

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛАСТНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«СВЕТЛОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по
учебной работе

Н.Н. Яхновец
«_07_» _____ 10 _____ 2015_г.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(наименование учебной дисциплины)

Методические рекомендации по изучению учебной дисциплины,
задания для контрольной работы и рекомендации по ее выполнению

для учащихся заочной формы обучения 1 курса

по специальности 2-70 02 01

Промышленное и гражданское строительство

Светлогорск
2015 / 2016 учебный год

Автор-составитель: Дорноступ Татьяна Григорьевна – преподаватель физики и электротехнических дисциплин, высшая квалификационная категория

Рецензент: Козырева Мария Андреевна – преподаватель электротехнических дисциплин, высшая квалификационная категория

Методические указания устанавливают необходимый объем практических самостоятельных работ для учащихся заочной формы обучения по строительным специальностям, который обеспечивает необходимый уровень усвоения основных тем курса изучения дисциплины «Основы электротехники». Содержат рекомендации по выполнению и оформлению контрольной работы, пояснения содержания всех тем дисциплины и необходимых знаний, умений, компетенций для выполнения работы, контрольные задания в 10 вариантах и справочные приложения.

Рассмотрены и утверждены на заседании цикловой методической комиссии «Электроснабжение (по отраслям) и преподавателей физики»

Протокол №2 от 7 октября 2015 г.

Председатель _____ Т.Г.Дорноступ

Регистрационный номер _____

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Примерный тематический план	5
Краткое содержание программы	6
Примерный перечень экзаменационных вопросов	16
Методические указания по выполнению ДКР	18
Задания для ДКР	19
Критерии оценки знаний учащихся по дисциплине	41
Литература	43

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью дисциплины «Основы электротехники» является изучение основных теоретических и практических положений и современных достижений в области электротехники, необходимых для специалиста строительного профиля в такой степени, чтобы они могли выбирать необходимые электротехнические, электронные, электроизмерительные устройства, уметь их правильно эксплуатировать.

Курс «Основы электротехники» базируется на материале, изложенном в дисциплинах «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Информатика».

Для закрепления теоретических знаний предусматривается самостоятельная работа учащихся по изучению дисциплины и индивидуальные занятия учащихся под руководством преподавателя.

Дисциплина Общая электротехника.

Специальность 2-70 02 01-01 Промышленное и гражданское строительство.

Количество часов по учебному плану:

1. Дневное отделение: на обзорные занятия 58 ч; на лабораторные 14 ч; на практические 8 ч.

2. Заочное отделение: на обзорные занятия 10 ч; на лабораторные 4 ч; на практические 2ч.

Количество ДКР 1

Количество лабораторных работ 2

Количество практических работ 1

Экзамен 1

В результате изучения дисциплины учащийся, освоивший программу должен:

знать:

- основные законы электротехники,
- основные типы электрических машин и трансформаторов и особенности их применения;

понимать:

- принципы работы современных электротехнических устройств и систем.

уметь:

- подключать электроизмерительные приборы в электрическую цепь и снимать показания, производить расчеты электрических цепей различной сложности; правильно выбирать для непосредственного применения необходимые электрические приборы и машины;

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

<i>Раздел, тема</i>	<i>Количество учебных часов</i>				<i>Время на самостоя- тельную работу учащихся (часов)</i>
	<i>Всего</i>		<i>В том числе</i>		
	<i>для дневной формы</i>	<i>для заочной формы</i>	<i>на обзорные занятия</i>	<i>на лабораторные, практические занятия</i>	
	80/22	16	10	6	64
<i>Введение</i>	2	1	1	-	1
1. Электрическое поле	2	1	1	-	1
2. Электрические цепи постоянного тока	12/4	3	1	2	9
3. Электромагнетизм	6	1	1	-	5
4. Однофазные электрические цепи переменного тока	14/4	1	1	-	13
5. Трехфазные электрические цепи переменного тока	8/4	3	1	2	5
6. Электрические измерения и приборы	8/2	1	1	-	7
7. Трансформаторы	6/2	3	1	2	3
8. Электрические машины переменного тока	6/2	1	1	-	5
9. Электрические машины постоянного тока	9/4	-	-	-	9
<i>Обязательная контрольная работа №1</i>	1	-	-	-	1
10. Полупроводниковые приборы	6	1	1	-	5
<i>ИТОГО</i>	80/14/8	16/4/2	10	6	64

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВВЕДЕНИЕ

Цели, задачи, предмет дисциплины «Общая электротехника». Значение электротехнической подготовки специалистов среднего звена для освоения новых технологий производства.

Электрическая энергия, её свойства, особенности и применение. Основные этапы Развития отечественной электроэнергетики. Развитие электротехники в Республике Беларусь [1,с. 3-4].

ТЕМА 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Краткие сведения о строении вещества. Понятия «электрический заряд», «электрическое поле». Характеристики электрического поля: напряженность, потенциал, электрическое напряжение. Энергия электрического поля конденсатора.

Проводники, полупроводники и диэлектрики. Их краткая характеристика и практическое применение.

Диэлектрик в электрическом поле, поляризация диэлектрика, пробой диэлектрика.

Электрическая ёмкость, единицы её измерения. Конденсаторы. Соединение конденсаторов [1,с. 5-13].

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется электрическим полем?
2. Какими величинами характеризуется электрическое поле?
3. Чем определяется напряжённость электрического поля в данной точке?
4. Изобразите электрическое поле положительного точечного заряда? В каком направлении станет перемещаться пробный отрицательный заряд, помещённый в такое поле?
5. Сформулируйте закон Кулона напишите формулу закона Кулона?
6. Чем определяется потенциал электрического поля в данной точке? Напишите формулу потенциала.
7. Чему равна разность потенциалов между двумя точками электрического поля?
8. В каких единицах измеряется потенциал, что принято за 1 вольт?
9. Что называется напряжением между двумя точками электрического поля? В каких единицах измеряется напряжение?
10. Чему равна работа силы электрического поля при перемещении заряда по замкнутому контуру?
11. В чём основное различие между проводниками и диэлектриками?
12. Какие бывают проводники, и какой электропроводностью они обладают?
13. Назовите диэлектрики, используемые в электротехнике?
14. Что называют конденсатором?
15. Как определяется ёмкость конденсатора?

16. В каких единицах измеряется ёмкость конденсатора? Что принято за единицу ёмкости?

17. Напишите формулу ёмкости батареи конденсаторов при параллельном их соединении?

18. Напишите формулу ёмкости батареи конденсаторов при последовательном их соединении?

ТЕМА 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Общие сведения об электрических цепях. Основные элементы электрических цепей: источники и приёмники электрической энергии. Электродвижущая сила (ЭДС) источника и напряжение на его зажимах. Электрический ток, его величина, направление, плотность тока [1, с.14-17].

Закон Ома для участка цепи и полной цепи. Электрическое сопротивление и проводимость. Зависимость сопротивления проводника от его размеров, материала и температуры. Работа и мощность электрической цепи [1, с. 18, 21-22].

Нагревание проводов. Закон Джоуля-Ленца. Плавкие предохранители.

Режим электрических цепей (нормальный, холостой ход, короткое замыкание). Последовательное, параллельное и смешанное соединение резисторов. Законы Кирхгофа [1, с.19-20].

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое электрический ток проводимости?
2. Что такое электрическая сила источника тока?
3. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и для полной цепи. Запишите формулу закона Ома.
4. В чём состоит цель расчёта электрических цепей и как она достигается?
5. Что такое ветвь, узел, контур электрической цепи?
6. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа и запишите формулы.
7. В чём состоят основные особенности режимов холостого хода и короткого замыкания?
8. Почему изменяется напряжение на зажимах источника при увеличении нагрузки?
9. Как определяются эквивалентные проводимости и сопротивления при параллельном соединении нескольких сопротивлений?
10. Приведите примеры проводниковых материалов?
11. Назовите методы расчёта сложных цепей, и объясните в чём их особенность.

ТЕМА 3. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Магнитное поле электрического тока. Магнитная индукция как характеристика интенсивности магнитного поля. Правило буравчика.

Магнитный поток. Магнитная проницаемость. Напряжённость магнитного поля.

Электромагнитная сила, действующая на проводник стоком в магнитном поле. Правило левой руки. Взаимодействие параллельных проводников с токами. Принцип действия электромагнитного реле [1,с.32-40].

Ферромагнитные материалы, их намагничивание и перемагничивание. Магнитомягкие и магнитотвёрдые материалы.

Явление электромагнитной индукции. ЭДС, возникающая в проводнике, при перемещении его в магнитном поле. ЭДС, наводимая в контуре, катушке. Правило правой руки. Принцип Ленца. Явление самоиндукции. ЭДС самоиндукции. Индуктивность. Вихревые токи и их практическое значение.

Преобразование механической энергии в электрическую и электрической в механическую [1,с.41-45].

Вопросы для самоконтроля

1. Чем характеризуется интенсивность магнитного поля?
2. Что представляют собой линии магнитной индукции прямого проводника с током?
3. Сформулируйте правило буравчика?
4. Как определить направление линий магнитной индукции катушки с током? В каких единицах измеряется магнитная индукция? Что принято за единицу магнитной индукции 1 Тл?
5. Что называется магнитодвижущей силой (МДС)? В каких единицах она измеряется?
6. Напишите формулу напряжённости магнитного поля катушки с током?
7. Сформулируйте закон Ампера. Напишите формулу закона Ампера.
8. Для чего служит правило левой руки? Сформулируйте правило левой руки.
9. Что называется собственной индуктивностью катушки? Что принято за единицу индуктивности 1 Гн?
10. Напишите формулу энергии магнитного поля и объясните аналогию с формулой кинетической энергии в механике.
11. Напишите формулу тягового усилия электромагнита.
12. Какие вещества называют диамагнитными, парамагнитными и ферромагнитными?
13. Что называют магнитной проницаемостью, относительной магнитной проницаемостью вещества?
14. Объясните петлю гистерезиса. Где применяют в электротехнике вещества с узкой петлёй гистерезиса и с широкой петлёй гистерезиса?
15. Назовите формулу магнитного потока простой магнитной цепи и объясните аналогию с законом Ома для электрической цепи.

ТЕМА 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Электроизмерительные приборы: их назначение и роль в развитии науки и техники. Классификация электроизмерительных приборов и их условное обозначение [1,с.46-55].

Измерительные механизмы приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, индукционной и других систем. Измерение тока, напряжения и мощности. Включение амперметра, вольтметра, ваттметра в электрическую цепь. Расширение пределов измерения амперметров и вольтметров.

Измерение электрического сопротивления [1,с.56-67].

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите различия между прямым и косвенным измерением?
2. Что такое абсолютная и относительная погрешности измерения?
3. Что такое класс точности прибора?
4. Объясните принцип действия приборов магнитоэлектрической системы.
5. Как создаётся вращающий момент в приборах электромагнитной системы?
6. Как рассчитываются шунты и добавочные сопротивления?
7. Почему амперметры включаются последовательно с приёмником, а вольтметры параллельно?
8. Как измеряется сопротивление с помощью мостовой схемы?
9. Каков принцип работы ваттметра?
10. Почему индукционный счётчик не может работать в цепях постоянного тока?

ТЕМА 5. ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Переменный электрический ток. Получение переменного тока путём вращения проводника, согнутого в рамку, в магнитном поле. Период, частота, угловая частота. Максимальное, мгновенное и действующее значение переменного тока и напряжения. Фаза и сдвиг фаз. Графическое изображение переменных величин.

Цепь переменного тока с активным сопротивлением. Закон Ома. Активная мощность. Векторная диаграмма.

Цепь переменного тока с индуктивностью. Векторная диаграмма. Реактивное индуктивное сопротивление. Реактивная индуктивная мощность.

Цепь переменного тока с емкостью. Реактивное емкостное сопротивление. Векторная диаграмма. Реактивная емкостная мощность.

Цепь переменного тока с реальной катушкой. Векторная диаграмма. [1,с.68-79]

Неразветвлённая цепь переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью. Векторная диаграмма. Треугольники сопротивлений и мощностей. Резонанс напряжений. [1,с. 80-83]

Физические процессы в цепях переменного тока при параллельном соединении активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Векторные диаграммы токов. Резонанс токов. Коэффициент мощности, способы и экономическая целесообразность его повышения. [1,с.84-90]

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют действующим значением переменного тока?
2. Что такое фаза, начальная фаза, сдвиг фаз?
3. Что называется активной мощностью переменного тока?
4. Чему равна активная мощность в цепи с индуктивностью и в цепи с ёмкостью?
5. Как строится треугольник мощности цепи переменного тока?
6. Что такое полное сопротивление цепи? Напишите формулу полного сопротивления.
7. Как изменяются X_L и X_C при увеличении частоты переменного тока?
8. Опишите порядок построения векторной диаграммы при последовательном и параллельном включении R, L, C элементов.
9. В какой цепи и при каком условии наступает резонанс токов?
10. В какой цепи и при каком условии наступает резонанс напряжений?
11. Как коэффициент мощности влияет на эффективность работы оборудования электротехнических установок?

ТЕМА 6. ТРЁХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Трёхфазная ЭДС и трёхфазный ток. Получение трёхфазной ЭДС. Преимущества трёхфазной системы.

Соединение обмоток генератора и потребителей энергии звездой. Фазные и линейные напряжения и токи. Соотношение между фазными и линейными напряжениями и токами. Векторная диаграмма напряжений.

Трёхпроводная и четырехпроводная цепи. Значение нулевого провода. Расчёт трёхпроводных и четырехпроводных цепей с различным характером нагрузки.

Соединение обмоток генератора и потребителей энергии треугольником. Соотношение между фазными и линейными напряжениями и токами. Векторная диаграмма токов.

Мощность трехфазной цепи. Расчёт мощности [1,с.96-102].

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы достоинства трёхфазной сети по сравнению с однофазной?
2. Как получить трёхфазную систему соединения звездой источника и фаз приёмника?
3. Какое напряжение в трёхфазной цепи называется фазным и какое линейным? Покажите на схеме эти напряжения.

4. Каково соотношение между фазными и линейными токами в симметричной трёхфазной системе, соединённой звездой?
5. Что такое смещение нейтрали приёмника?
6. Каково назначение четырёхпроводных трёхфазных цепей?
7. В каких случаях применяют трёхпроводную цепь?
8. К каким последствиям приводит обрыв нулевого провода при соединении несимметричной нагрузки звездой?
9. В чём состоит особенность расчёта трёхфазной цепи при симметричной нагрузке?

ТЕМА 7. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Назначение и применение трансформаторов. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Величина ЭДС обмоток.

Режим холостого хода трансформатора. Определение коэффициента трансформации и потерь мощности в стали трансформатора. Работа трансформаторов под нагрузкой [1, с.113-121].

Трёхфазный трансформатор, его конструкция.

Потери энергии и КПД трансформатора. Специальные трансформаторы [1, с.122-128].

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип действия трансформатора.
2. Напишите формулу ЭДС самоиндукции в первичной обмотке трансформатора и ЭДС индукции во вторичной обмотке.
3. Дайте определение коэффициента трансформации.
4. Объясните, с какой целью параметры вторичной обмотки приводятся к числу витков первичной обмотки.
5. Какую мощность можно определить из опытов холостого хода и короткого замыкания?
6. Объясните, что называется напряжением короткого замыкания трансформатора и чему равно это напряжение?
7. По показаниям каких приборов можно определить параметры схемы замещения трансформатора?
8. Назовите цель применения автотрансформаторов и измерительных трансформаторов.
9. Объясните, что называется группой соединения обмоток трансформаторов.
10. Назовите основные параметры, которые указываются в паспорте трансформатора.

ТЕМА 8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Назначение электрических машин переменного тока, их классификация и применение.

Трёхфазный асинхронный электродвигатель, его устройство. Получение вращающегося магнитного поля. Зависимость частоты вращения магнитного поля от частоты тока в обмотке статора и числа пар полюсов. Принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя. Скольжение. Способы пуска в ход трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым и фазным роторами. Рабочие характеристики трёхфазного асинхронного электродвигателя [1,с.131-137].

Регулирование частоты вращения и реверсирование асинхронного электродвигателя.

Однофазный асинхронный электродвигатель. Синхронные электрические машины [1,с.138-155].

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких частей состоит асинхронный трёхфазный двигатель, как они устроены и для чего служит каждая часть?

2. В чём различие конструкций короткозамкнутого и фазного роторов?

3. Объясните принцип действия трёхфазного асинхронного двигателя.

4. Что называется скольжением? Напишите формулу скольжения.

5. Что называется частотой скольжения? Напишите формулу частоты скольжения.

6. От чего зависит вращающий момент асинхронного двигателя? Напишите формулу вращающего момента?

7. Начертите график $M = f(s)$ и объясните, что такое критическое скольжение $s_{кр}$?

8. Начертите график механической характеристики асинхронного двигателя и объясните, что такое критический вращающий момент двигателя.

9. Почему пусковой ток I в 5-7 раз превышает номинальное значение тока, а пусковой вращающий момент двигателя превышает номинальное значение только в 2 раза?

10. Для чего служит пусковой реостат в асинхронных двигателях с фазным ротором?

11. Для чего в двигателях с короткозамкнутым ротором при пуске переключают обмотки со звезды на треугольник?

12. Как будет работать асинхронный двигатель, в паспорте которого написано $Y/\Delta-380/220$, при включении его в сеть с линейным напряжением $U=380V$ звездой? Треугольником?

13. Укажите способы пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

14. Укажите способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.

15. Из каких основных частей состоит синхронный генератор, как устроена каждая его часть и для чего они служат?

16. Чем отличаются гидротурбины от паротурбинных (газотурбинных генераторов)?

17. Как осуществляется пуск синхронных двигателей?

18. Напишите формулу вращающегося момента синхронного двигателя.

19. Начертите график $M=f(s)$ и график механической характеристики $n=f(M)$ синхронного двигателя.

20. Опишите устройство и принцип действия однофазных двигателей переменного тока.

21. Опишите устройство и принцип действия синхронных двигателей.

ТЕМА 9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Классификация машин постоянного тока по назначению и способу возбуждения. Обратимость машин постоянного тока. Устройство и принцип действия машин постоянного тока [1, с.156-162]. Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением [1, с.164-169].

Электродвигатели постоянного тока. Пуск, регулирование частоты вращения, реверсирование двигателей постоянного тока. Их применение в отрасли [1, с.170-172].

Вопросы для самоконтроля

1. Какая машина постоянного тока называется генератором, а какая – двигателем?
2. Из каких основных частей состоит генератор постоянного тока и для чего они служат?
3. Из каких основных частей состоит двигатель постоянного тока и для чего они служат?
4. Чему равна ЭДС генератора постоянного тока? Напишите формулу.
5. Как разделяются генераторы постоянного тока по способу возбуждения ЭДС?
6. Какие бывают обмотки якоря в машинах постоянного тока?
7. Напишите формулу электромагнитной мощности машины постоянного тока?
8. Что называется коммутацией машины постоянного тока и её особенности? Как осуществляется компенсация ЭДС коммутации?
9. Какие условия необходимы для самовозбуждения генератора постоянного тока с параллельным возбуждением?
10. Чем отличаются характеристики холостого хода и внешние характеристики в генераторах независимого и параллельного возбуждения?
11. Почему генератор с параллельным возбуждением не боится короткого замыкания?
12. Почему генераторы с последовательным возбуждением не нашли практического применения?
13. Устройство и применение генераторов со смешанным возбуждением.
14. Для чего служит пусковой реостат для двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением? Почему он включается только при пуске?

15. Как осуществить плавный пуск двигателя с параллельным возбуждением, пользуясь пусковым и регулировочным реостатом?
16. Как можно регулировать частоту вращения якоря с параллельным возбуждением?
17. Почему нельзя подключать в сеть двигатель с последовательным возбуждением без нагрузки?
18. Как можно регулировать частоту вращения якоря двигателей с последовательным возбуждением?
19. Что называется механической характеристикой двигателей постоянного тока, и как она определяется? Напишите формулу.
20. Что называется реверсированием двигателя, и как оно осуществляется в двигателях с параллельным возбуждением?
21. Устройство и механическая характеристика двигателя со смешанным возбуждением?
22. Почему двигатель с параллельным возбуждением не работает в сети переменного тока?

ТЕМА 10. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Полупроводниковые приборы, их достоинства и недостатки. Виды примесей и проводимостей в полупроводниках. Собственный и примесной полупроводник. Электронно-дырочный (p-n) переход и его свойства. Вольтамперная характеристика p-n перехода.

Полупроводниковый диод, его устройство, принцип действия и применение. Понятие о пробое диода, виды пробоя. Максимальное обратное напряжение и допустимый ток [1,с.183-186].

Биполярные транзисторы. Устройство, принцип действия и применение. Схемы включения транзисторов. Статические входные и выходные характеристики транзистора.

Понятие о полевом транзисторе.

Тиристоры, их устройство, свойства, применение. Вольтамперная характеристика тиристора.

Условно-графические и буквенно-цифровые обозначения полупроводниковых приборов [1,с.187-189].

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется собственной и примесной проводимостью полупроводников?
2. Нарисуйте электронно-дырочный переход и объясните его свойства и характеристики.
3. Как устроен полупроводниковый диод? Почему его используют как выпрямитель переменного тока?
4. Начертите вольтамперную характеристику полупроводникового диода и покажите, как по ней определить основные параметры диода. Для чего нужно знать параметры диода?

5. Начертите структурную схему устройства транзистора и объясните, почему он используется как усилительный элемент? Какие возможны способы включения транзистора?

6. Какие основные характеристики имеет транзистор? Как по характеристикам определить его основные параметры?

7. Объясните свойства полупроводников с четырёхслойной структурой. Как устроен тиристор и для чего он применяется?

8. Объясните принципиальное различие между биполярными и полевыми транзисторами; назовите разновидности полевых транзисторов.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Охарактеризуйте электрическое поле. Перечислите основные понятия и определения.
2. Опишите проводники и диэлектрики в электрическом поле. Охарактеризуйте электроизоляционные материалы.
3. Опишите устройство, принцип действия и область применения конденсаторов.
4. Охарактеризуйте последовательное и параллельное соединения конденсаторов в батарею.
5. Опишите электрические цепи постоянного тока по плану: общие сведения, электрический ток, ЭДС и напряжение, сопротивление и проводимость.
6. Сформулируйте закон Джоуля – Ленца. Охарактеризуйте последовательное соединение резисторов.
7. Охарактеризуйте параллельное и смешанное соединения резисторов.
8. Охарактеризуйте режимы работы источника электрической энергии. Сформулируйте законы Кирхгофа.
9. Перечислите способы расчета сложных цепей. Опишите метод контурных токов.
10. Опишите однофазные электрические цепи переменного тока. Раскройте принцип получения синусоидальных значений ЭДС, напряжения и тока. Перечислите способы включения элементов в цепь переменного тока.
11. Опишите последовательное соединение активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.
12. Охарактеризуйте магнитное поле. Перечислите основные понятия и определения. Опишите поведение проводника с током в магнитном поле.
13. Охарактеризуйте электрические измерения и приборы по плану: общие сведения, измерительные механизмы, область применения.
14. Опишите механизмы измерительных приборов. Дайте понятие абсолютной и относительной погрешности измерений. Расшифруйте маркировку электроизмерительных приборов.
15. Раскройте понятия: индуктивность и взаимная индуктивность, электромагнитная индукция. Перечислите магнитные свойства веществ.
16. Охарактеризуйте приборы и схемы для измерения электрического сопротивления, силы тока, напряжения, мощности и энергии.
17. Опишите последовательное соединение активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.
18. Опишите параллельное соединение активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.
19. Раскройте назначение и применение трансформаторов. Опишите устройство и принцип работы однофазного трансформатора.
20. Опишите процесс получения трехфазной ЭДС. Перечислите способы соединения обмоток генератора.
21. Охарактеризуйте соединение электроприемников звездой. Опишите несимметричный режим. Определите порядок построения векторной диаграммы.

22. Охарактеризуйте соединение электроприемников звездой. Опишите симметричный режим. Определите порядок построения векторной диаграммы.
23. Охарактеризуйте соединение электроприемников треугольником. Опишите несимметричный режим. Определите порядок построения векторной диаграммы.
24. Охарактеризуйте соединение электроприемников треугольником. Опишите симметричный режим. Определите порядок построения векторной диаграммы.
25. Перечислите режимы работы трансформатора. Дайте понятие энергии и КПД трансформаторов. Опишите порядок построения упрощенной векторной диаграммы.
26. Опишите трехфазные трансформаторы. Поясните порядок построения внешней характеристики.
27. Перечислите специальные типы трансформаторов. Опишите их устройство и область применения.
28. Охарактеризуйте режимы работы двигателей, выбор мощности и регулирование частоты вращения электродвигателей, технику безопасности при работе с двигателями.
29. Раскройте назначение машин переменного тока, их классификацию. Опишите устройство трехфазных асинхронных двигателей.
30. Раскройте принцип работы трехфазного асинхронного двигателя. Объясните зависимость частоты и ЭДС в роторе, индуктивного сопротивления и силы тока в обмотке ротора от скольжения.
31. Охарактеризуйте вращающий момент асинхронного двигателя и его зависимость от скольжения. Опишите механическую характеристику.
32. Перечислите общие сведения о синхронных машинах и однофазных двигателях.
33. Раскройте принцип работы и устройство машин постоянного тока. Опишите генераторы постоянного тока.
34. Опишите двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением. Сформулируйте правила техники безопасности при работе с двигателями.
35. Перечислите общие сведения о двигателях с последовательным и смешанным возбуждением. Опишите коллекторные двигатели переменного тока.
36. Перечислите режимы работы двигателей. Опишите процесс выбора мощности и регулирования частоты вращения электродвигателей. Опишите правила техники безопасности при работе с двигателями.
37. Опишите полупроводниковые приборы. Раскройте принцип действия и устройство диодов.
38. Опишите полупроводниковые приборы. Раскройте принцип действия, устройство, применение биполярных транзисторов.
39. Опишите полупроводниковые приборы. Раскройте принцип действия, устройство, применение полевых транзисторов.
40. Опишите полупроводниковые приборы. Раскройте принцип действия, устройство, применение тиристоров.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДКР

Изучение дисциплины предусматривает 1 домашнюю контрольную работу. Контрольная работа состоит из 10 вариантов. Выполнение домашней контрольной работы является важным этапом в изучении теоретического материала, кроме того, правильность решения заданий – критерий усвоения материала учащимися. Все задания необходимо выполнять самостоятельно, опираясь лишь на проработанный теоретический материал. В случае затруднений учащийся может обратиться к преподавателю за консультацией.

Номер варианта задания выбирается согласно номеру по списку в журнале. При окончании номера на «0» выполняется вариант №10, при последней цифре «1» - вариант №1 и т.д. Домашняя контрольная работа выполняется в тетради в клетку (18 листов). При выполнении домашней контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования: необходимо записывать контрольные вопросы и условия задач; после вопроса должен следовать ответ на него, содержание ответов должно быть чётким и кратким; решение задач следует сопровождать пояснениями; вычислениям должны предшествовать исходные формулы; для всех исходных и вычисленных физических величин должны указываться размерности; необходимо приводить эскизы, схемы. На каждой странице оставляется поле шириною 3-4 см для замечаний преподавателя. За ответом на последний вопрос приводится список использованной литературы, указывается методическое пособие, по которому выполнялась работа, ставится подпись исполнителя и оставляется место для рецензии. На обложке тетради указывают вариант, наименование дисциплины, курс, номер учебной группы, фамилию, имя и отчество исполнителя.

В установленные учебным графиком сроки учащийся направляет выполненную работу для проверки в учебное заведение. Домашняя контрольная работа оценивается «зачтено» или «не зачтено». После получения прорецензированной работы учащемуся необходимо исправить указанные ошибки, выполнить все указания преподавателя, повторить недостаточно освоенный материал. Не зачтённые контрольные работы подлежат повторному выполнению. Задания, выполненные по неверно определенному варианту, не рецензируются и возвращаются на доработку и возвращаются учащемуся. В методических указаниях приведены примеры решения задач.

1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДКР

ЗАДАЧА №1: *Цепь постоянного тока содержит несколько резисторов, соединенных смешанно. Схема цепи с указанием сопротивлений резисторов приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка, заданные значения одного из напряжений или токов и величина, подлежащая определению, приведены в табл.1. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R_3 проходит ток I_3 и на нем действует напряжение U_3 . Определить также мощность, потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии цепью за 8 ч. работы. Пояснить, с помощью логических рассуждений, характер изменения электрической величины, заданной в таблице вариантов (увеличится, уменьшится, останется без изменения), если один из резисторов замкнуть накоротко или выключить из схемы. Характер действия с резистором и его номер указаны в табл.1. При этом считать напряжение U_{AB} неизменным. При трудностях логических пояснений ответа можно выполнить расчет требуемой величины в измененной схеме и на основании сравнения ее в двух схемах дать ответ на вопрос.*

Указание к выполнению задачи №1:

Решение задачи требует знаний закона Ома для всей цепи и её участков, законов Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность электрической цепи и расход ею электрической энергии. См. решение типового **примера №1**.

№ варианта	Рисунок	Задаваемая величина	Определить	Действие с резистором		Изменение какой величины рассмотрим
				Замыкается накоротко	Выключается из схемы	
1.	1	$U_{AB}=100B$	I_3	R1	-	I_5
2.	1	$I_1=20A$	I_4	-	R4	U_5
3.	3	$I_3=1A$	U_5	R2	-	U_1
4.	3	$U_1=20B$	I_4	-	R5	I_4
5.	2	$U_{AB}=50B$	I_1	R2	-	U_3
6.	2	$I_2= 3,75A$	I_5	-	R5	U_1
7.	2	$I_4=5A$	U_{AB}	R4	-	I_3
8.	2	$U_5=30B$	I_1	-	R3	U_4
9.	1	$I_3=1,25A$	U_1	R3	-	I_2
10.	3	$U_{AB} = 80B$	U_4	-	R4	I_5

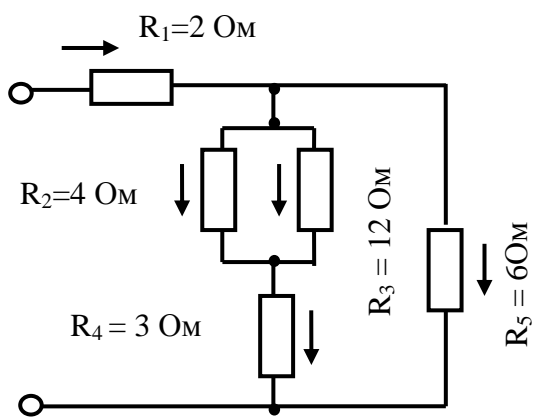


Рисунок 1

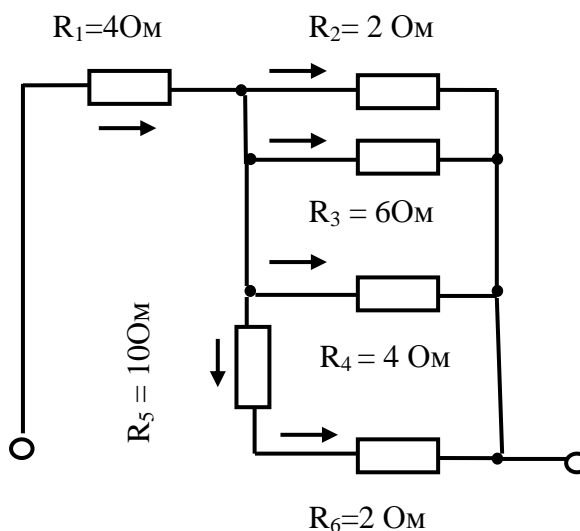


Рисунок 2

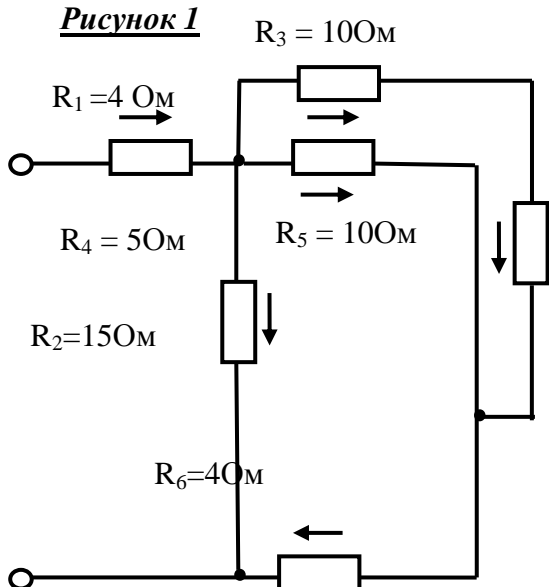


Рисунок 3

ПРИМЕР №1:

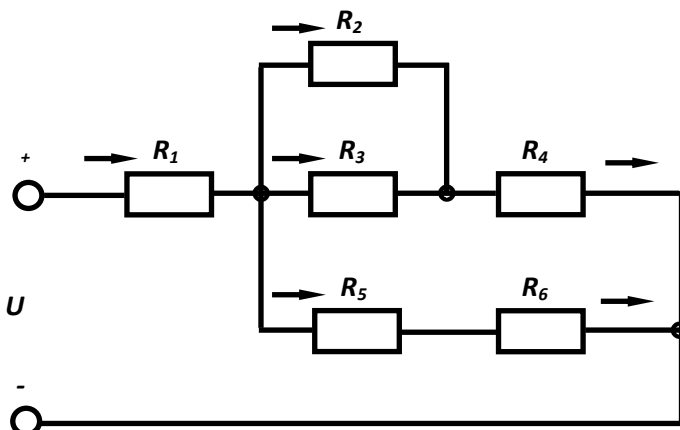


Рисунок 4. Электрическая цепь постоянного тока

Для схемы, приведённой на рисунке 4 определить эквивалентное сопротивление, токи в каждом резисторе, напряжения на каждом резисторе, мощности выделяемые на каждом резисторе, расход энергии цепью за 100 часов, если известно:

$$R_1=5.0\text{ Ом}, R_2=15.0\text{ Ом},$$

$$R_3=10.0\text{ Ом}, R_4=4.0\text{ Ом},$$

$$R_5=4.0\text{ Ом}, R_6=6.0\text{ Ом},$$

$$I_6=4\text{ А}.$$

РЕШЕНИЕ:

После усвоения условия задачи проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой направление тока в каждом резисторе, индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

1. Определяем эквивалентное сопротивление:

т.к. сопротивления R_2 и R_3 соединены параллельно, то

$$R_{2-3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{15 \cdot 10}{15 + 10} = 6.0\text{ Ом}$$

т.к. R_{2-3} и R_4 соединены последовательно, то $R_{2-4} = R_{2-3} + R_4 = 6 + 4 = 10.0\text{ Ом}$

т.к. R_5 и R_6 соединены последовательно, то $R_{5-6} = R_5 + R_6 = 4 + 6 = 10.0\text{ Ом}$

т.к. R_{2-4} и R_{5-6} соединены параллельно, то $R_{2-6} = \frac{R_{2-4} \cdot R_{5-6}}{R_{2-4} + R_{5-6}} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5.0\text{ Ом}$

т.к. R_1 и R_{2-6} соединены последовательно, то $R_{\text{эКВ}} = R_1 + R_{2-6} = 5 + 5 = 10.0\text{ Ом}$

2. Определяем токи в отдельных резисторах:

т.к. R_5 и R_6 соединены последовательно, то $I_6 = I_5 = I_{5-6} = 4\text{ А}$

$$U_{5-6} = I_{5-6} \cdot R_{5-6} = 4 \cdot 10 = 40B,$$

т.к. R_{2-4} и R_{5-6} соединены параллельно, то $U_{5-6} = U_{2-4} = U_{2-6} = 40B$

$$I_{2-4} = \frac{U_{2-4}}{R_{2-4}} = \frac{40}{10} = 4A$$

$$I_{2-6} = \frac{U_{2-6}}{R_{2-6}} = \frac{40}{5} = 8A.$$

т.к. R_{2-3} и R_4 соединены последовательно, то $I_{2-3} = I_4 = I_{2-4} = 4A,$

тогда $U_{2-3} = I_{2-3} \cdot R_{2-3} = 4 \cdot 6 = 24B,$

т.к. сопротивления R_2 и R_3 соединены параллельно, то

$$U_2 = U_3 = U_{2-3} = 24B$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{24}{15} = 1,6A$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{24}{10} = 2,4A,$$

т.к. сопротивления R_1 и R_{2-6} соединены последовательно, то $I_1 = I_{2-6} = I_{1-6} = 8A.$

3. Определяем напряжения на отдельных участках цепи и напряжения на зажимах всей цепи:

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 8 \cdot 5 = 40B;$$

$$U_2 = 24B;$$

$$U_3 = 24B;$$

$$U_4 = I_4 \cdot R_4 = 4 \cdot 4 = 16B;$$

$$U_5 = I_5 \cdot R_5 = 4 \cdot 4 = 16B;$$

$$U_6 = I_6 \cdot R_6 = 4 \cdot 6 = 24B;$$

$$U = I \cdot R_{\text{экв}} = 8 \cdot 10 = 80B.$$

4. Определяем мощности, выделяемые на отдельных резисторах и мощность всей цепи:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 40 \cdot 8 = 320Bm;$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 24 \cdot 1,6 = 38,4Bm;$$

$$P_3 = U_3 \cdot I_3 = 24 \cdot 2,4 = 57,6Bm;$$

$$P_4 = U_4 \cdot I_4 = 16 \cdot 4 = 64Bm;$$

$$P_5 = U_5 \cdot I_5 = 16 \cdot 4 = 64 \text{ Вт};$$

$$P_6 = U_6 \cdot I_6 = 24 \cdot 4 = 96 \text{ Вт};$$

$$P = U \cdot I = 80 \cdot 8 = 640 \text{ Вт}.$$

5. Определяем расход энергии цепью за 100 часов:

$$W = P \cdot t \cdot 10^{-3} = 640 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 64 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

6. Производим проверку правильности решения составлением баланса мощностей:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

$$640 = 320 + 38,4 + 57,6 + 64 + 64 + 96$$

$$640 = 640$$

Т.к. баланс мощностей выполняется, то это означает, что задача решена правильно.

ЗАДАЧА №2: *Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно. Значения сопротивлений всех элементов, а также один дополнительный параметр заданы в табл. 2. Начертить схему цепи и определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы в табл. 2: 1) полное сопротивление Z ; 2) напряжение U , приложенное к цепи; 3) ток I ; 4) угол сдвига фаз (по величине и знаку); 5) активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение. С помощью логических рассуждений пояснить характер изменения (увеличится, уменьшится, останется без изменения) тока, активной, реактивной мощности в цепи при увеличении частоты тока в два раза. Напряжение, приложенное к цепи, считать неизменным.*

Указания к выполнению задачи №2:

Решение задачи требует знания учебного материала об особенностях неразветвленных цепей однофазного переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями; правил построения векторных диаграмм. См. решение типового примера №2.

№ варианта	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$X_{L1},$ Ом	$X_{L2},$ Ом	$X_{C1},$ Ом	$X_{C2},$ Ом	Дополнительный параметр
1.	4	-	6	-	3	-	$Q_{L1}=150$ вар
2.	6	2	3	-	9	-	$U=40$ В
3.	10	6	-	-	12	-	$I=5$ А
4.	6	2	6	-	-	-	$P_{R1}=150$ Вт
5.	4	4	3	3	-	-	$S=360$ В·А
6.	3	-	-	-	2	2	$I=4$ А
7.	8	-	12	-	4	2	$P = 200$ Вт
8.	16	-	10	8	6	-	$U = 80$ В
9.	10	6	-	-	8	4	$I = 2$ А
10.	2	2	5	-	6	2	$Q = -192$ вар

ПРИМЕР №2:

Неразветвленная цепь переменного тока содержит катушку с активным сопротивлением $R_k = 3$ Ом и индуктивным $X_L = 12$ Ом, активное сопротивление $R = 5$ Ом и конденсатор с сопротивлением $X_c = 6$ Ом. К цепи приложено напряжение $U = 100$ В (действующее значение). Определить:

- 1) полное сопротивление цепи;
- 2) ток;
- 3) коэффициент мощности;
- 4) активную реактивную и полную мощности;
- 5) напряжение на каждом сопротивлении.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

РЕШЕНИЕ

1. Определяем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{(R_k + R)^2 + (X_L - X_c)^2} = \sqrt{(3 + 5)^2 + (12 - 6)^2} = 10 \text{ Ом.}$$

2. Определяем токи цепи

$$I = U/Z = 100/10 = 10A.$$

3. **Находим коэффициент мощности цепи.** Во избежание потери знака угла (косинус – функция четная) определяем $\sin\varphi$: $\sin\varphi = (X_L - X_C)/Z = (12 - 6)/10 = 0,6$; $\varphi = 36^\circ 50'$. По таблице Брадиса определяем коэффициент мощности $\cos 36^\circ 50' = 0,8$.

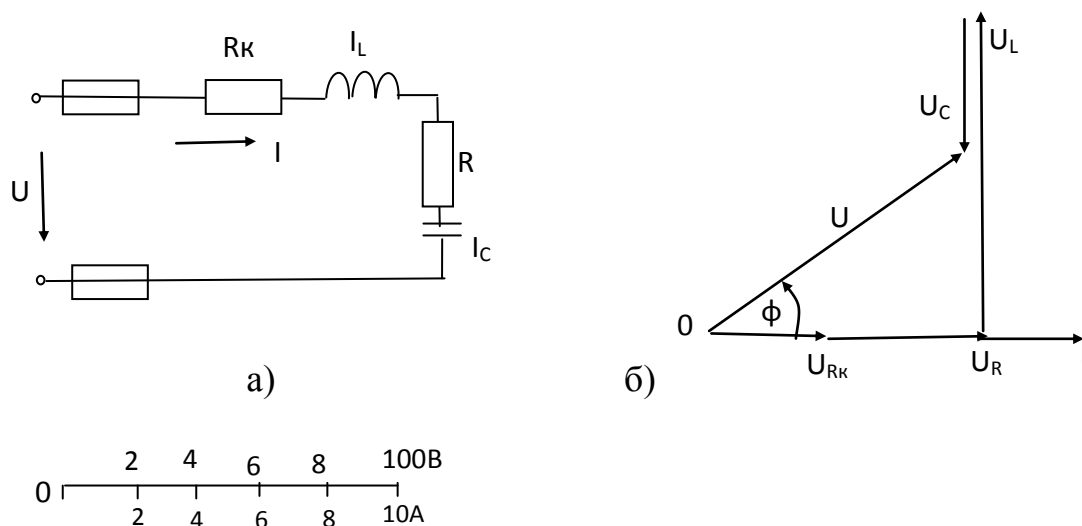


Рисунок 5.

4. Определяем активную реактивную и полную мощности цепи:

$$P = UI\cos\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800 \text{ Вт} \text{ или } P = I^2 (R_k + R) = 10^2 (3+5) = 800 \text{ Вт};$$

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 10^2 (12 - 6) = 600 \text{ вар} \text{ или } Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 1000 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600 \text{ вар};$$

$$S = UI = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ ВА}, \text{ или } S = I^2 Z = 10^2 \cdot 10 = 1000 \text{ ВА}, \text{ или } S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{800^2 + 600^2} = 1000 \text{ ВА}.$$

5. Определяем падения напряжения на сопротивлениях цепи: $U_{Rk} = 10 \cdot 3 = 30V$;

$$U_L = I \cdot X_L = 10 \cdot 12 = 120V; \quad U_R = I \cdot R = 10 \cdot 5 = 50V; \quad U_C = I \cdot X_C = 10 \cdot 6 = 60V.$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаемся масштабом по току: в 1 см – 2А и масштабом по напряжению в 1 см – 20В. Построение векторной диаграммы (рисунок 5, б) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе $(10A)/(2A/см) = 5см$.

Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях U_{Rk} и U_R : $(30 \text{ В})/(20 \text{ В/см}) = 1,5см$; $(50 \text{ В})/(20 \text{ В/см}) = 2,5см$

Из конца вектора U_R откладываем в сторону опережения вектора тока на 90° вектор падения напряжения U_L на индуктивном сопротивлении длиной $(120\text{В})/(20\text{ В/см}) = 6\text{см}$. Из конца вектора U_L откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90° вектор падения напряжения на конденсаторе U_C длиной $(60\text{ В})/(20\text{В/см}) = 3\text{ см}$. Геометрическая сумма векторов U_{Rk} , U_R , U_L , U_C равна полному напряжению, приложенному к цепи.

ЗАДАЧА №3.1: *В трехфазную четырехпроводную сеть включили звездой разные по характеру сопротивления. Значения сопротивлений и линейное напряжение приведены в таблице 4. Начертить схему цепи, определить полные сопротивления фаз, фазные токи, активную, реактивную и полную мощность отдельных фаз и всей цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить графически числовое значение тока в нулевом проводе.*

Указания к выполнению задачи №3.1:

Для решения данной задачи требуются знания учебного материала по теме «Трехфазные электрические цепи переменного тока», представление об особенностях соединения источников и потребителей, соотношениях между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении в звезду, умения строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках, а также в аварийных режимах. Данные для своего варианта взять из таблицы 3а. См.

решение типового примера №3.1.

Таблица 3а

№ варианта	Фаза А			Фаза В			Фаза С			U _л , В
	R, Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	R, Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	R, Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	
1	8	6	-	-	-	11	20	-	-	380
3	-	-	12,7	25,4	-	-	10	-	-	220
5	38	-	-	8	-	6	-	-	19	660
7	6	-	8	4	3	-	-	-	10	380
9	10	-	-	-	-	12,7	25,4	-	-	220

ПРИМЕР №3.1:

В трёхфазную четырёхпроводную сеть с частотой $f = 50$ Гц включили звездой несимметричную нагрузку:

- в фазу А – конденсатор с ёмкостным сопротивлением $X_C = 10$ Ом;
- в фазу В – активное сопротивление $R = 8$ Ом и индуктивное $X_L = 6$ Ом;
- в фазу С – активное сопротивление $R = 5$ Ом.

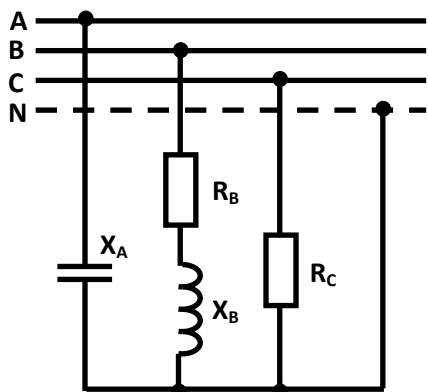


Рисунок 7. Трёхфазная цепь переменного тока при соединении потребителей звездой

Линейное напряжение сети $U_{ном} = 380$ В.

Определить полные сопротивления фаз, фазные напряжения и токи; начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и найти графически ток в нулевом проводе; определить активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью.

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем полное сопротивление каждой фазы:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2};$$

$$Z_A = \sqrt{(-X_C)^2} = 10 \text{ Ом}; \quad Z_B = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ Ом}; \quad Z_C = \sqrt{R^2} = 5 \text{ Ом}.$$

2. Определяем фазные напряжения: $U_A = U_B = U_C = \frac{U_{\text{лн}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220$ В

3. Находим фазные токи:

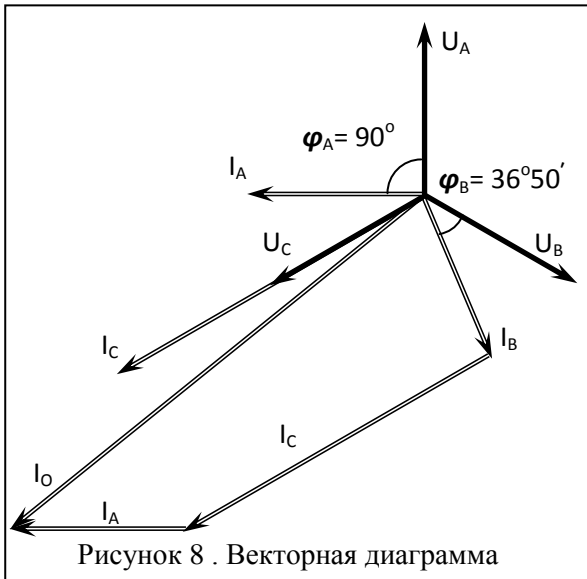
$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}}, \text{ тогда } I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{220}{5} = 44 \text{ А}.$$

4. Построение векторной диаграммы:

Выбор масштаба: по напряжению: $m_U = 100 \text{ В/см}$; по току: $m_I = 10 \text{ А/см}$.

Первыми строят вектора фазных напряжений U_A, U_B, U_C , располагая их под углом 120° друг относительно друга (рисунок 5). Вектор I_A опережает вектор U_A на угол 90° (т.к. на реактивной ёмкостной нагрузке напряжение отстаёт от тока по фазе на 90°); вектор I_B отстаёт от вектора U_B на угол ϕ_B , который определяется из

выражения $\cos\varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{8}{10} = 0,8 \varphi_B = 36^\circ 50'$. Вектор I_C совпадает с вектором напряжения U_C (т.к. в фазе С содержится чисто активная нагрузка, а вектора напряжения и тока в этом случае имеют одинаковое направление). Ток в нулевом проводе равен геометрической сумме фазных токов.



Измерим длину вектора тока в нулевом проводе I_0 : $l_I \approx 6,8 \text{ см}$.

Тогда $I_f = l_I * m_I = 6,8 * 10 = 68 \text{ А}$.

5. Определяем мощности,

потребляемые цепью:

$$P = P_A + P_B + P_C = I_A^2 \cdot R_A + I_B^2 \cdot R_B + I_C^2 \cdot R_C = 22 \cdot 0 + 22^2 \cdot 8 + 44^2 \cdot 5 = 13552 \text{ Вт};$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = I_A^2 \cdot X_A + I_B^2 \cdot X_B + I_C^2 \cdot X_C = 22^2 \cdot (-10) + 22^2 \cdot 6 + 44^2 \cdot 0 = -1936 \text{ ВАр}.$$

Знак минус показывает, что в цепи преобладает ёмкость.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{13552^2 + (-1936)^2} = 13690 \text{ ВА}.$$

Задача №3.2: В трехфазную трехпроводную сеть включили треугольником разные по характеру сопротивления. Значения сопротивлений и линейное напряжение приведены в таблице 3б. Начертить схему цепи, определить полные сопротивления фаз, фазные токи, активную, реактивную и полную мощность отдельных фаз и всей цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить графически числовые значения линейных токов.

Указания к выполнению задачи №3.2:

Для решения данной задачи требуются знания учебного материала по теме «Трехфазные электрические цепи переменного тока», представление об особенностях соединения источников и потребителей, соотношениях между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении в треугольник, умения строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках, а также в аварийных режимах. Данные для своего варианта взять из

№ варианта	Фаза АВ			Фаза ВС			Фаза СА			U _л , В
	R, Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	R, Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	R, Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	
2	10	-	-	6	8	-	10	-	-	220
4	-	-	20	20	-	-	12	16	-	380
6	24	-	32	-	-	40	40	-	-	660
8	8	6	-	10	-	-	20	-	-	220
10	-	-	5	5	-	-	-	-	5	380

ПРИМЕР №3.2:

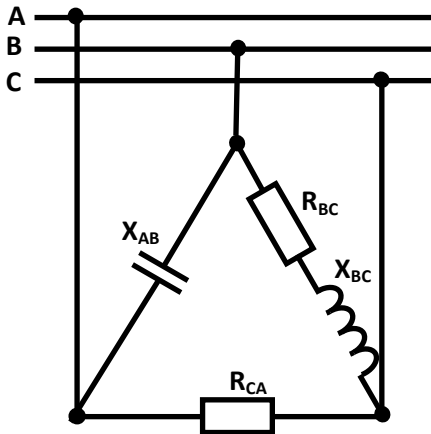


Рисунок 9. Трёхфазная цепь переменного тока при соединении потребителей

В трёхфазную сеть с частотой $f = 50$

Гц включили треугольником несимметричную нагрузку (рис.9):

- в фазу АВ – конденсатор с ёмкостным сопротивлением $X_C = 10$ Ом;

- в фазу ВС – катушку с активным $R = 40$ Ом и индуктивным сопротивлением $X_L = 3$

Ом;

- в фазу СА – активное сопротивление $R = 10$ Ом.

Линейное напряжение сети $U_{ном} = 220$ В.

РЕШЕНИЕ:

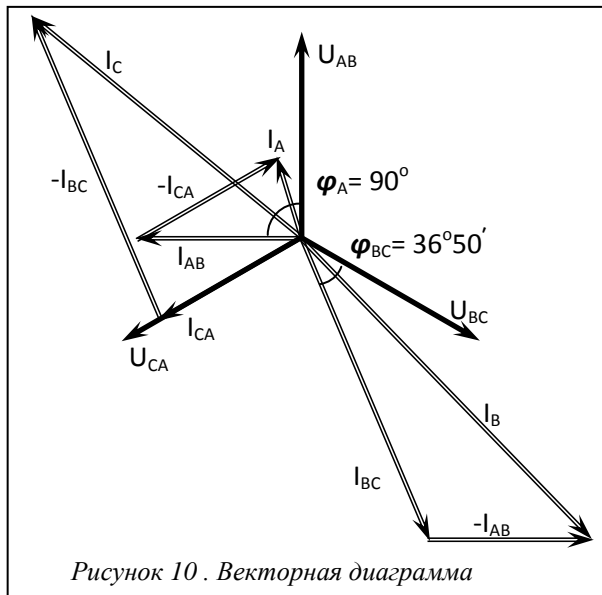
1. Определяем полное сопротивление каждой фазы:

$$Z_{AB} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 10.0 \text{ Ом};$$

$$Z_{BC} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5.0 \text{ Ом};$$

$$Z_{CA} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 10.0 \text{ Ом}$$

2. Определяем фазные токи и углы



сдвига фаз:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}}, \text{ тогда}$$

$$I_{AB} = \frac{U_{ном}}{Z_{AB}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}; \varphi_{AB} = -90^{\circ};$$

$$I_{BC} = \frac{U_{ном}}{Z_{BC}} = \frac{220}{5} = 44 \text{ A};$$

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

$36^{\circ}50'$;

$$I_{CA} = \frac{U_{ном}}{Z_{CA}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}; \varphi_{CA} = 0;$$

3. Построение векторной диаграммы: Выбор масштаба по напряжению: $m_U = 80 \text{ В/см}$; по току: $m_I = 10 \text{ А/см}$.

Вектора фазных напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} располагают под углом 120° друг относительно друга (рисунок 7). Под углом $\varphi_{AB} = -90^{\circ}$ к вектору напряжения U_{AB} откладываем вектор тока I_{AB} (т.к. в фазе чисто емкостная нагрузка); в фазе BC вектор тока I_{BC} должен отставать от вектора напряжения U_{BC} на угол $\varphi_{BC} = 36^{\circ}50'$, а в фазе CA вектор тока I_{CA} совпадает с вектором напряжения U_{CA} (т.к. в фазе CA содержится чисто активная нагрузка, а вектора напряжения и тока в этом случае имеют одинаковое направление).

Строим векторы линейных токов на основании уравнений:

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} = \vec{I}_{AB} + (-\vec{I}_{CA}); \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} + (-\vec{I}_{AB}); \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} + (-\vec{I}_{BC});$$

Измерив длины векторов линейных токов, находим их значения, пользуясь масштабом

$$I = l_I * m_I : I_A = 11 \text{ A}; I_B = 57 \text{ A}; I_C = 47 \text{ A}.$$

4. Определяем мощности, потребляемые цепью:

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = I_{AB}^2 \cdot R_{AB} + I_{BC}^2 \cdot R_{BC} + I_{CA}^2 \cdot R_{CA} = 22^2 \cdot 0 + 44^2 \cdot 4 + 22^2 \cdot 10 = 12584 \text{ Вт};$$

$$Q = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = I_{AB}^2 X_{AB} + I_{BC}^2 X_{BC} + I_{CA}^2 X_{CA} = 22^2 \cdot (-10) + 44^2 \cdot 3 + 22^2 \cdot 0 = 968 \text{ ВАр}.$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{12584^2 + 968^2} = 12621 \text{ ВА}$$

Задача №4: Для питания пониженным напряжением частотой 50 Гц установлен трехфазный трансформатор номинальной мощностью $S_{НОМ}$, к которому подключена нагрузка с полной мощностью S_2 , активной P_2 , при коэффициенте мощности $\cos\varphi_2$ и коэффициенте нагрузки K_H . Номинальные напряжения обмоток $U_{НОМ1}$ и $U_{НОМ2}$; номинальные токи в обмотках $I_{НОМ1}$ и $I_{НОМ2}$, токи в обмотках при фактической нагрузке I_1 и I_2 , ЭДС в обмотках трансформатора E_1 и E_2 . Коэффициент трансформации равен K . Число витков обмоток w_1 и w_2 . Магнитный поток в магнитопроводе Φ_M . Магнитные потери $P_M=P_X$, электрические потери $P_\Sigma=P_K$. КПД трансформатора при номинальной нагрузке $\eta_{НОМ}$, при действительной нагрузке η , максимальное значение КПД η_M . Используя данные трансформатора, приведенные в таблице 4, и исходные данные, приведенные в таблице 5, определить все неизвестные величины. Ответить на вопрос из таблицы 6 в соответствии со своим вариантом.

Таблица 4

№ варианта	№ вопроса	Тип трансформатора	Φ_M Вб	ω_1	ω_2	S_2 , кВА	P_2 , кВт	$\cos\varphi_2$	k_H	I_1 , А	I_2 , А
1	1	ТМ-25/10	0,025	-	-	21,5	-	0,75	-	-	-
2	2	ТМ-40/10	-	1111	-	35	27	-	-	-	-
3	3	ТМ-63/10	-	-	55	-	-	0,82	0,8	-	-
4	4	ТМ-100/10	0,0175	-	-	-	63	0,75	-	-	-
5	5	ТМ-160/10	-	1222	-	-	105,6	-	0,86	-	-
6	6	ТМ-250/10	-	-	69	-	-	0,74	-	10,8	-
7	7	ТМ-400/10	0,026	-	-	-	-	0,81	-	-	259
8	8	ТМ-630/10	-	1100	-	-	406	-	-	28	-
9	9	ТМ-630/35	-	-	200	-	404	-	-	-	27,7
10	10	ТМ-1000/35	0,125	-	-	815	-	0,75	-	-	-

Указания к выполнению задачи №4:

Для решения данной задачи необходимо знать устройство, принцип действия и соотношения между электрическими величинами трехфазных трансформаторов. Основными параметрами трансформаторов являются:

1. Номинальная мощность $S_{НОМ}$. Это полная мощность (в кВА), которую трансформатор, установленный на открытом воздухе, может непрерывно отдавать в течение срока службы (20-25 лет) при номинальном напряжении и при максимальной и среднегодовой температуре окружающего воздуха соответственно 40 и 5°C.

2. Номинальное первичное напряжение $U_{НОМ1}$ — напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора.

3. Номинальное вторичное напряжение $U_{НОМ2}$ — напряжение на выводах вторичной обмотки при холостом ходе и номинальном первичном напряжении. При нагрузке вторичное напряжение снижается из-за потерь в трансформаторе.

4. Номинальный первичный $I_{НОМ1}$ и вторичный токи $I_{НОМ2}$. Это токи, вычисленные по номинальной мощности и номинальным напряжениям.

$$\text{Для однофазного трансформатора: } I_{НОМ1} = \frac{S_{НОМ}}{U_{НОМ1}}; I_{НОМ2} = \frac{S_{НОМ}}{U_{НОМ2}};$$

$$\text{для трёхфазного трансформатора: } I_{НОМ1} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{НОМ1}}; I_{НОМ2} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{НОМ2}};$$

Трансформаторы чаще всего работают с нагрузкой меньше номинальной, поэтому вводят понятие коэффициента нагрузки: $k_H = I_1 / I_{НОМ1} = I_2 / I_{НОМ2} = S_2 / S_{НОМ}$.

ПРИМЕР №4:

Для питания предприятия используется трехфазный понижающий трансформатор ТМ-160/10, паспортные данные которого заданы в таблице 4. Максимальное значение магнитного потока $\Phi_m = 0,0208$ Вб. Трансформатор работает с коэффициентом нагрузки $k_H = 0,8$, при коэффициенте мощности потребителя $\cos\varphi_2 = 0,95$. Частота тока сети $f = 50$ Гц.

Первичные и вторичные обмотки трансформатора соединены в звезду.

Определить: 1) номинальные токи в обмотках и токи при действительной нагрузке; 2) числа витков обмоток; 3) фазные ЭДС в обмотках; 4) коэффициент трансформации; 5) количество витков обмоток; 6) КПД трансформатора при номинальной и действительной нагрузке, максимальное значение КПД.

РЕШЕНИЕ:

1. Выписываем номинальные данные трансформатора из таблицы 1:

$$S_{НОМ} = 160 \text{ кВА}, U_{НОМ1} = 10 \text{ кВ}, U_{НОМ2} = 0,69 \text{ кВ}, P_x = 0,595 \text{ кВт}, P_k = 2,875 \text{ кВт}.$$

2. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{НОМ1} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{НОМ1}} = \frac{160 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 10 \cdot 10^3} = 9,25 \text{ А}; I_{НОМ2} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{НОМ2}} = \frac{160 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 0,69 \cdot 10^3} = 134 \text{ А};$$

3. Токи в обмотках при действительной нагрузке:

$$I_1 = k_H \cdot I_{НОМ1} = 0,8 \cdot 9,25 = 7,4A; \quad I_2 = k_H \cdot I_{НОМ2} = 0,8 \cdot 134 = 107A.$$

4. Фазные ЭДС в обмотках при соединении обмоток в звезду:

$$E_1 = \frac{U_{НОМ1}}{\sqrt{3}} = \frac{10 \cdot 10^3}{1,73} = 5780B; \quad E_2 = \frac{U_{НОМ2}}{\sqrt{3}} = \frac{0,69 \cdot 10^3}{1,73} = 399B;$$

5. Числа витков обмоток находим из формулы $E = 4,44 \cdot f \cdot w \cdot \Phi_M$:

$$\omega_1 = \frac{E_1}{4,44 \cdot \Phi_M \cdot f} = \frac{5780}{4,44 \cdot 0,0208 \cdot 50} = 1252; \quad \omega_2 = \frac{E_2}{4,44 \cdot \Phi_M \cdot f} = \frac{399}{4,44 \cdot 0,0208 \cdot 50} = 86;$$

6. Коэффициент трансформации: $K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{5780}{399} = 14,5$.

7. Действительная нагрузка трансформатора и активная мощность, потребляемая от него:

$$S_2 = k_H \cdot S_{НОМ} = 0,8 \cdot 160 \cdot 10^3 = 128 \text{ кВА}; \quad P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_2 = 128 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 121,6 \text{ кВт};$$

8. КПД трансформатора при номинальной и действительной нагрузке:

$$\eta_{НОМ} = \frac{S_{НОМ} \cos \varphi_2 \cdot 100}{S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_X + P_K} = \frac{160 \cdot 10^3 \cdot 0,95 \cdot 100}{160 \cdot 10^3 \cdot 0,95 + 0,595 \cdot 10^3 + 2,875 \cdot 10^3} = 97,8\%;$$

$$\eta = \frac{k_H S_{НОМ} \cos \varphi_2 \cdot 100}{k_H S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_X + k_H^2 P_K} = \frac{0,8 \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 0,95 \cdot 100}{0,8 \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 0,95 + 0,595 \cdot 10^3 + 0,64 \cdot 2,875 \cdot 10^3} = 98\%;$$

9. Максимальное значение КПД:

КПД достигает максимального значения при коэффициенте нагрузки

$$k_{HM} = \sqrt{\frac{P_X}{P_K}} = \sqrt{\frac{0,595}{2,875}} = 0,45;$$

$$\eta_M = \frac{k_{HM} S_{НОМ} \cos \varphi_2 \cdot 100}{k_{HM} S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_X + k_{HM}^2 P_K} = \frac{0,45 \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 0,95 \cdot 100}{0,45 \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 0,95 + 0,595 \cdot 10^3 + 0,2025 \cdot 2,875 \cdot 10^3} = 98,3\%;$$

Таблица 5

Тип трансформатора	$S_{ном}$ кВА	Номинальные напряжения обмоток		Потери мощности	
		$U_{ном1}$, кВ	$U_{ном2}$, кВ	P_x	P_k , кВт
ТМ-25/10	25	10	0,4	0,13	0,645
ТМ-40/10	40	10	0,4	0,185	0,94
ТМ-63/10	63	10	0,4	0,275	1,375
ТМ-100/10	100	10	0,4	0,375	2,12
ТМ-160/10	160	10	0,69	0,595	2,875
ТМ-250/10	250	10	0,69	0,915	4,25
ТМ-400/10	400	10	0,69	1,19	5,7
ТМ-630/10	630	10	0,69	1,75	8,1
ТМ-630/35	630	35	11	2,1	8,05
ТМ-1000/35	1000	35	6,3	2,85	11,6
ТМ-1600/35	1600	35	10,55	3,85	16,5

Таблица 6

№ вопроса	Теоретический вопрос
1	Назначение трансформаторов и области их применения.
2	Устройство однофазного трансформатора. Назначение его частей.
3	Принцип действия однофазного трансформатора.
4	Как и с какой целью проводится опыт холостого хода трансформатора?
5	Как и с какой целью проводится опыт короткого замыкания трансформатора?
6	Как определяется КПД трансформатора?
7	Устройство трёхфазных трансформаторов. Особенности конструктивного исполнения трансформаторов большой мощности.
8	Устройство автотрансформаторов. Область их применения.
9	Устройство измерительных трансформаторов. Область их применения.
10	Устройство сварочных трансформаторов. Область их применения.

ЗАДАЧА №5.1: Трёхфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, работая в номинальном режиме, потребляет из сети мощность $P_1 = S_1 \cdot \cos\varphi_{ном}$ при номинальном напряжении $U_{ном}$ и номинальном токе $I_{ном}$. Полезная номинальная мощность на валу $P_{ном}$. Суммарные потери в двигателе равны $\sum P$, его КПД $\eta_{ном}$. Коэффициент мощности двигателя равен

$\cos\varphi_{\text{ном}}$. Двигатель развивает на валу вращающий момент $M_{\text{ном}}$ при частоте вращения ротора $n_{\text{ном}2}$. Максимальный и пусковой моменты двигателя соответственно равны M_{max} и $M_{\text{п}}$; способность двигателя к перегрузке $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$, кратность пускового момента $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$. Синхронная частота вращения магнитного поля статора равна n_1 ; скольжение ротора при номинальной нагрузке $s_{\text{ном}}$. Частота тока в сети $f_1=50$ Гц, частота тока в роторе f_2 . Используя данные приведенные в таблице 7 определить все неизвестные величины. Ответить на вопросы из таблиц 8,9 в соответствии со своим вариантом.

Указания к выполнению задачи №5.1:

Для решения данной задачи необходимо знать устройство и принцип действия двигателя переменного тока данного типа, зависимости между электрическими величинами, характеризующими его работу. Необходимо ознакомиться с рядом возможных частот вращения магнитного потока при стандартной частоте тока 50 Гц: 3000, 1500, 750, 600 об/мин и т.д. Поэтому при частоте вращения ротора двигателя, например, $n_2 = 980$ об/мин поле может иметь только $n_1=1000$ об/мин (ближайшая к 980 об/мин из ряда частот вращения) и можно сразу определить скольжение, даже не зная числа пар полюсов: $s=(n_1-n_2)/n_1=(1000-980)/1000=0,02$.

Таблица №7

№ варианта	№№ вопросов		$P_{\text{ном}}$, кВт	S_1 , кВА	P_1 , кВт	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}$	ΣP , кВт	$M_{\text{ном}}$	$H_{\text{М}}$	M_{max} , НМ	$H_{\text{М}}$	$M_{\text{пуск}}$	$H_{\text{М}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	n_2 , об/мин	f_2 , Гц	$s_{\text{ном}}$ %	$U_{\text{ном}}$ В	$I_{\text{ном}}$ А
	1	2																			
01	1	2,5	–	–	0,8	0,82	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
02	2	–	7,35	–	0,81	–	0,95	49,7	94,4	64,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19,3
03	3	7,5	10	–	–	–	0,9	–	–	69,6	2	–	1440	–	–	–	–	–	–	380	–
04	4	10	–	–	0,83	0,88	–	–	68,7	–	2,1	1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	62,3
05	5	–	18,4	15,4	–	0,81	–	–	–	–	257	2,2	1,6	–	–	–	–	–	–	220	–

ПРИМЕР №5.1:

Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет номинальные данные: мощность двигателя $P_{\text{ном}}=75$ кВт; напряжение $U_{\text{ном}}=380$ В; КПД $\eta_{\text{ном}}=0,93$; частота вращения ротора $n_2=1480$ об/мин; коэффициент

мощности $\cos\varphi_{\text{ном}}=0,87$; кратность пускового тока $I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}= 7,5$; кратность пускового момента $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}= 1,2$; способность к перегрузке $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}=2,2$. Частота тока в сети $f_1= 50$ Гц.

Определить: 1) потребляемую активную P_1 и полную S_1 мощности; 2) номинальный, пусковой и максимальный моменты; 3) номинальный и пусковой токи; 4) номинальное скольжение; 5) суммарные потери в двигателе; 6) частоту тока в роторе.

РЕШЕНИЕ:

1. Активная и полная мощности, потребляемые из сети:

$$P_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} = \frac{75}{0,93} = 80,6 \text{ кВт}$$

$$S_1 = \frac{P_1}{\cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{80,6}{0,87} = 92,6 \text{ кВА}$$

2. Номинальный момент, развиваемый двигателем:

$$M_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot P_{\text{ном}}}{n_2} = \frac{9550 \cdot 75}{1480} = 484 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

3. Пусковой и максимальный моменты:

$$M_{\text{пуск}} = 1,2 \cdot M_{\text{ном}} = 1,2 \cdot 484 = 581 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{max}} = 2,2 \cdot M_{\text{ном}} = 2,2 \cdot 484 = 1064,8 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

4. Номинальный и пусковой токи:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{75 \cdot 1000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 141 \text{ А};$$

$$I_{\text{пуск}} = 7,5 \cdot I_{\text{ном}} = 7,5 \cdot 141 = 1057,5 \text{ А};$$

5. Номинальное скольжение:

$$s_{\text{ном}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1500 - 1480}{1500} = 0,013;$$

6. Суммарные потери в двигателе:

$$\sum p = P_1 - P_{\text{ном}} = 80,6 - 75 = 5,6 \text{ кВт};$$

7. Частота тока в роторе:

$$f_2 = f_1 \cdot s_{\text{ном}} = 50 \cdot 0,013 = 0,65 \text{ Гц}.$$

Таблица 8

№ вопроса	Теоретический вопрос
1	Назначение электрических машин переменного тока, их классификация и применение.
2	Устройство трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, его достоинства и недостатки.
3	Устройство трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором, его достоинства и недостатки.
4	Принцип действия трёхфазного асинхронного двигателя.
5	Зависимость параметров асинхронного двигателя от скольжения.
6	Вращающий момент трёхфазного асинхронного двигателя и его зависимость от скольжения.
7	Способы пуска в ход трёхфазных асинхронных двигателей.
8	Регулирование частоты вращения трёхфазных асинхронных двигателей.
9	Устройство и принцип действия однофазного двигателя переменного тока.
10	Устройство и принцип действия синхронного двигателя переменного тока.

Таблица 9

№ вопроса	Теоретический вопрос
1	Устройство машины постоянного тока.
2	Электродвижущая сила машины постоянного тока.
3	Электромагнитный момент машины постоянного тока.
4	Принцип работы машины постоянного тока в режиме электрического генератора.
5	Принцип работы машины постоянного тока в режиме электрического двигателя.
6	Генераторы постоянного тока с независимым возбуждением их характеристики.
7	Генераторы постоянного тока с параллельным возбуждением их характеристики.
8	Генераторы постоянного тока со смешанным возбуждением их характеристики.
9	Пуск двигателя постоянного тока.
10	Регулирование частоты вращения двигателя с параллельным возбуждением.

ЗАДАЧА №5.2: *Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, работая в номинальном режиме, отдает полезную мощность на валу $P_{ном}$, развивая при этом номинальный момент $M_{ном}$ при частоте вращения $n_{ном}$. Двигатель потребляет из сети номинальный ток $I_{ном}$ при номинальном напряжении $U_{ном}$. Ток в обмотке якоря I_a , в обмотке возбуждения I_b , сопротивление цепи якоря R_a , цепи возбуждения R_b , противо-ЭДС в обмотке якоря E . Потребляемая из сети мощность равна P_1 . Суммарные потери мощности в двигателе составляют ΣP , потери мощности в обмотках якоря и возбуждения P_a и P_b , его коэффициент полезного действия $\eta_{дв}$. Используя номинальные данные двигателя, приведенные в таблице 10, определить все неизвестные величины а также, потери в обмотках якоря и возбуждения. Ответить на вопросы из таблиц 8,9 в соответствии со своим вариантом.*

Указания к выполнению задачи №5.2: Данная задача относится к теме «Электрические машины постоянного тока». Для решения задач необходимо знать устройство и принцип действия двигателей постоянного тока, зависимости между электрическими величинами, характеризующими их работу. Необходимо иметь представление о связи между напряжением на выводах U , ЭДС E и падением напряжения $I_a R_a$ в обмотке якоря: для двигателя $U = E + I_a R_a$. Полезный номинального момента (на валу):

$$M_{ном} = 9550 \frac{P_{ном}}{n_{ном}}$$

Таблица 10

№ варианта	№№ вопросов	$P_1, кВт$	$P_{ном}, кВт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$I_a, А$	$I_b, А$	$M_{ном}, Н·м$	$n, об/мин$	$E, В$	$R_a, Ом$	$R_b, Ом$	$\Sigma P, кВт$	$P_a, Вт$	$P_b, Вт$	$\eta_{дв}$
06	6	–	20	440	–	–	2,2	106	–	420	–	–	–	–	–	0,81
07	7	27,4	–	–	–	121	3,8	–	2200	–	0,1	–	4,9	–	–	–
08	8	30,1	25	–	68,4	–	–	–	1600	416	–	183	–	–	–	–
09	9	–	27,5	220	–	–	–	350	–	–	0,11	40,7	–	–	–	0,84
10	10	–	–	–	80	–	2,6	179	1600	412	–	–	–	–	–	0,85 ⁸

ПРИМЕР №5.2:

Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением (рисунок 11) рассчитан на номинальную мощность $P_{ном}=10$ кВт и номинальное напряжение $U_{ном}=220$ В. Частота вращения якоря $n_{ном}=3000$ об/мин.

Двигатель потребляет из сети ток $I_{ном}=63$ А. Сопротивление обмотки возбуждения $R_b=850$ Ом, сопротивление обмотки якоря $R_a=0,3$ Ом.

Определить:

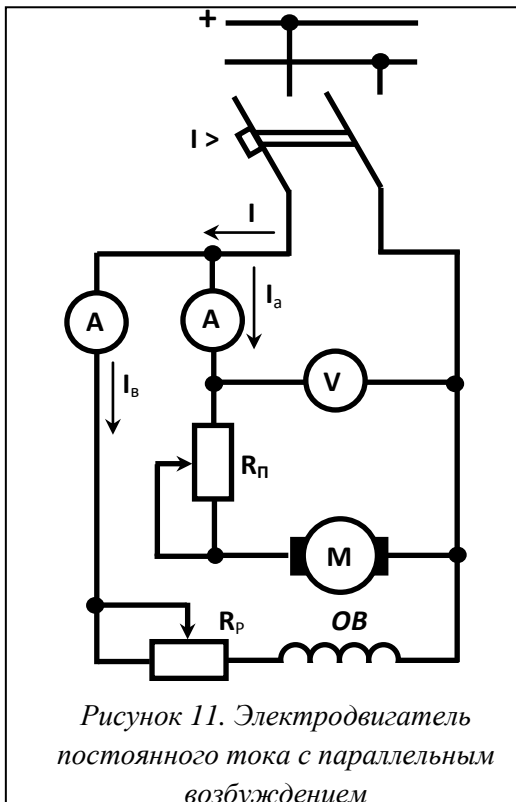


Рисунок 11. Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением

- 1) потребляемую из сети мощность P_1 ;
- 2) КПД двигателя $\eta_{дв}$;
- 3) полезный вращающий момент $M_{ном}$;
- 4) ток якоря I_a ;
- 5) противо-ЭДС в обмотке якоря E ;
- 6) суммарные потери в двигателе ΣP ;
- 7) потери в обмотках якоря P_a и возбуждения P_b .

РЕШЕНИЕ:

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети:

$$P_1 = U_{ном} \cdot I_{ном} = 220 \cdot 63 = 13,9 \text{ кВт.}$$

2. КПД двигателя:

$$\eta_{дв} = \frac{P_{ном}}{P_1} = \frac{10}{13,9} = 0,72.$$

3. Полезный вращающий момент (на валу):

$$M_{ном} = \frac{9550 \cdot P_{ном}}{n_{ном}} = \frac{9550 \cdot 10}{3000} = 31,9 \text{ Н·м;}$$

4. Для определения тока якоря предварительно находим ток возбуждения:

$$I_b = \frac{U_{ном}}{R_b} = \frac{220}{85} = 2,6 \text{ А, тогда ток якоря: } I_a = I_{ном} - I_b = 63 - 2,6 = 60,4 \text{ А;}$$

5. Противо-ЭДС в обмотке якоря:

$$E = U_{ном} - I_a \cdot R_a = 220 - 60,4 \cdot 0,3 = 202 \text{ В.}$$

6. Суммарные потери в двигателе:

$\sum P = P_1 - P_{ном} = 13,9 - 10 = 3,9 \text{ кВт}$, где $P_{ном}$ – полезная мощность;

7. Потери в обмотках якоря и возбуждения:

$$P_a = I_a^2 \cdot R_a = 60,4^2 \cdot 0,3 = 1190 \text{ Вт}.$$

$$P_v = U_{ном} \cdot I_v = 220 \cdot 2,6 = 572 \text{ Вт}.$$

Ответить на вопрос из таблицы 9 в соответствии со своим вариантом.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Баллы	Показатели оценки
1 (один)	узнавание отдельных объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (фактов, терминов, явлений, инструктивных указаний, действий и т. д.)
2 (два)	различение объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде; осуществление соответствующих практических действий
3 (три)	воспроизведение части программного материала по памяти (фрагментарный пересказ и перечисление объектов изучения); осуществление умственных и практических действий по образцу
4 (четыре)	воспроизведение большей части программного учебного материала (описание объектов изучения с элементами объяснения, раскрывающими структурные связи и отношения); применение знаний в знакомой ситуации по образцу; наличие единичных существенных ошибок
5 (пять)	осознанное воспроизведение большей части программного учебного материала (описание объектов изучения с объяснением структурных связей и отношений); применение знаний в знакомой ситуации по образцу; наличие несущественных ошибок
6 (шесть)	полное знание и осознанное воспроизведение всего программного учебного материала; владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (описание и объяснение объектов изучения, выявление и обоснование закономерных связей, приведение заданий по образцу, на основе предписаний); наличие несущественных ошибок
7 (семь)	полное, прочное знание и воспроизведение программного учебного материала; владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение объектов изучения, раскрытие сущности, обоснование и доказательство, формулирование выводов, недостаточно самостоятельное выполнение заданий); наличие единичных несущественных ошибок
8 (восемь)	полное, прочное, глубокое знание и воспроизведение программного учебного материала; оперирование программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение объектов изучения, раскрытие сущности, обоснование и доказательство, подтверждение аргументами и фактами, формулирование выводов, самостоятельное выполнение заданий); наличие единичных несущественных ошибок

Баллы	Показатели оценки
9 (девять)	полное, прочное, глубокое, системное знание программного учебного материала; оперирование программным учебным материалом в частично измененной ситуации (применение учебного материала, как на основе известных правил, предписаний, так и поиск нового знания, способы решения учебных задач, выдвижение предположений и гипотез, наличие действий и операций творческого характера для выполнения заданий)
10 (десять)	свободное оперирование программным учебным материалом; применение знаний и умений в незнакомой ситуации (самостоятельные действия по описанию, объяснению объектов изучения, формулированию правил, демонстрация рациональных способов решения задач, выполнение творческих работ и заданий)

Примечание. При отсутствии результатов учебной деятельности обучающимся в учреждении, обеспечивающем получение среднего специального образования, выставляется "0" (ноль) баллов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Евдокимов, Ф.Е.** Общая электротехника: Учебник для учащ. неэлектротехн. спец. техникумов/ Ф.Е. Евдокимов. М., 1987.
2. **Свириденко, Э.А.** Основы электротехники и электроснабжения / Э.А. Свириденко, Ф.Г. Китунович. Минск, 2000.
3. **Данилов, И.А.** Общая электротехника с основами электроники / И.А. Данилов, П.М. Иванов. М., 2000.
4. Задачник по электротехнике: учеб.пособие для сред. проф. образования: / П.Н. Новиков, В.Я. Кауфман, О.В. Толчеев и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336с
5. **Иванов, В.Л.** общая электротехника с основами электроники метод.указ. – Ростов-на – Дону, 1990.- 116с
6. **Славинский, А.К.** Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 448 с.

ИНТЕРНЕТ ИСТОЧНИКИ

1. Электромонтер. инфо – www//electromonter.info
2. Электроника в деталях – www//higholow.ru
3. Электротехнический журнал –www//el-info.ru
4. Основы электротехники для студентов... - www//sxemotehnika.ru
5. Школа для электрика –www//electricalschool.info