений.

7. Следует иметь в виду, что все темы изучаемой дисциплины являются в равной мере важными, и нет таких тем и вопросов, которыми можно пренебречь. Как и в любой другой науке, нельзя приступать к изучению последующих глав, не усвоив предыдущих. Теоретический материал каждой темы имеет существенное практическое значение.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Цепи постоянного тока. Основные методы расчета

1. Какое соединение называется последовательным, параллельным, смешанным, треугольником, звездой?

2. Начертите схему электрической цепи, состоящей из источника питания, потребителя (не содержащего ЭДС) и соединительных проводов. Обозначьте элементы схемы и напишите выражение закона Ома для всей цепи.

3. Напишите закон Ома для участка цепи, содержащего только приемник энергии (пассивный).

4. Сформулируйте законы Кирхгофа и запишите их выражения.

5. Выведите выражение для эквивалентного сопротивления участка цепи, состоящего из нескольких параллельно соединенных сопротивлений.

6. Напишите выражение для эквивалентного сопротивления двух параллельно соединенных резисторов.

7. Сформулируйте определения понятий линейной и нелинейной цепей постоянного тока.

8. Начертите вольтамперную характеристику линейного и какого-нибудь нелинейного элементов.

9. Изложите сущность методов расчета электрических цепей с несколькими источниками: методы непосредственного применения законов Кирхгофа, контурных токов и узлового напряжения.

10. На чем основывается метод наложения? Как производится расчет цепи по этому методу?

Однофазные цепи

1. Что называют мгновенным, амплитудным, средним и действующим значениями напряжения и тока?

2. Дайте определение периода и частоты переменного тока и укажите, в каких единицах их измеряют.

3. Как выражается зависимость частоты переменного тока от числа пар полюсов и частоты вращения генератора?

4. Как можно изобразить (задать) синусоидальные величины?
5. Начертите векторную диаграмму, а также временные графики тока, напряжения и мощности цепи с активным сопротивлением.
6. Объясните природу индуктивного сопротивления в цепи при переменном токе.
7. Начертите векторную диаграмму, а также временные графики тока, напряжения и мощности цепи с активным и индуктивным сопротивлениями.
8. Начертите треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей для цепи с активным и индуктивным сопротивлениями.
9. Дайте определение активной, реактивной и полной мощности. В каких единицах они измеряются?
10. Начертите векторную диаграмму тока и напряжений неразветвленной цепи с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями.
11. Укажите условия возникновения резонанса напряжений.
12. Начертите векторную диаграмму напряжения и токов разветвленной цепи.

Трехфазные цепи

1. Перечислите преимущества трехфазных установок перед однофазными.
2. Начертите схемы соединений генераторов (трансформаторов) и потребителей переменного тока звездой и треугольником, указав при этом фазные и линейные токи и напряжения.
3. Напишите соотношения между фазными и линейными токами и напряжениями при соединении симметричной нагрузки звездой и треугольником.
4. Для каких целей применяется четырехпроводная трехфазная система и каково назначение нейтрального провода?
5. Можно ли ставить предохранитель в нейтральном проводе?
6. Начертите векторные диаграммы напряжений и токов при соединении звездой и треугольником в случае симметричной нагрузки.
7. Какими формулами выражается мощность трехфазной цепи?
8. Можно ли обмотки трехфазного электродвигателя переключить со звезды на треугольник и при каком условии?

Магнитные цепи

1. Что такое магнитный поток, магнитная индукция, напряженность магнитного поля и в каких единицах они измеряются?
2. Какой зависимостью характеризуются свойства ферромагнитных материалов? В какой форме она задается?
3. Начертите петлю гистерезиса ферромагнитного материала и обозначьте на ней характерные точки: остаточной магнитной индукции, коэрцитивной силы.
4. Сформулируйте закон полного тока и поясните его применение при расчете.
5. Начертите схему неразветвленной магнитной цепи с воздушным зазором в ферромагнитном сердечнике. Напишите для нее закон полного тока.

6. Прямая и обратная задачи расчета указанной выше цепи. Способы расчета.
7. Выведите закон Ома для магнитной цепи. Почему это выражение не может быть непосредственно использовано для расчета магнитной цепи?
8. Изложите метод расчета симметричной разветвленной магнитной цепи.

Трансформаторы

1. Назначение и принцип работы трансформатора. Может ли работать трансформатор на постоянном токе?
2. Напишите выражения для действующих значений ЭДС, наводимых в первичной и вторичной обмотках трансформатора основным магнитным потоком.
3. Назовите режимы работы трансформатора. Для чего предназначен опыт холостого хода трансформатора?
4. Что называют коэффициентом трансформации трансформатора?
5. Напишите уравнение магнитодвижущих сил в трансформаторе.
6. Напишите уравнение токов трансформатора и объясните физический смысл составляющих первичного тока.
7. Объясните, почему магнитный поток трансформатора практически не зависит от нагрузки.
8. Напишите уравнения напряжений (уравнения электрического состояния) для первичной и вторичной обмоток и объясните смысл каждого из членов этих уравнений.
9. С какой целью проводят опыт короткого замыкания трансформатора?
10. Что называется процентным изменением напряжения трансформатора?
11. Какие потери в трансформаторе являются постоянными и какие — переменными?
12. Напишите общее выражение для КПД трансформатора с учетом коэффициента нагрузки.
13. Как устроен трехфазный трансформатор?
14. Перечислите номинальные параметры силовых трансформаторов.

Асинхронные машины

1. Объясните принцип действия асинхронного двигателя.
2. Как образуется вращающееся магнитное поле в асинхронном двигателе? Основные условия его получения.
3. Какой формулой выражается зависимость частоты вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя от числа пар полюсов и частоты напряжения сети?
4. Что называется скольжением в асинхронном двигателе? Как изменяется скольжение?
5. Как осуществить изменение направления вращения ротора асинхронного двигателя (реверсирование)?
6. Почему ротор асинхронного двигателя вращается с частотой, меньшей частоты вращения магнитного поля статора?

7. От каких величин зависит вращающий момент асинхронного двигателя?
8. Изобразите механическую характеристику асинхронного двигателя. Какая ее часть соответствует устойчивой работе двигателя, а какая — неустойчивой?
9. Каков КПД современных асинхронных двигателей?
10. Как изменяется КПД асинхронного двигателя при переходе от холостого хода к полной нагрузке?
11. Как изменяется коэффициент мощности асинхронного двигателя при изменении нагрузки?
12. Какие существуют пути уменьшения пускового тока в асинхронных двигателях?
13. Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей. Какой из них наиболее перспективный?
14. Перечислите номинальные параметры асинхронных двигателей.

Синхронные машины

1. Изложите устройство синхронной машины.
2. Принцип действия синхронного двигателя.
3. Какие частоты вращения может иметь ротор синхронного двигателя при частоте напряжения сети 50 Гц в зависимости от числа пар полюсов статора?
4. В чем проблема пуска синхронных двигателей? Как осуществляется пуск синхронных двигателей?
5. Объясните явление выпадения из синхронизма синхронного двигателя.
6. Начертите механическую и U-образные характеристики синхронного двигателя.
7. Как влияет изменение тока возбуждения на режим работы синхронного двигателя?
8. Возможно ли регулирование частоты вращения в синхронном двигателе?
9. Как используется синхронный двигатель для улучшения коэффициента мощности потребителя?

Машины постоянного тока

1. Изобразите схематически устройство машины постоянного тока.
2. Объясните принцип работы двигателя постоянного тока.
3. Объясните устройство и назначение коллектора.
4. Напишите формулу противоЭДС, наводимой в обмотке якоря двигателя постоянного тока.
5. От каких величин зависит вращающий момент двигателя постоянного тока?
6. Напишите уравнение электрического состояния двигателя постоянного тока.
7. Перечислите способы возбуждения машин постоянного тока.
8. Начертите электрическую схему двигателя постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением.

9. Перечислите способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока и укажите их преимущества и недостатки.

10. Как осуществляется пуск двигателей постоянного тока? Каким образом осуществляется реверсирование двигателей постоянного тока?

Электротехнологии. Основы электропривода

1. Какими вопросами занимаются в электротехнологии?

2. Перечислите электротехнологические установки, применяемые в строительстве и строительной индустрии.

3. Какие электросварочные устройства применяются на строительстве?

4. Какими способами формируется падающая внешняя характеристика в сварочных генераторах и сварочных трансформаторах? Как в них регулируется величина сварочного тока?

5. Объясните принцип работы электрических вибраторов (электромоторных и электромагнитных).

6. Какие материалы применяются в электронагревательных приборах?

7. В чем заключаются особенности и трудности электропрогрева бетона?

8. Перечислите и проанализируйте способы электропрогрева бетона.

9. Дайте определение электропривода. Какие типы электроприводов вы знаете?

10. Напишите уравнение движения электропривода.

11. Перечислите типовые режимы работы приводных электродвигателей и дайте их определение.

12. Каковы критерии выбора приводного электродвигателя по типу и роду тока?

13. Как производится расчет мощности и выбор двигателя для длительного режима работы?

14. Как производят расчет мощности и выбор двигателя для кратковременного и повторно-кратковременного режимов работы?

15. Начертите схему управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя.

Электроснабжение

1. Каковы особенности электроснабжения строительства и предприятий стройиндустрии?

2. Перечислите характерные приемники электрической энергии на строительстве и предприятиях стройиндустрии.

3. Охарактеризуйте категории электроприемников по надежности электроснабжения.

4. Перечислите виды источников электроснабжения, применяемых в строительстве и стройиндустрии?

5. Как выбирают источники электроснабжения?

6. Начертите и объясните схемы внешнего электроснабжения.

7. Начертите и объясните схемы внутреннего электроснабжения.

8. В чем заключаются достоинства и недостатки радиальных и магистральных схем?
9. Какие методы расчета электрических нагрузок вы знаете?
10. Что называется коэффициентом спроса и в чем его суть?
11. Опишите методику определения электрических нагрузок по методу коэффициента спроса.
12. В чем заключается расчет электрических сетей?
13. По каким двум критериям рассчитывают электрические линии?
14. В чем сущность расчета сечений проводов по условиям нагрева?
15. Напишите формулы для определения потери напряжения в линиях однофазного и трехфазного тока.
16. По какому условию выбирается ток плавкой вставки предохранителя для защиты линий от токов короткого замыкания?
17. Каковы преимущества и недостатки защиты проводов автоматическими выключателями по сравнению с предохранителями?
18. Перечислите основные виды понижающих трансформаторных подстанций.
19. Начертите схему понижающей трансформаторной подстанции 6 (10)/0,4 кВ и объясните назначение всех ее элементов.
20. Как определяют мощность трансформаторной подстанции?
21. Что такое коэффициент мощности? Его экономическое значение и способы повышения.

Полупроводниковые приборы

1. Изобразите кристаллическую структуру химически чистого полупроводника.
2. Поясните сущность электронной (*n*-типа) и дырочной (*p*-типа) проводимостей в рассматриваемой кристаллической структуре.
3. Каков механизм возникновения примесной проводимости *p*-типа?
4. Каков механизм возникновения примесной проводимости *n*-типа?
5. Как образуется в полупроводнике электронно-дырочный переход? Каковы его свойства?
6. Изобразите вольтамперную характеристику *p-n*-перехода и объясните ее характер.
7. Как делятся полупроводниковые приборы?
8. Устройство и свойства полупроводниковых диодов.
9. Изобразите структуру биполярного транзистора и поясните принцип его работы.
10. Чем отличаются транзисторы типа *p-n-p* от транзисторов типа *n-p-n*?
11. Перечислите схемы включения транзисторов.
12. Начертите вольтамперные характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.
13. Изобразите структуру тиристора и поясните принцип его работы с использованием вольтамперной характеристики.
14. Каковы области применения тиристоров?

Электронные устройства

1. Перечислите источники вторичного электропитания и объясните их назначение.
2. Изобразите структурную схему выпрямителя и объясните назначение всех ее элементов.
3. Как классифицируются выпрямители?
4. Принцип выпрямления переменного тока.
5. Начертите схемы однофазных двухполупериодных выпрямителей и поясните принцип их работы.
6. Каковы постоянная составляющая и коэффициент пульсации в этих схемах выпрямителей?
7. Начертите схему трехфазного однополупериодного выпрямителя и поясните принцип его работы.
8. Каковы достоинства трехфазных выпрямителей?
9. Что представляют собой управляемые выпрямители?
10. Начертите схему и поясните принцип работы инвертора, ведомого сетью.
11. По какому параметру оценивают сглаживающее действие фильтра?
12. По каким признакам классифицируются электронные усилители?
13. Начертите схему резистивного усилительного каскада на транзисторе с общим эмиттером, поясните назначение элементов схемы и принцип ее работы.
14. Как определяется коэффициент усиления усилительного каскада (по напряжению, току, мощности)?
15. В каких случаях используют многокаскадные усилители?
16. Каким образом осуществляется связь между каскадами в многокаскадном усилителе?
17. В чем особенности построения усилителей постоянного тока?
18. Что такое обратная связь в усилителях? Какие виды обратной связи вы знаете? Для чего ее применяют в усилителях?
19. Принципиальное отличие усилителя мощности от усилителя напряжения.
20. В чем заключается принцип работы импульсных устройств? Каковы преимущества импульсного режима работы электронных устройств перед непрерывным?
21. Начертите схемы и объясните принцип работы диодного и транзисторного ключей.
22. Начертите схемы и объясните принцип работы транзисторного триггера и симметричного транзисторного мультивибратора.
23. Что такое интегральные микросхемы? Их классификация.
24. Назовите элементарные логические операции и сделайте их символическую запись.
25. Изложите в виде таблиц истинности правила выполнения элементарных логических операций над двоичными переменными (для случая двух переменных).
26. Перечислите основные логические элементы и изобразите их условные обозначения.

27. Начертите схему и условное обозначение асинхронного RS-триггера на логических элементах ИЛИ — НЕ.

28. Что называется микропроцессором? Нарисуйте и поясните его обобщенную структурную схему.

Электрические измерения и приборы

1. Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешностям. Какая из этих погрешностей оценивает точность измерительного прибора?

2. Поясните устройство и принцип действия приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической систем.

3. Как устроен счетчик индукционной системы?

4. В чем особенности конструкции логометров?

5. Поясните типовые обозначения на шкале прибора.

6. Какими способами расширяют пределы измерений приборов постоянного и переменного тока?

7. Начертите схему включения амперметра, вольтметра и ваттметра в однофазную цепь переменного тока.

8. Назовите способы измерения мощности и электроэнергии в трехфазных цепях.

9. Начертите схему измерения активной мощности в трехфазной трехпроводной цепи по методу двух ваттметров.

10. Почему сопротивление амперметра должно быть мало, а сопротивление вольтметра велико?

11. Что произойдет, если ошибочно включить амперметр в цепь параллельно?

12. Какие требования предъявляют к измерительному прибору, выбираемому для измерений?

13. Изобразите мостовую схему измерения сопротивлений и объясните принцип ее работы.

14. Поясните принцип работы цифровых измерительных приборов с квантованием по времени.

15. Назовите основные части электрического устройства для измерения неэлектрических величин.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Задачи по электротехнике и электронике весьма разнообразны, поэтому невозможно предложить единую методику их решения. Ниже приводятся лишь общие рекомендации.

1. Уяснить условия и содержание задачи, выписать заданные величины и величины, подлежащие определению, начертить электрическую схему (если она не задана).

2. Проанализировать схему электрической цепи: выяснить возможности ее упрощения и наглядного изображения; при необходимости определить количество ветвей, узлов и независимых контуров в ней; уяснить другие необходимые вопросы.

3. Разметить схему, т. е. обозначить все ее узлы, показать заданные и принятые направления ЭДС, напряжений и токов. Индексы токов в ветвях рекомендуется выбирать такими же, как у элементов данной ветви.

4. Выбрать метод и составить план решения задачи. При этом полезно просмотреть задачи, решенные в упражнениях или решение которых дано в задачниках.

5. Составить требуемые уравнения и (или) выписать необходимые формулы, после чего решить уравнения или рассчитать по формулам требуемые по условиям задачи величины.

6. Начертить необходимые диаграммы, графики и выполнить другие требуемые графические построения.

7. Обязательно сопровождать решение задачи пояснительным текстом, т. е. указывать законы, на основании которых составлены уравнения, смысл преобразований в схемах и формулах, последовательность действий, комментировать полученные результаты.

8. Во избежание ошибок при числовых расчетах все значения величин подставлять в формулы в основных единицах СИ (В, А, Ом, Ф, Гн и т. д.), для чего все производные единицы следует перевести в основные, например: $1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$, $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$, $1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$ и т. д.

9. Проанализировать в процессе решения задачи полученные результаты: реальны ли найденные значения величин (КПД меньше единицы, коэффициент мощности меньше единицы, омическое или активное сопротивление положительно), возможны ли подобные режимы, правильны ли единицы полученных физических величин и др.

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

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, студент должен внимательно ознакомиться с помещенными ниже указаниями. Несоблюдение этих указаний может стать причиной того, что представленная работа либо не будет зачтена, либо не будет даже принята к рецензированию.

1. При выполнении контрольных работ студент должен руководствоваться тем, что данный процесс является важным элементом в изучении теоретического материала. Вместе с тем выполнение контрольных работ дает студенту возможность получить объективную оценку степени усвоения им изучаемого материала, степени его подготовленности.

2. Все задачи необходимо решать самостоятельно, опираясь на проработанный теоретический материал. В случае затруднений, встречающихся при

изучении той или иной темы, студент может обратиться на кафедру энерго-снабжения и теплотехники ВолгГАСУ за устной или письменной консультациями.

3. В соответствии с программами учебной дисциплины каждый студент должен выполнить контрольные работы. Задачи для контрольных работ по различным разделам курса приведены ниже.

4. Номера задач, которые должен выполнить студент в каждой из контрольных работ, устанавливаются кафедрой энергоснабжения и теплотехники.

5. Номер решаемого варианта определяется по двум последним цифрам учебного шифра студента. Вариант числовых значений выбирается по последней цифре шифра, а расчетная схема — по предпоследней цифре. Например, если учебный шифр 12167, то студент выполняет вариант числовых значений 7, а номер схемы — 6.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Предоставляемая на рецензию контрольная работа должна быть надлежащим образом оформлена. Следует иметь в виду, что работа, оформление которой не удовлетворяет изложенным ниже требованиям, не будет принята рецензентом к рассмотрению.

1. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой должны быть указаны: вид работы (контрольная), наименование дисциплины в дательном падеже (по электротехнике и электронике), номер контрольной работы, фамилия, имя и отчество студента и его домашний адрес, номера учебного шифра и учебной группы.

2. Текст, формулы и числовые выкладки должны быть написаны авторучкой четко и аккуратно, без всяких помарок.

3. Схемы, графики, векторные диаграммы выполняются с помощью чертежных инструментов и в достаточно крупном масштабе.

4. Электрические схемы вычерчиваются с соблюдением установленных ГОСТами условных графических обозначений элементов схем.

5. Буквенно-цифровые обозначения элементов в электрических схемах должны соответствовать ГОСТ 2.710—81.

6. Буквенные обозначения и единицы физических величин должны соответствовать ГОСТу.

7. Графики желательно чертить на миллиметровой бумаге. Оси координат проводят сплошными линиями, масштабы шкал по осям выбирают равномерными, начиная с нуля, с использованием всей площади графика. Цифры шкал наносят слева от оси ординат и под осью абсцисс. Буквенное обозначение шкалы и единицу измерения указывают над числами шкалы ординат и под осью абсцисс, справа вместо последнего числа шкалы.

8. Векторные диаграммы строятся в масштабе, который указывается таким образом: $m_U = \dots$ В/см, $m_I = \dots$ А/см.

9. В конце контрольной работы ставится дата ее выполнения и личная подпись студента.

10. Контрольная работа засчитывается, если решение всех задач выполнено принципиально правильно и отвечает перечисленным требованиям. В случае если контрольная работа не зачтена, все исправления должны быть сделаны студентом в той же тетради после подписи преподавателя-рецензента. Нельзя вносить какие-либо исправления в текст, расчеты или графики, просмотренные преподавателем. Исправленный вариант контрольной работы студент должен предоставить вместе с первоначальным вариантом.

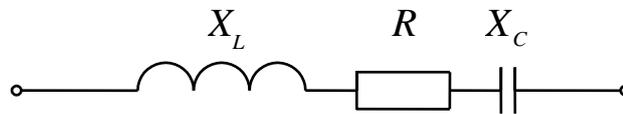
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1

В цепь переменного тока напряжением $U = 300$ В и частотой 50 Гц включена последовательно катушка с индуктивным сопротивлением $X_L = 40$ Ом и активным сопротивлением $R = 30$ Ом и конденсатор емкостью $C = 400$ мкФ.

Определить ток, напряжение на катушке и конденсаторе, активную и реактивную мощности катушки, конденсатора и всей цепи. Определить, при какой частоте наступит резонанс в цепи, и каковы при этом будут ток, напряжение на катушке и конденсаторе, их реактивные мощности и активная мощность цепи. Построить векторные диаграммы для этих режимов работы.

Решение



1. Реактивное сопротивление конденсатора, Ом,

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 50} = 8.$$

2. Комплексное сопротивление катушки, Ом,

$$Z_k = R + jX_L = z_k e^{j\varphi} = 30 + j40 = 50e^{j53},$$

где z_k — модуль комплексного сопротивления катушки; φ — аргумент, равный $\varphi = \arctg \frac{X_L}{R}$.

3. Комплексное сопротивление всей цепи, Ом,

$$Z = R + jX_L - jX_C = 30 + j40 - j8 = 30 + j32 = 44e^{j47},$$

где модуль комплексного сопротивления цепи $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$,
 $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$.

4. Ток цепи, определяемый по закону Ома, А,

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{300}{44e^{j47}} = 6,8e^{-j47}, \varphi = 47^\circ.$$

5. Напряжения на участках цепи, В,

$$U_k = IZ_k = 6,8e^{-j47} \cdot 50e^{j53} = 340e^{j6}, \varphi_k = 6^\circ;$$

$$U_C = IX_C e^{-j90} = 6,8e^{-j47} \cdot 8e^{-j90} = 54,4e^{-j137}, \varphi_C = 137^\circ.$$

6. Мощности цепи:

реактивные, вар:

на катушке

$$Q_L = I^2 X_L = 6,8^2 \cdot 40 = 1850;$$

на конденсаторе

$$Q_C = I^2 X_C = 6,8^2 \cdot 8 = 370;$$

активная мощность, Вт, выделяется только на активном сопротивлении катушки R :

$$P = I^2 R = 6,8^2 \cdot 30 = 1387;$$

полная мощность цепи (кажущаяся), В·А,

$$\hat{S} = P + j(Q_L - Q_C),$$

или

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} = \sqrt{1387^2 + (1850 - 370)^2} = 2029.$$

7. Из условия резонанса напряжений определяют его частоту.

Условие резонанса:

$$X_L = X_C,$$

или

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C},$$

откуда частота резонанса, Гц,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1274 \cdot 400 \cdot 10^{-6}}} = \frac{1000}{2\pi\sqrt{0,1274 \cdot 400}} = 2,23,$$

где индуктивность, Гн,

$$L = \frac{X_L}{314} = \frac{40}{314} = 0,1274.$$

8. Комплексное сопротивление цепи при резонансе — чисто активное, $Z = R = 30$ Ом.

Реактивные сопротивления, Ом, равны

$$X_L = X_C = 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f C} = 2\pi \cdot 2,23 \cdot 0,1274 = \frac{10^6}{2\pi \cdot 2,23 \cdot 400} = 17,85.$$

9. Напряжения на участках цепи, В,

$$U_k = IZ_k = \frac{300}{30}(30 + j17,84) = \frac{300}{30} \cdot 35e^{j31} = 350e^{j31}, \varphi_k = 31^\circ,$$

где $I = \frac{U}{R}$ — общий ток цепи.

Реактивное емкостное напряжение

$$U_C = IX_C e^{-j90} = 10 \cdot 17,85e^{-j90} = 178,5e^{-j90} \text{ В}, \varphi_c = -90^\circ.$$

10. Мощности при резонансе:

реактивные, вар,

$$|Q_L| = |Q_C| = I^2 X = 10^2 \cdot 17,84 = 1784;$$

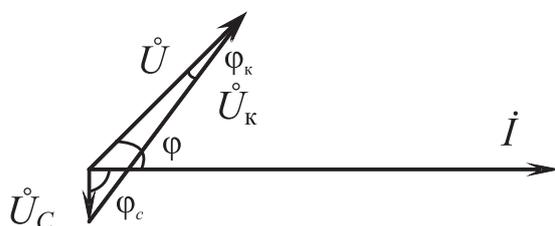
активная, Вт,

$$P = I^2 R = 10^2 \cdot 30 = 3000;$$

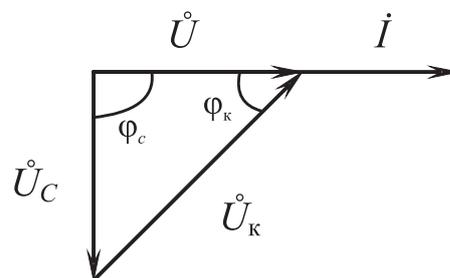
полная мощность цепи — чисто активная $S = P$.

11. Векторные диаграммы цепи:

До резонанса		При резонансе	
Масштаб тока	1 см — 1 А	Масштаб тока	1 см — 2 А
Масштаб напряжений	1 см — 100 В	Масштаб напряжений	1 см — 100 В



До резонанса



При резонансе

Задача 2

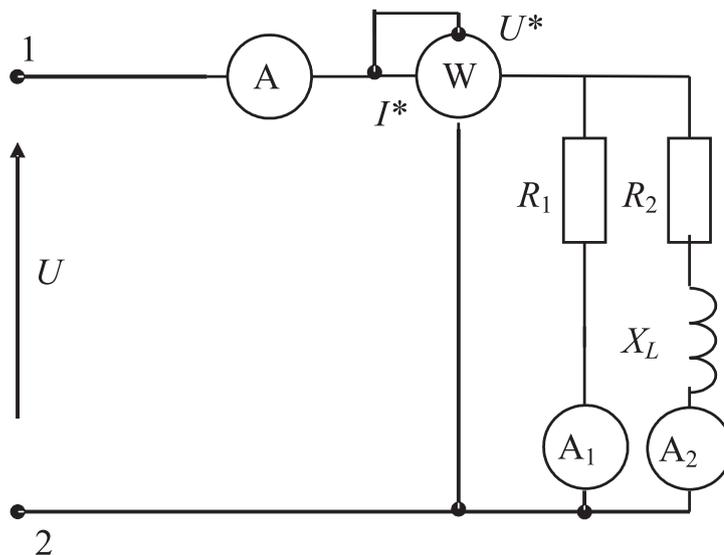
В сеть переменного тока напряжением $U = 250$ В включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с сопротивлениями $R_1 = 25$ Ом, $R_2 = 10$ Ом и $X_L = 7$ Ом.

Определить показания измерительных приборов, полную и реактивную мощности цепи, построить векторную диаграмму, треугольники токов и мощностей.

Решение

1. Комплексное сопротивление второй ветви, Ом,

$$Z_2 = R_2 + jX_L = 10 + j7 = 12,2e^{j35}.$$



2. Комплексное сопротивление всей цепи, Ом,

$$Z = \frac{R_1 Z_2}{R_1 + Z_2} = \frac{25 \cdot 12,2e^{j35}}{35e^{j11}} = 9e^{j24}.$$

3. Общий ток цепи, А,

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{250}{9e^{j24}} = 28e^{-j24}, \varphi = -24^\circ.$$

Ток первичной ветви, А,

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{250}{25} = 10, \varphi_1 = 0^\circ.$$

Ток вторичной ветви, А,

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{250}{12,2e^{j35}} = 21e^{-j35}, \varphi_2 = -35^\circ.$$

Амперметр в общей ветви покажет 28 А, в первой ветви показания равны 10 А, а во второй — 21 А.

4. Ваттметр покажет суммарную активную мощность цепи

$$P = P_1 + P_2,$$

где $P_1 = I_1^2 R_1 = 10^2 \cdot 25 = 2500$ Вт; $P_2 = I_2^2 R_2 = 21^2 \cdot 10 = 4410$ Вт; $P = 6910$ Вт — показания ваттметра.

Реактивная мощность, вар, определяется только величиной X_L и равна

$$Q_L = I_2^2 X_L = 21^2 \cdot 7 = 3087.$$

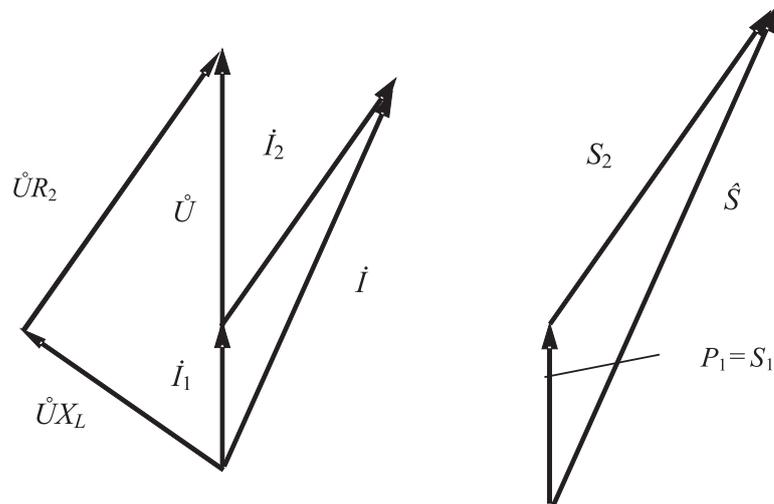
Полная мощность цепи, В·А:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{6910^2 + 3087^2} = 7568.$$

5. Векторная диаграмма цепи.

Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току и напряжению. Масштаб тока: в 1 см — 5А, масштаб мощностей: в 1 см — 10^3 В·А.

6. Из треугольника токов I_1, I_2, I можно получить треугольник мощностей, если умножить векторы токов на общее напряжение U .



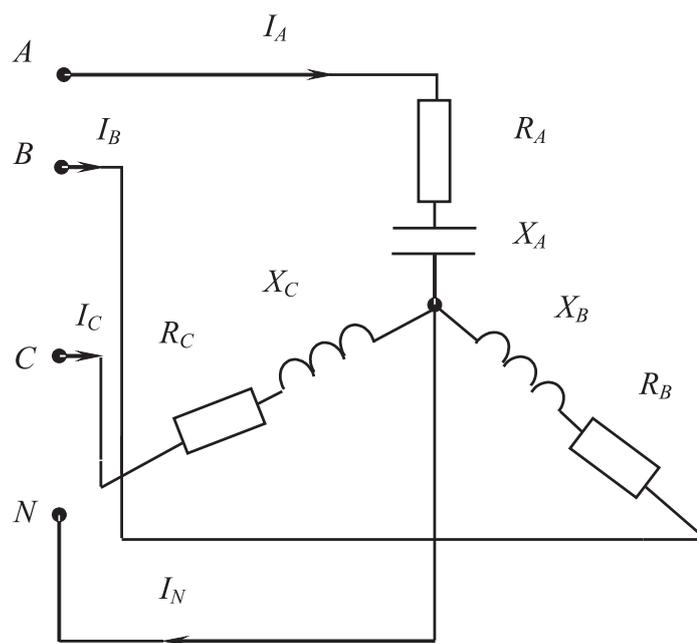
Задача 3

В трехфазную четырехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}} = 220$ В включены звездой сопротивления $R_A = 6$ Ом, $R_B = 7$ Ом, $R_C = 9$ Ом, $X_A = 7$ Ом, $X_B = 6$ Ом, $X_C = 11$ Ом.

Определить фазные и линейные токи, ток нейтрального провода, мощности всей цепи и каждой фазы в отдельности.

Построить векторную диаграмму цепи. Задачу решить комплексным методом.

Решение



1. Комплексные сопротивления фаз, Ом:

$$Z_A = R_A - jX_A = 6 - j7 = 9e^{-j49};$$

$$Z_B = R_B + jX_B = 7 + j6 = 9e^{j41};$$

$$Z_C = R_C + jX_C = 9 + j11 = 14e^{j51}.$$

2. Фазные напряжения, В:

$$U_\phi = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127;$$

$$U_A = 127; U_B = 127e^{-j120}; U_C = 127e^{j120}.$$

3. Фазные токи (в звезде они же линейные), А:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{127}{9e^{-j49}} = 14e^{j49};$$

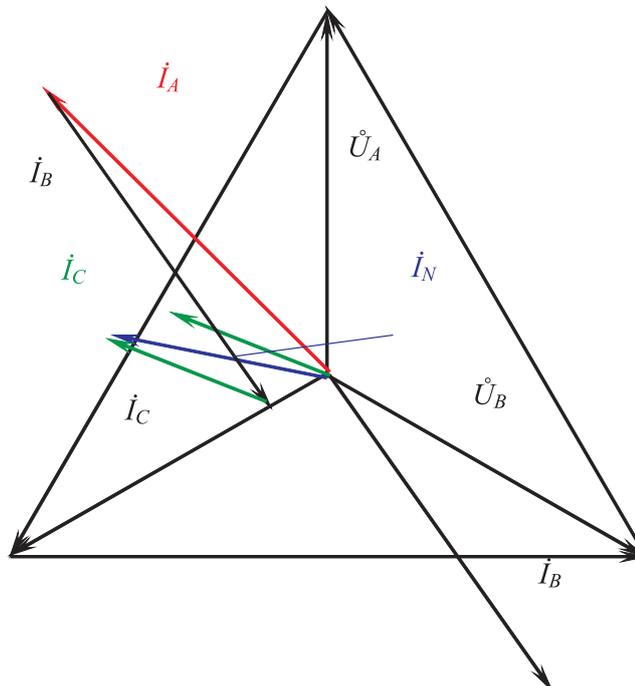
$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{127e^{-j120}}{9e^{j41}} = 14e^{-j161};$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{127e^{j120}}{14e^{j51}} = 9e^{j69}.$$

4. Ток нейтрального провода находят графически из векторной диаграммы с учетом, что $I_N = I_A + I_B + I_C$.

Масштаб токов: в 1 см — 5 А.

Масштаб напряжений: в 1 см — 25 В.



$$U_{\text{л}} = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 220 \text{ В.}$$

Ток I_N в масштабе имеет длину 23 мм = 2,3 см. $I_N = 2,3 \cdot 5 = 11,5 \text{ А.}$

1. Мощности фаз и всей цепи:

$$P_A = I_A^2 R_A = 14^2 \cdot 6 = 1176 \text{ Вт;}$$

$$P_B = I_B^2 R_B = 14^2 \cdot 7 = 1372 \text{ Вт;}$$

$$P_C = I_C^2 R_C = 9^2 \cdot 9 = 729 \text{ Вт;}$$

$$Q_A = I_A^2 X_A = 14^2 \cdot 7 = 1372 \text{ вар;}$$

$$Q_B = I_B^2 X_B = 14^2 \cdot 6 = 1176 \text{ вар;}$$

$$Q_C = I_C^2 X_C = 9^2 \cdot 11 = 891 \text{ вар.}$$

Активная мощность всей цепи, Вт,

$$P = P_A + P_B + P_C = 3277.$$

Реактивная мощность, вар,

$$Q = -Q_A + Q_B + Q_C = 695.$$

Полная мощность цепи, В·А,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3277^2 + 695^2} = 3350.$$

Полная мощность фаз, В·А,

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = \sqrt{1176^2 + 1372^2} = 1807 \text{ — активно-емкостного характера;}$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{1372^2 + 1176^2} = 1807 \text{ — активно-индуктивного характера;}$$

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} = \sqrt{729^2 + 891^2} = 1151 \text{ — активно-индуктивного характера.}$$

Задача 4

В трехфазную трехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}} = 120 \text{ В}$ включены треугольником активные сопротивления $R_{AB} = 5 \text{ Ом}$, $R_{BC} = 9 \text{ Ом}$ и $R_{CA} = 12 \text{ Ом}$.

Определить фазные и линейные токи, активную мощность всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму цепи.

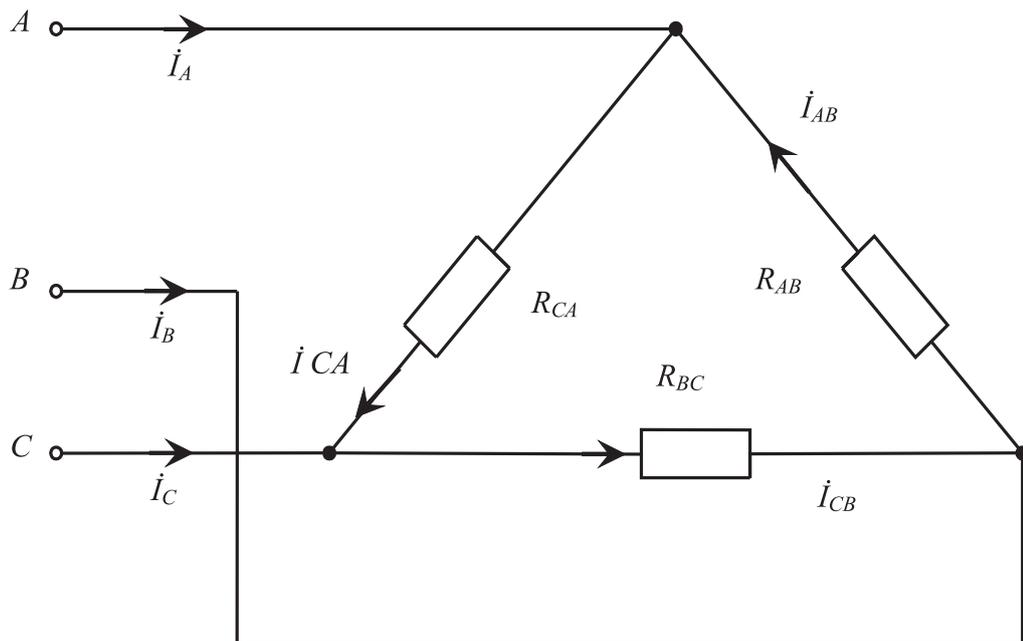
Решение

1. Определим токи фаз, А, которые включены треугольником на линейные напряжения:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{120}{5} = 24;$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_{BC}} = \frac{120}{9} = 13,333;$$

$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{R_{CA}} = \frac{120}{12} = 10.$$



2. Мощность всей цепи и в каждой фазе, Вт, — чисто активная:

$$P_{AB} = I_{AB}^2 R_{AB} = 24^2 \cdot 5 = 2880;$$

$$P_{BC} = I_{BC}^2 R_{BC} = 13,3^2 \cdot 9 = 1599,2;$$

$$P_{CA} = I_{CA}^2 R_{CA} = 10^2 \cdot 12 = 1200;$$

$$S = P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 5679,2.$$

3. Линейные токи определяют из векторной диаграммы цепи. По выражениям уравнений для узлов A, B, C (по 1 закону Кирхгофа):

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{AB} = 56 \text{ A};$$

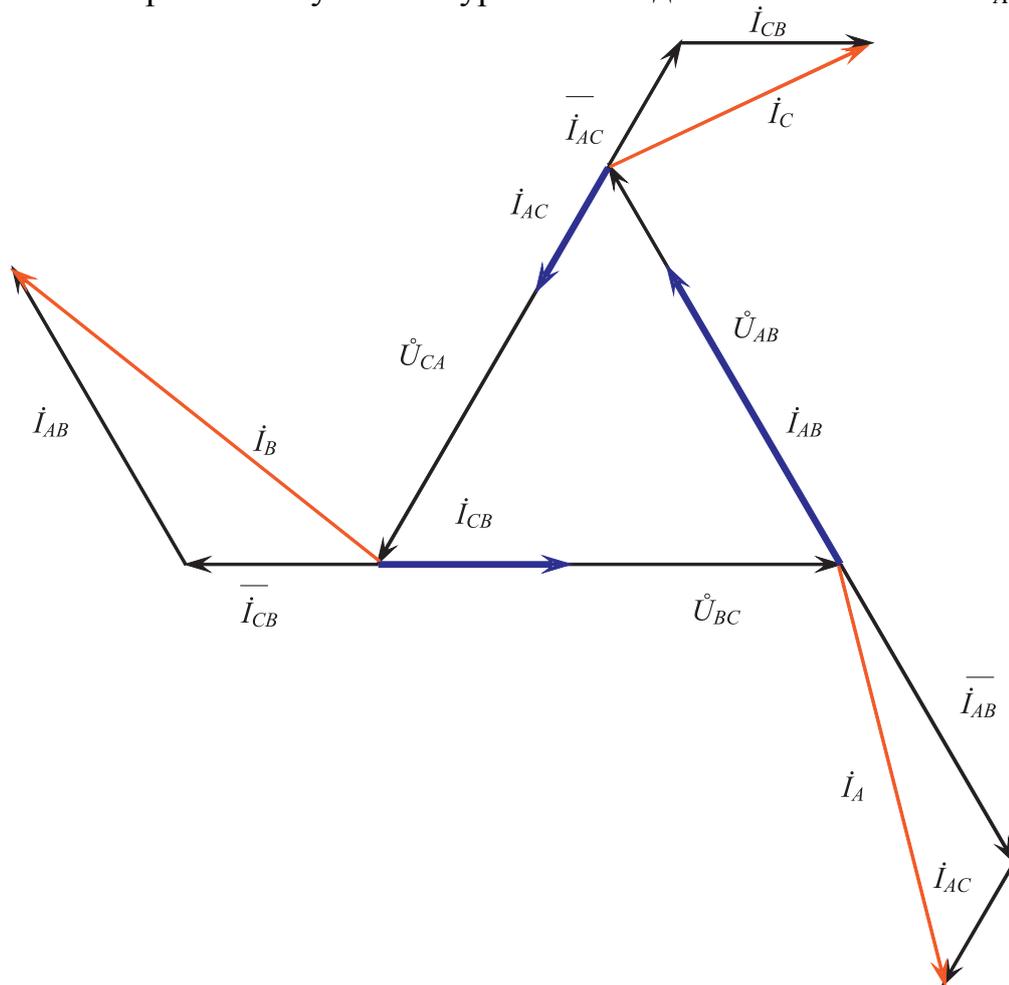
$$\dot{I}_B = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{BC} = 61 \text{ A};$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{CA} = 36 \text{ A}.$$

Масштаб токов: в 1 см — 2,5 А.

Масштаб напряжений: в 1 см — 10 В.

Суммы векторов по полученным уравнениям дают линейные токи I_A, I_B, I_C .



Задача 5

Заданы параметры трехфазного трансформатора. Номинальная мощность $S_{1\text{НОМ}} = 100$ кВ·А. Номинальные напряжения $\frac{U_{1\text{НОМ}}}{U_{2\text{НОМ}}} = \frac{6}{0,4}$ кВ.

Потери холостого хода $P_x = 395$ Вт. Потери короткого замыкания $P_k = 2020$ Вт. Схема соединения обмоток: звезда/звезда, 12 группа соединения.

Определить коэффициент трансформации и номинальные токи обмоток, КПД трансформатора при 50, 100 и 125 % нагрузки от номинальной. Коэффициент мощности нагрузки $\cos \varphi = 0,8$.

Решение

1. Коэффициент трансформации:

$$k = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{U_{2\text{НОМ}}} = \frac{I_{2\text{НОМ}}}{I_{1\text{НОМ}}} = \frac{6}{0,4} = 15.$$

2. Номинальный ток одной первичной фазы, А,

$$I_{1\text{НОМ}} = \frac{S_{1\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{1\text{НОМ}}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6} = 9,6.$$

Номинальный ток вторичной обмотки, А,

$$I_{2\text{НОМ}} = kI_{1\text{НОМ}} = 15 \cdot 9,6 = 144.$$

3. КПД при различных нагрузках:

$$\eta = \frac{S_{1\text{НОМ}} \cos \varphi \cdot \beta}{S_{1\text{НОМ}} \cos \varphi \cdot \beta + P_x + \beta^2 P_k};$$

$$\eta_{50} = \frac{100 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{100 \cdot 0,8 \cdot 0,5 + 0,395 + 0,5^2 \cdot 2,02} = 0,978;$$

$$\eta_{100} = \frac{100 \cdot 0,8}{100 \cdot 0,8 + 0,395 + 2,02} = 0,971;$$

$$\eta_{125} = \frac{100 \cdot 0,8 \cdot 1,25}{100 \cdot 0,8 \cdot 1,25 + 0,395 + 1,25^2 \cdot 2,02} = 0,966.$$

P_x — потери в стали, измеряются при холостом ходе трансформатора. Они зависят от напряжения первичной обмотки, поэтому всегда постоянны.

P_k — потери в меди, измеряются при коротком замыкании вторичных обмоток, в которых при этом течет номинальный ток.

Переменные потери зависят от тока нагрузки трансформатора.

Задача 6

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором определить номинальный и пусковой ток, номинальную частоту вращения, номинальный, максимальный и пусковой моменты. Построить механическую характеристику двигателя.

По условию задано: $P_{\text{НОМ}} = 15$ кВт; $\eta_{\text{НОМ}} = 0,89$; $U_{\text{НОМ}} = 380$ В; $K_i = 7$; $S_{\text{НОМ}} = 3,2$ %; $K_{\text{max}} = 2$; $p = 2$; $K_{\text{п}} = 1,3$; $\cos \varphi_{\text{НОМ}} = 0,88$.

Решение

1. Номинальный ток двигателя в одной фазе, А,

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}} \eta_{\text{НОМ}} \cos \varphi_{\text{НОМ}}} = \frac{15000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,89 \cdot 0,88} = 29,099.$$

2. Пусковой ток, А,

$$I_{\Pi} = K_i I_{\text{НОМ}} = 7 \cdot 29,099 = 203,69.$$

3. Синхронная частота вращения магнитного поля в статоре, об./с,

$$n_o = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об./мин} = 25.$$

Номинальная частота вращения, об./с,

$$n_{\text{НОМ}} = n_o(1 - S_{\text{НОМ}}) = 1500(1 - 0,032) = 1452 \text{ об./мин} = 24,2.$$

4. Номинальный момент, Н·м,

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 P_{\text{НОМ}} / n_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot 15000 / 1452 = 98,657.$$

5. Максимальный момент, Н·м,

$$M_{\text{max}} = K_{\text{max}} M_{\text{НОМ}} = 2 \cdot 98,657 = 197,314.$$

6. Пусковой момент, Н·м,

$$M_{\Pi} = K_{\Pi} M_{\text{НОМ}} = 1,3 \cdot 98,657 = 128,254.$$

7. Механическая характеристика $M = f(S)$ строится по формуле Клосса

$$M = \frac{2M_{\text{max}}}{\frac{S_{\text{кр}}}{S} + \frac{S}{S_{\text{кр}}}}.$$

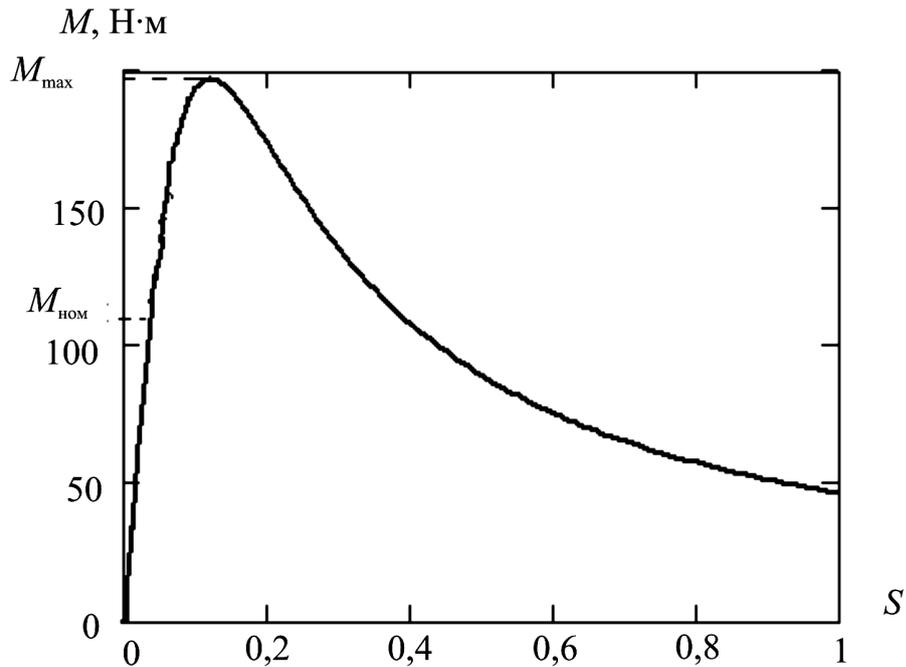
Критическое скольжение $S_{\text{кр}} = \left(K_{\text{max}} + \sqrt{K_{\text{max}}^2 - 1} \right)$.

$$S_{\text{НОМ}} = \left(2 + \sqrt{4 - 1} \right) 0,032 = 0,1194;$$

$$M = \frac{2 \cdot 224}{\frac{0,1194}{S} + \frac{S}{0,1194}}.$$

Результаты вычислений момента при различных скольжениях заносим в табл.

S	0	0,032	0,05	0,07	0,1	0,1194	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	0	98,66	140,5	172,2	194,3	197,314	173,7	108,2	75,6	57,6	46,6



Задача 7

Рассчитать электрическую линию однофазного переменного тока для питания группы ламп накаливания мощностью $P = 1,4$ кВт при напряжении питающей сети $U = 127$ В и протяженности линии $L = 45$ м. Линию проложить в трубе с алюминиевыми проводами. Выбрать предохранители и токи плавких вставок для защиты линии от короткого замыкания.

Решение

1. Для сетей без пусковых токов расчетный ток, А,

$$I_{\text{расч}} = \frac{P}{U} = \frac{1400}{127} = 11.$$

2. По расчетному току из прил. табл. 1 выбрано сечение проводов S для ближайшего большего длительного тока.

Принят провод АПРТО с резиновой изоляцией в столбце таблицы «два одножильных» в трубе с алюминиевыми жилами, $S = 2,5$ мм² для длительного ближайшего большего тока $I_{\text{доп}} = 20$ А.

3. По расчетному току из прил. табл. 2 выбран тип предохранителя с плавкой вставкой из условия $I_{\text{расч}} \leq I_{\text{п.вст}}$. Это предохранители типа НПН2-60 с током вставок $I_{\text{п.вст}} = 16$ А.

4. Чтобы проверить на срабатывание вставки при токе короткого замыкания, рассчитано сопротивление линии при КЗ на ее конце. Из прил. табл. 3 найдено сопротивление алюминиевых проводов с сечением $S = 2,5$ мм². Каждый километр данного провода имеет сопротивление $R = 11,8$ Ом.

При КЗ на конце линии общее сопротивление проводов, Ом, составит

$$R = \frac{90 \cdot 11,8}{1000} = 1,062.$$

Ток короткого замыкания, А, равен

$$I_{\text{к}} = \frac{U}{R} = \frac{127}{1,062} = 120.$$

Должно выполняться соотношение $I_{\text{к}}/I_{\text{п.вст}} > 3$.

$120/16 = 7,5 > 3$, следовательно, вставка выбрана верно.

Задача 8

Рассчитать электрическую линию для питания электродвигателя 4А200М493. Напряжение питающей сети $U = 220$ В. Проводку выполнить в трубах изолированными алюминиевыми проводами. Протяженность линии $L = 40$ м. Выбрать предохранители и токи плавких вставок для защиты двигателя от токов короткого замыкания.

Решение

1. Из прил. табл. 4 для заданного двигателя выписаны параметры, необходимые для расчета:

синхронная скорость $n_0 = 1500$ об./мин;

номинальная мощность $P_{\text{ном}} = 37$ кВт;

КПД $\eta_{\text{ном}} = 0,91$;

$\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$;

кратность пускового тока $K_i = 7$.

2. Номинальный ток, А,

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}} = \frac{37000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,9 \cdot 0,91} = 119.$$

3. Пусковой ток, А,

$$I_{\text{п}} = K_i I_{\text{ном}} = 7 \cdot 119 = 831.$$

4. Ток плавкой вставки, А,

$$I_{\text{п. вст}} = \frac{I_{\text{п}}}{2,5} = 332.$$

Выбран предохранитель типа ПН2-400 с плавкими вставками на ток $I_{\text{п.вст}} = 350$ А по прил. табл. 2.

5. Проверка выбранной вставки для защиты двигателя от токов короткого замыкания:

а) по номинальному току выбрано сечение алюминиевых проводов с учетом длительно допустимых токов на провода.

По прил. табл. 1 для двигателя с $I_{\text{ном}} = 119$ А выбраны три алюминиевых провода сечением $S = 50 \text{ мм}^2$, проложенных в трубе, с $I_{\text{доп}} = 130$ А;

б) по прил. табл. 3 вычислено сопротивление линии из двух проводов сечением $S = 50 \text{ мм}^2$. Общая длина $2L = 80$ м. Из прил. табл. 3 1000 м алюминиевого провода с $S = 50 \text{ мм}^2$ имеет сопротивление 0,59 Ом, а 80 м —

$$R = \frac{0,59 \cdot 80}{1000} = 0,05 \text{ Ом};$$

в) ток короткого замыкания, А,

$$I_{\text{к}} = \frac{U}{R} = \frac{220}{0,05} = 4400.$$

Проверка по току короткого замыкания показывает, что вставка защитит двигатель от тока короткого замыкания, так как $I_{\text{п. вст}}/I_{\text{к}} < 3$: $350/4400 < 3$.

Таким образом, для питания двигателя выбраны предохранители типа ПН 2-400 с плавкими вставками на $I_{\text{п. вст}} = 350$ А и выбрана питающая линия длиной 40 м, состоящая из трех алюминиевых проводов сечением $S = 50 \text{ мм}^2$, изолированных полихлорвиниловой изоляцией и проложенных в трубе.

Задача 9

Рассчитать мощность электродвигателя насоса с номинальной производительностью $Q = 18 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}$ и частотой вращения $n_{\text{ном}} = 920 \text{ об./мин} = 15,33 \text{ об./с}$ при расчетном напоре $H = 28$ м. Плотность перекачиваемой жидкости $\gamma = 1,4 \text{ кг/дм}^3 = 1400 \text{ кг/м}^3$, КПД насоса $\eta_{\text{ном}} = 0,8$, коэффициент загрузки $K_z = 1,0$.

Решение

1. Мощность электродвигателя, кВт, с $n_{\text{ном}} = 1450 \text{ об./мин}$

$$P = \frac{K_z \gamma Q H_{\text{д}}}{1000 \eta_{\text{нас}} \eta_{\text{пер}}},$$

где $\eta_{\text{пер}}$ — коэффициент передачи от двигателя к насосу, $\eta_{\text{пер}} = 1$.

КПД насоса для давлений ниже 40 м выбирается в пределах 0,3...0,6. Выбран $\eta_{\text{нас}} = 0,5$.

$$P = \frac{1400 \cdot 9,81 \cdot 0,005 \cdot 28}{1000 \cdot 1 \cdot 0,5} = 3,85.$$

2. Для скорости $n_{\text{ном}} = 920 \text{ об./мин}$ сделан пересчет по формуле $\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}$,

откуда мощность, кВт,

$$P_2 = \frac{P_1 n_2^3}{n_1^3} = \frac{3,85 \cdot 920^3}{1450^3} = 0,98.$$

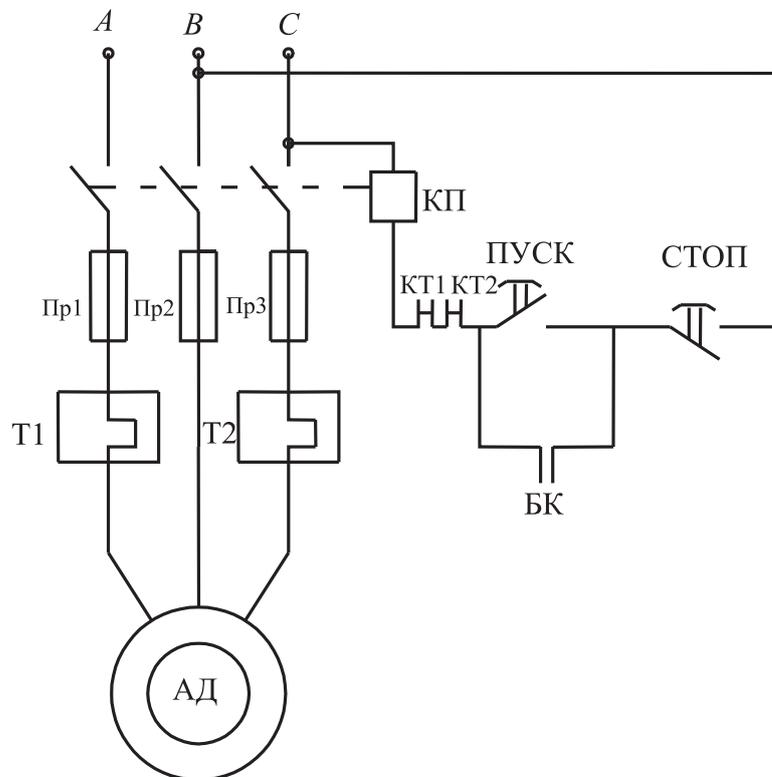
Задача 10

Начертить схему защиты и управления электродвигателем для центробежного насоса типа 4А1002У3. В качестве аппаратов защиты принять предохранители, а в качестве аппарата управления — магнитный пускатель. Выбрать их типы.

Решение

1. Из прил. табл. 4 выписаны параметры заданного двигателя: синхронная частота $n_0 = 3000$ об./мин; номинальная мощность $P_{\text{ном}} = 4$ кВт; номинальный ток $I_{\text{ном}} = 7,9$ А; номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 380$ В; КПД $\eta_{\text{ном}} = 0,865$; $\cos\varphi = 0,89$; кратность пускового тока $K_i = 7,5$; кратность моментов: $K_{\text{max}} = 2,2$; $K_{\text{п}} = 2$; $K_{\text{min}} = 1,2$.

2. Неревверсируемая схема защиты и управления двигателем:



КП — катушка магнитного пускателя на 380 В; Т1, Т2 — тепловое реле; КТ1, КТ2 — нормально-замкнутые контакты теплового реле; БК — блокирующие, нормально-разомкнутые контакты пускателя; Пр1, Пр2, Пр3 — предохранители.

3. Выбор плавкой вставки предохранителя делается с учетом пускового тока двигателя по прил. табл. 2:

$$I_{\text{п}} = K_i I_{\text{ном}} = 7,5 \cdot 7,9 = 59,3;$$

$$I_{\text{п. вст}} = \frac{I_{\text{п}}}{2,5} = 23,7.$$

По этому току выбраны по прил. табл. 2 для ближайшего большего тока предохранители типа НПН 2-60 с током плавкой вставки на 25 А.

По прил. табл. 5 выбран магнитный пускатель типа ПМЕ-212 с тепловым реле на номинальный ток 25 А, открытый, степень защиты — без кожуха.

Задача 11

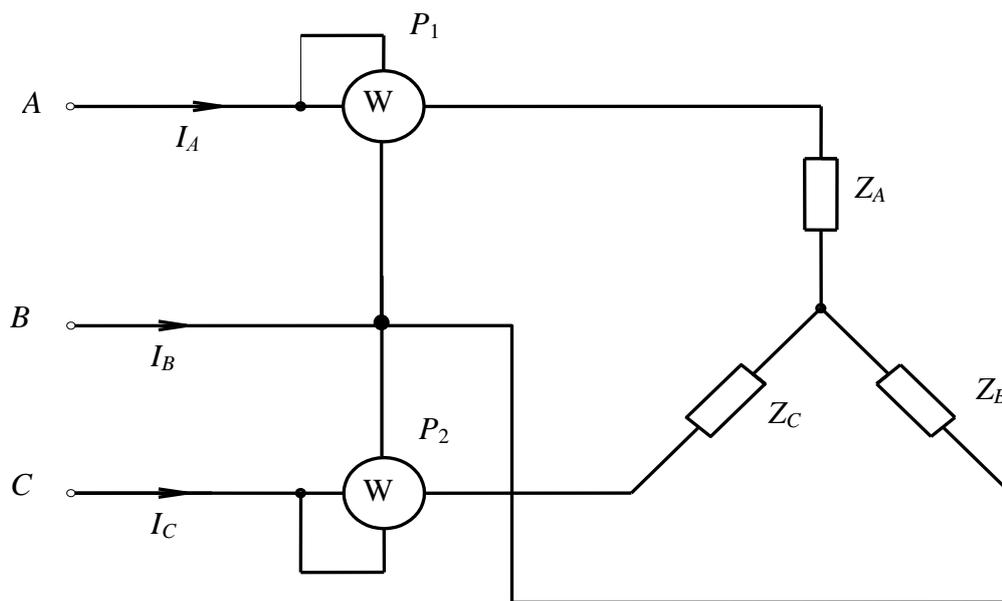
Для измерения мощности трехфазной цепи с симметричным линейным напряжением $U_{л} = 220$ В используются два ваттметра. Приемник содержит симметричную активно-индуктивную нагрузку, $Z_A = Z_B = Z_C$, соединенную звездой. Мощность каждой фазы $P_{\phi} = 380$ кВт при $\cos\varphi = 0,6$, $\varphi = 53^\circ$.

Требуется: 1) построить векторную диаграмму цепи; 2) по данным диаграммы определить показания каждого ваттметра; 3) показать, что сумма показаний ваттметров равна активной трехфазной мощности приемника.

Решение

1. Для схемы соединения трехфазной цепи звездой с симметричной нагрузкой фазное напряжение, В, равно

$$U_{\phi} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127.$$



Фазные токи, А,

$$I_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{U_{\phi} \cos\varphi} = \frac{380000}{127 \cdot 0,6} = 4987.$$

Строится векторная диаграмма.

Масштаб тока: в 1 см — 1000 А; масштаб напряжения: в 1 см — 25 В.

2. Мощности ваттметров:

$$P_1 = I_A U_{AB} \cos j_1 = 4987 \cdot 220 \cdot 0,12 = 131\,656 \text{ Вт} = 131 \text{ кВт};$$

$$P_2 = I_C U_{BC} \cos j_2 = 4987 \cdot 220 \cdot 0,92 = 1\,009\,369 \text{ Вт} = 1012 \text{ кВт},$$

где углы φ_1 и φ_2 найдены из векторной диаграммы:

$$\varphi_1 = 30 + 53 = 83^\circ;$$

$$\varphi_2 = 90 - (120 - 53) = 23^\circ;$$

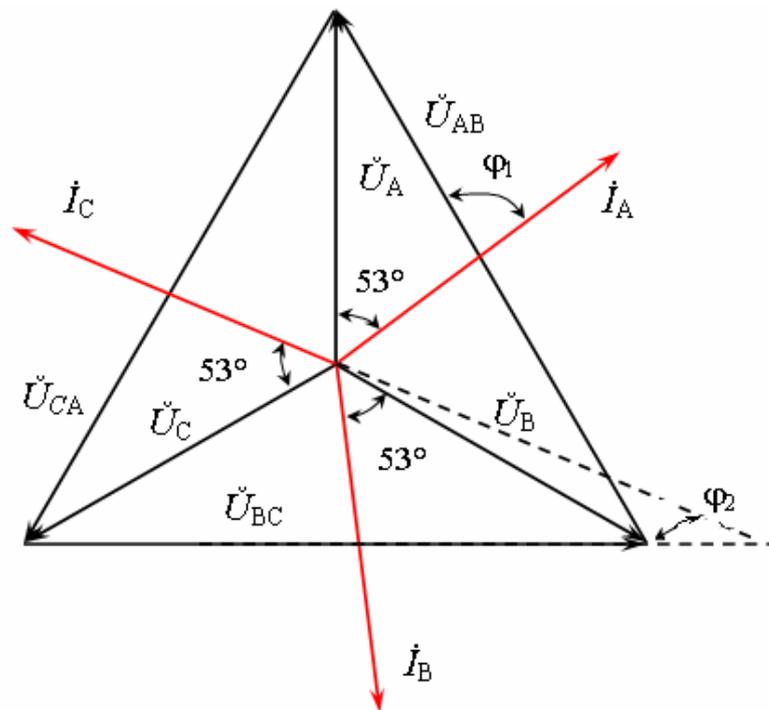
$$\cos \varphi_1 = 0,12; \cos \varphi_2 = 0,92.$$

1. Покажем, что $P_1 + P_2 = 3P_\phi$:

$$P_1 + P_2 = 131,656 + 1009,369 = 1140 \text{ кВт};$$

$$3P_\phi = 1140 \text{ кВт};$$

$$1140 \text{ кВт} = 1140 \text{ кВт}.$$



ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Задача 1

В цепь переменного тока напряжением U и частотой 50 Гц включена последовательно катушка с индуктивным сопротивлением X_L и активным сопротивлением R и конденсатор емкостью C .

Определить ток, напряжение на катушке и конденсаторе, активную и реактивную мощности катушки, конденсатора и всей цепи. Определить частоту резонанса цепи и ток, напряжение на катушке и конденсаторе, их реактивные мощности и активную мощность цепи. Построить векторные диаграммы для этих режимов работы.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, \text{В}$	110	150	220	240	280	300	350	380	400	450
$X_L, \text{Ом}$	25	20	30	35	40	45	50	55	60	65
$R, \text{Ом}$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$C, \text{мкФ}$	250	200	300	350	400	450	500	550	600	650

Задача 2

В сеть переменного тока напряжением U включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с сопротивлениями R_1, R_2 и X_L .

Определить показания измерительных приборов, полную и реактивную мощности цепи, построить векторную диаграмму, треугольники токов и мощностей.

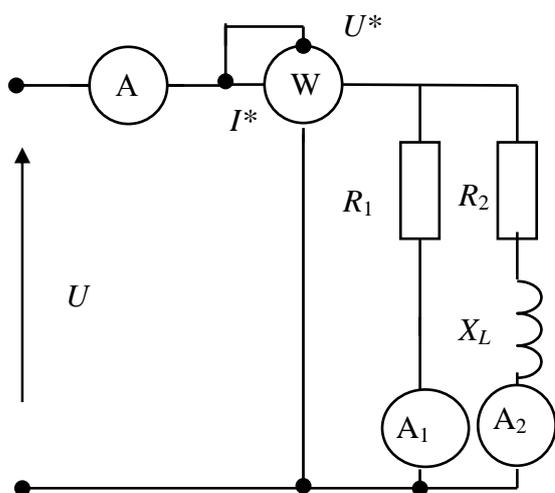


Рис. 2.1

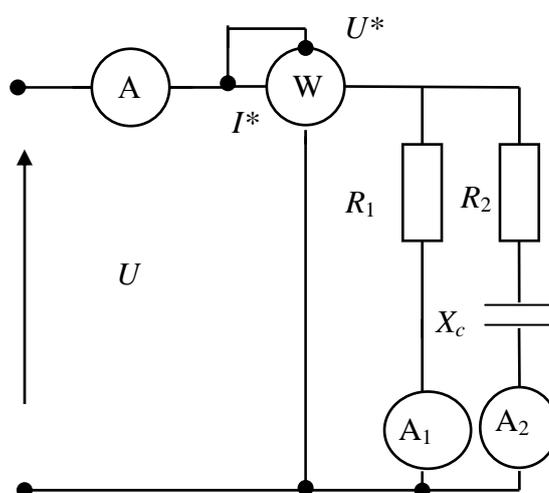


Рис. 2.2

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, \text{В}$	110	150	220	240	280	300	350	380	400	450
$R_1, \text{Ом}$	10	25	20	25	30	35	40	45	50	55
$R_2, \text{Ом}$	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
$X_L, \text{Ом}$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
$X_C, \text{Ом}$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рисунок	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2

Задача 3

В трехфазную четырехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}}$ включены звездой сопротивления $R_A, R_B, R_C, X_A, X_B, X_C$.

Определить фазные и линейные токи, ток нейтрального провода, мощности всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму цепи. Задачу решить комплексным методом.

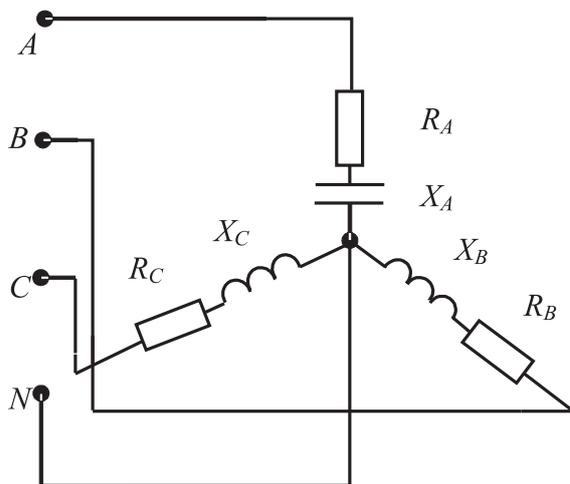


Рис. 3.1

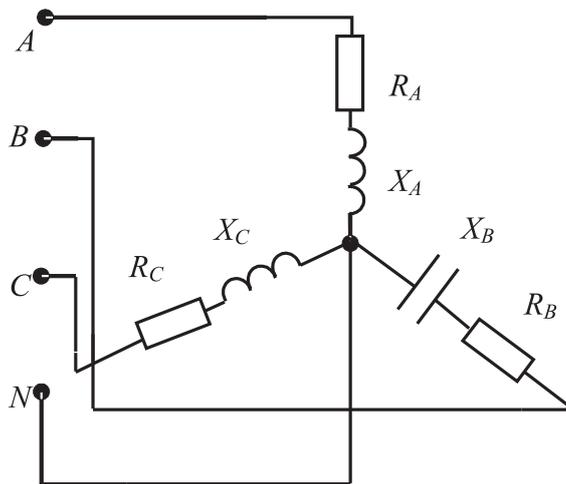


Рис. 3.2

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{В}$	127	380	220	127	380	220	127	380	220	127
$R_A, \text{Ом}$	3	1,5	1	5	4	2,5	7	6	3	4
$R_B, \text{Ом}$	4	2	15	6	5	3,5	8	7	3,5	6
$R_C, \text{Ом}$	6	3	15	8	7	5,5	1	9	3,5	8
$X_A, \text{Ом}$	4	2	1	6	5	3,5	8	7	4	12
$X_B, \text{Ом}$	3	1,5	1	5	4	2,5	7	6	6	6
$X_C, \text{Ом}$	8	4	2	10	9	7,5	12	11	8	3
Рисунок	Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рисунок	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2

Задача 4

В трехфазную трехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}}$ включены треугольником активные сопротивления R_{AB} , R_{BC} , R_{CA} и реактивные сопротивления X_{AB} , X_{BC} , X_{CA} .

Определить фазные и линейные токи, активную мощность всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму цепи. Задачу решить комплексным методом.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра в шифре)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{В}$	127	380	220	127	380	220	127	380	220	127
$R_{AB}, \text{Ом}$	2	4	6	3	5	8	5	7	10	9
$R_{BC}, \text{Ом}$	4	8	12	5	9	14	7	11	15	13
$R_{CA}, \text{Ом}$	6	10	16	7	12	18	9	14	20	16
$X_{AB}, \text{Ом}$	1,5	3	6	5	5	8	7	1,5	10	3,5
$X_{BC}, \text{Ом}$	2	4	8	6	6	10	8	3,5	12	3,5
$X_{CA}, \text{Ом}$	4	8	16	10	10	18	12	7	20	9
Рисунок	Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рисунок	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2

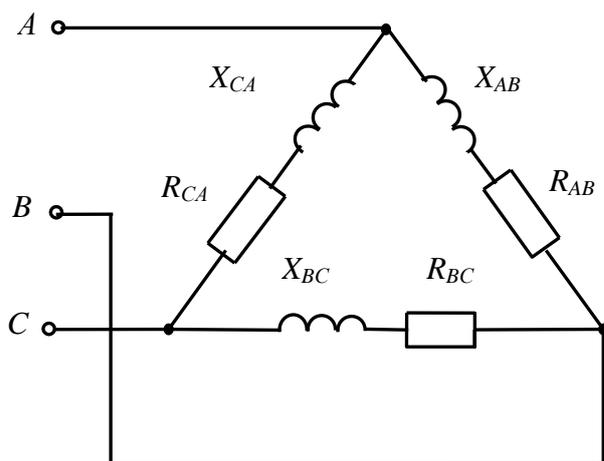


Рис. 4.1

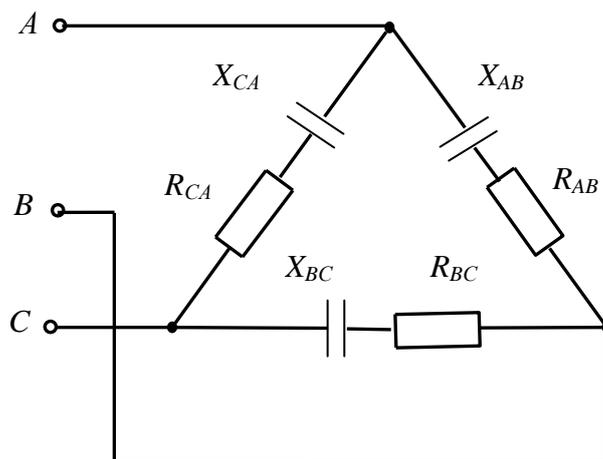


Рис. 4.2

Задача 5

Заданы параметры трехфазного трансформатора. Номинальная мощность $S_{\text{НОМ}}$. Номинальные напряжения $\frac{U_{1\text{НОМ}}}{U_{2\text{НОМ}}}$.

Потери холостого хода P_x . Потери короткого замыкания P_k . Схема соединения обмоток — звезда/звезда, 12 группа соединения.

Определить коэффициент трансформации и номинальные токи обмоток, КПД трансформатора при 50, 100 и 125 % нагрузки от номинальной. Коэффициент мощности нагрузки $\cos\phi = 0,8$.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{НОМ}}$, кВА	20	35	60	110	120	150	240	250	300	600
$U_{1\text{НОМ}}/U_{2\text{НОМ}}$	6/0,4	10/0,4	6/0,4	10/0,4	6/0,4	10/0,4	6/0,4	10/0,4	6/0,4	35/0,4
P_x , Вт	105	150	220	310	365	460	660	660	780	1420
P_k , Вт	600	800	1300	2000	1970	2700	3700	3600	3600	7500

Задача 6

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{НОМ}}$, кВт	15	20	25	15	19	20	10	15	18	25
$U_{\text{НОМ}}$, В	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
$S_{\text{НОМ}}$, %	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,5	3,5	3,5	3,5
P , Вт	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
$\cos\phi_{\text{НОМ}}$	0,88	0,88	0,9	0,88	0,88	0,88	0,86	0,86	0,87	0,87
$\eta_{\text{НОМ}}$	0,88	0,89	0,9	0,88	0,89	0,9	0,87	0,88	0,89	0,895
K_i	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
K_{max}	2,2	2,2	2,2	2	2	2	1,8	1,8	1,8	1,8
$K_{\text{п}}$	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором определить номинальный и пусковой ток, номинальную частоту вращения, номинальный, максимальный и пусковой моменты. Построить механическую характеристику двигателя.

Задача 7

Рассчитать электрическую линию однофазного переменного тока для питания группы ламп накаливания мощностью $P = 1,4$ кВт при напряжении питающей сети $U = 127$ В и протяженности линии $L = 45$ м. Линию проложить в трубе с алюминиевыми проводами. Выбрать предохранители и токи плавких вставок для защиты линии от короткого замыкания.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	2,5	4	2	2,5	1,5	1,8	2,2	2,5	5,5	2,2
U , В	220	220	127	127	127	127	220	220	220	220
L , м	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Условия прокладки	Т	О	Т	О	Т	О	Т	О	Т	О
Материал	А	М	А	М	А	М	А	М	А	М

Условные обозначения: Т — в трубе; О — открыто; А — алюминий; М — медь.

Задача 8

Рассчитать электрическую линию для питания заданного электродвигателя. Напряжение питающей сети U . Проводку выполнить в трубах изолированными алюминиевыми проводами.

Протяженность линии L . Выбрать предохранители и токи плавких вставок для защиты двигателя от токов короткого замыкания.

Варианты числовых значений	Тип двигателя	Напряжение, В	Варианты числовых значений	Тип двигателя	Напряжение, В
1	4А1602У3	220	6	4А160М6У3	220
2	4А1604У3	380	7	4А180М6У3	380
3	4А1606У3	220	8	4А180М4У3	220
4	4А160М2У3	380	9	4А200М4У3	380
5	4А160М4У3	220	10	4А200М6У3	220

Задача 9

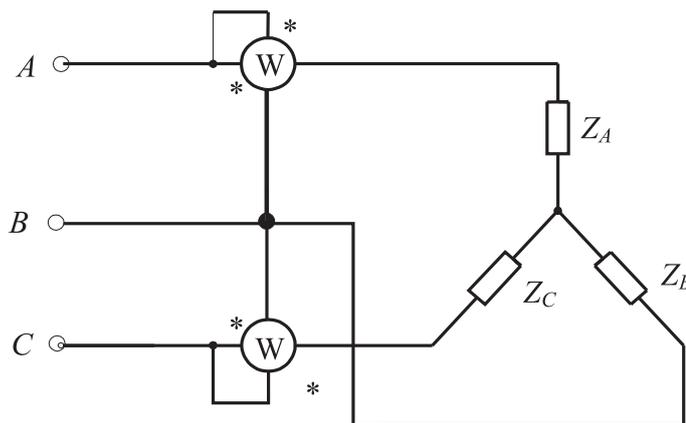
Рассчитать мощность электродвигателя насоса с номинальной производительностью Q и частотой вращения $n_{\text{ном}}$ при расчетном напоре H . Плотность перекачиваемой жидкости γ , КПД насоса $\eta_{\text{ном}}$, коэффициент загрузки K_3 .

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра в шифре)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	12	14	16	18	22	24	26	28	30	32
$n_{\text{ном}}, \text{ об./мин}$	920	1450	920	1450	920	1450	920	1450	920	1450
$H, \text{ м}$	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
$\gamma, \text{ кгс/дм}^3$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1	1,1	1,2	1,3	1,4
K_3	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	0,55	0,65	0,75	0,85	0,9

Задача 10

Начертить схему защиты и управления заданного электродвигателя для механизма. В качестве аппаратов защиты принять предохранители, а в качестве аппарата управления — магнитный пускатель. Выбрать их типы.

Номер варианта	Тип двигателя	Механизм	Номер варианта	Тип двигателя	Механизм
1	4А80В4У3	Лебедка	6	4А132М6У3	Насос
2	4А1002У3	Вентилятор	7	4А132М2У3	Вентилятор
3	4А132М6У3	Транспортер	8	4А100М4У3	Дисковая пила
4	4А180М2У3	Дисковая пила	9	4А132М4У3	Лебедка
5	4А160М4У3	Насос	10	4А180М6У3	Транспортер



Задача 11

Для измерения мощности трехфазной цепи с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$ используются два ваттметра. Приемник содержит симметричную активно-индуктивную нагрузку, $Z_A = Z_B = Z_C$, соединенную звездой. Мощность каждой фазы $P_{\text{ф}} = 380 \text{ кВт}$ при $\cos\varphi = 0,6$, $\varphi = 53^\circ$.

Требуется: 1) построить векторную диаграмму цепи; 2) по данным диаграммы определить показания каждого ваттметра; 3) показать, что сумма показаний ваттметров равна активной трехфазной мощности приемника.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{ В}$	220	220	380	380	380	660	660	660	127	127
$P_{\text{ф}}, \text{ кВт}$	100	150	127	254	380	220	440	660	380	760
$\cos\varphi$	0,5	0,6	0,5	0,8	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,8

Задача 12

Для заданной схемы выпрямителя определить для режима холостого хода постоянную составляющую (среднее значение) напряжения на входе и амплитуду пульсаций, если входное напряжение соответственно номерам вариантов равно U .

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, В$	5	6,3	10	12,6	48	100	127	200	250	380
Схема выпрямителя	Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д

Условные обозначения: А — однофазный однополупериодный; Б — однофазный с выводом средней точки трансформатора; В — однофазный мостовой; Г — трехфазный с нейтральным выводом; Д — трехфазный мостовой.

Задача 13

Для заданной схемы выпрямителя определить среднее значение тока через каждый из вентилях схемы при напряжении питания 220 В. Значение сопротивления активной нагрузки на выходе выпрямителя приведено в табл.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра в шифре)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_n, Ом$	5	10	20	30	40	50	60	80	100	200
Схема выпрямителя	Варианты числовых значений (последняя цифра в шифре)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д	А

Условные обозначения: А — однофазный однополупериодный; Б — однофазный с выводом средней точки трансформатора; В — однофазный мостовой; Г — трехфазный с нейтральным выводом; Д — трехфазный мостовой.

Список рекомендуемой литературы

1. *Александров, К. К.* Электротехнические чертежи и схемы : производственно-практическое пособие : сб. документов / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. — М. : Изд-во МЭИ, 2004.
2. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник. — М. : Энергоатомиздат, 1981.
3. *Балаков, Ю. Н.* Проектирование схем электроустановок : учеб. пособие для вузов / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. — М. : Изд-во МЭИ, 2005.
4. *Глушков, Г. Н.* Электротехника и основы электроники : метод. указания и контр. задания для студентов-заочников строит. и химико-технологич. спец. вузов / Г. Н. Глушков, П. А. Фукс. — М. : Высш. шк., 1990.
5. *Долин, П. А.* Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. — М. : Энергоиздат, 1982.
6. *Елкин, В. Д.* Электрические аппараты / В. Д. Елкин. — М. : Дизайнпро, 2003.
7. *Зимин, Е. Н.* Электрооборудование промышленных предприятий и установок / Е. Н. Зимин, В. И. Преображенский, И. И. Чувашов. — М. : Энергоиздат, 1981.
8. *Кацман, М. М.* Справочник по электрическим машинам : учеб. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М. М. Кацман. — М. : И. Ц. Академия, 2005.
9. *Копылов, И. П.* Электрические машины / И. П. Копылов. — М. : Высш. шк., 2000.
10. Крановое электрооборудование. Справочник / под общ. ред. А. А. Рабиновича. — М. : Энергия, 1979.
11. *Оболенцев, Ю. Б.* Электрическое освещение общепромышленных помещений / Ю. Б. Оболенцев, Э. Л. Гиндин. — М. : Энергоатомиздат, 1990.
12. Правила устройства электроустановок. — СПб. : Изд-во ДЕАН, 2001.
13. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / под ред. М. Б. Зименкова, Г. В. Розенберга, Е. М. Феськова. — М. : Энергоатомиздат, 1983.
14. Справочник по электрическим машинам. В 2 т. / под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. — М. : Энергоатомиздат. — Т. 1. 1988, Т. 2. 1989.
15. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / под общ. ред. А. А. Федорова. В 2 т. — Т. 2. Электрооборудование. — М. : Высш. шк., 1987. Раздел 59. Типовые электроприводы городов.
16. *Усатенко, С. Т.* Выполнение электрических схем по ЕСКД. Справочник / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. — М. : Изд-во стандартов, 1989.
17. *Цигельман, И. Е.* Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий / И. Е. Цигельман. — М. : Высш. шк., 1988.
18. Электротехнический справочник в 3 томах. Т. 2. — М. : Энергоиздат, 1981.
19. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / под ред. В. Г. Герасимова и др. — М. : Изд-во МЭИ, 2003.
20. Электротехника и электроника : учеб. пособие для вузов / В. В. Кононенко, В. И. Мишкович, В. В. Муханов и др. ; под ред. В. В. Кононенко. — Ростов н/Д : Феникс, 2004.

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода, шнуры и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Провода, проложенные открыто	Токовые нагрузки, А				
		Провода, проложенные в одной трубе				
		два одно-жильных	три одно-жильных	четыре одно-жильных	один двух-жильный	один трех-жильный
1	2	3	4	5	6	7
Провода и шнуры с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с медными жилами						
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—
Провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с алюминиевыми жилами						
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	28	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	66
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
1	2	3	4	5	6	7
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Продолжение прил.

Окончание табл. 1

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А				
	Провода, проложенные в воздухе и в земле				
	одножильные	двухжильные		трехжильные	
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	8	9	10	11	12
Провода с медными жилами, резиновой изоляцией в металлических защищенных оболочках и кабели с медными жилами, резиновой изоляцией в свинцовой, полихлорвиниловой, резиновой оболочках (бронированных и небронированных)					
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—
Кабели с алюминиевыми жилами, резиновой или пластмассовой изоляцией в полихлорвиниловой и резиновой оболочках (бронированные и небронированные)					
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	4
10	60	55	89	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
70	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Таблица 2

Плавкие предохранители

Параметр	Тип предохранителя				
	НПН 2-60	ПН2-100	ПН2-250	ПН2-400	ПН2-600
Номинальный ток предохранителя, А	63	100	250	400	600
Номинальный ток плавкой вставки, А	8; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63	30; 40; 50; 60; 80; 100	80; 100; 120; 150; 200; 250	200; 250; 300; 350; 400	300; 400; 500; 600

Примечание. Предохранители типа НПН имеют цилиндрическую форму, типа ПН — прямоугольную.

Таблица 3

Активные сопротивления медных и алюминиевых проводов при температуре 20 °С

Сечение токопроводящей жилы S , мм ²	Активное сопротивление провода R_0 , Ом/км		Сечение токопроводящей жилы S , мм ²	Активное сопротивление провода R_0 , Ом/км	
	медного	алюминиевого		медного	алюминиевого
0,5	36	59	25	0,72	1,18
0,75	24	39,3	35	0,514	0,843
1	18	29,5	50	0,36	0,59
1,5	12	19,65	70	0,257	0,4215
2,5	7,2	11,8	95	0,1895	0,32
4	4,5	7,37	120	0,15	0,2455
6	3	4,315	150	0,12	0,1965
10	1,8	2,95	185	0,0973	0,1593
16	1,125	1,842	240	0,075	0,1227

Таблица 4

Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором закрытого обдуваемого исполнения серии 4А

Типоразмер	Номинальная мощность, кВт	При номинальной нагрузке			Кратность пускового тока K_i	Кратность моментов		
		ток при напряжении 380 В	КПД $\eta_{ном}$	$\cos\phi$		максимального K_{max}	пускового $K_{п}$	минимального K_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Синхронная частота вращения 3000 об./мин								
4А71А2У3	0,75	1,7	0,77	0,87	5,5	2,2	2	1,2
4А61В2У3	1,1	2,5	0,775	0,87	5,5	2,2	2	1,2
4А80А2У3	1,5	3,3	0,81	0,85	6,5	2,2	2	1,2
4А80В2У3	2,2	4,6	0,83	0,87	6,5	2,2	2	1,2
4А902У3	3	6,1	0,845	0,88	6,5	2,2	2	1,2
4А1002У3	4	7,9	0,865	0,89	7,5	2,2	2	1,2
4А1004У32	6,5	10	0,875	0,91	7,5	2,2	2	1,2
4А112С2У3	7,5	14,8	0,875	0,88	7,5	2,2	2	1
4А132С2У3	11,5	21,2	0,88	0,9	7,5	2,2	1,6	1
4А1602У3	14	28,5	0,88	0,91	7,5	2,2	1,4	1
4А160М2У3	18,5	34,6	0,885	0,92	7,5	2,2	1,4	1
4А1802У3	22	41,7	0,885	0,91	7,5	2,2	1,4	1
4А18М2У3	30	55	0,9	0,92	7,5	2,2	1,4	1
4А00М2У3	37	70	0,9	0,89	7,5	2,2	1,4	1
4А2002У3	45	84	0,91	0,9	7,5	2,2	1,4	1

Типоразмер	Номинальная мощность, кВт	При номинальной нагрузке			Кратность пускового тока K_i	Кратность моментов		
		ток при напряжении 380 В	КПД $\eta_{ном}$	$\cos\varphi$		максимального K_{max}	пускового K_p	минимального K_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Синхронная частота вращения 1500 об./мин								
4A71B4Y3	0,75	2,1	0,72	0,73	4,5	2,2	2	1,6
4A80A4Y3	1,1	2,7	0,75	0,81	5	2,2	2	1,6
4A80B4Y3	1,5	3,5	0,77	0,83	5	2,2	2	1,6
4A904Y3	2,25	5	0,8	0,83	6	2,2	2	1,6
4A1004Y3	3	6,7	0,82	0,83	6,5	2,2	2	1,6
4A1004Y3	4	8,6	0,84	0,84	6,5	2,2	2,2	1,6
4A1124Y3	5,5	11,5	0,855	0,85	7	2,2	2	1,6
4A1324Y3	7,5	15,2	0,875	0,86	7,5	2,2	2	1,6
4A132M4Y3	11	22	0,875	0,87	7,5	2,2	2	1,6
4A1604Y3	15	29,3	0,885	0,88	7	2,2	1,4	1
4A160M4Y3	18,5	35,8	0,898	0,88	7	2,2	1,4	1
4A180M4Y3	22	41,4	0,9	0,9	7	2,2	1,4	1
4A180M4Y3	30	56,1	0,905	0,9	7	2,2	1,4	1
4A200M4Y3	37	68,7	0,91	0,9	7	2,2	1,4	1
4A2004Y3	45	83	0,92	0,9	7	2,2	1,4	1
Синхронная частота вращения 1000 об./мин								
4A80A6Y3	0,75	2,2	0,69	0,74	4	2,2	2	
4A8PB6Y3	1,1	3	0,74	0,74	4	2,2	2	1,6
4A906Y3	1,5	4,1	0,75	0,74	5,5	2,2	2	1,6
4A1006Y3	2,2	5,6	0,81	0,73	5,5	2,2	2	1,6
4A112M6Y3	3	7,4	0,81	0,76	6	2,2	2	1,6
4A112MB6Y3	4	9,2	0,82	0,81	6	2,2	2	1,6
4A1326Y3	5,5	12,3	0,85	0,8	7	2,2	2	1,6
4A132M6Y3	7,5	16,5	0,855	0,81	7	2,2	2	1,6
4A1606Y3	11	22,6	0,86	0,86	6	2,2	1,2	1
4A160M6Y3	15	30	0,875	0,87	6	2	1,2	1
4A180M6Y3	18,5	36,8	0,88	0,87	6	2	1,2	1
4A200M6Y3	22	41,4	0,9	0,9	6,5	2	1,2	1
4A2006Y3	30	56,2	0,905	0,9	6,5	2	1,2	1
4A225M6Y3	37	69,5	0,91	0,89	6,5	2	1,2	1

Таблица 5

Магнитные пускатели серии ПМЕ

Марка	Номинальный ток главных контактов, А	Наличие теплового реле	Возможность реверса	Степень защиты
ПМЕ-211	32	—	—	Открытый без кожуха
ПМЕ-212	25	+	—	
ПМЕ-213	32	—	+	
ПМЕ-214	25	+	+	
ПМЕ-221	23	—	—	Защитный в кожухе
ПМЕ-222	23	+	—	
ПМЕ-223	23	—	+	
ПМЕ-224	23	+	+	
ПМЕ-231	23	—	—	Брызгозащитный
ПМЕ-232	23	+	—	
ПМЕ-233	23	—	+	
ПМЕ-234	23	+	+	
ПМ12-040	40	+	+	
ПМ12-063	63	+	+	

План выпуска учеб.-метод. документ. 2013 г., поз. 20

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*
Зав. редакцией *О. А. Шипунова*
Редактор *Р. В. Худадян*
Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*

Подписано в свет 12.04.2013.
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 2,2. Объем данных 5,2 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Редакционно-издательский отдел
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru