

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
«ТЕХНИКУМ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬЕВИЧА ВОСКРЕСЕНСКОГО»

Методические указания

по выполнению самостоятельной (внеаудиторной) работы обучающихся
по общепрофессиональной дисциплине «Основы электротехники»

Профессия 11.01.01 Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов

Ижевск, 2022

РАССМОТРЕНЫ
методическим объединением
профессионального цикла

Председатель методического
объединения профессионального цикла

Протокол № _____

_____ / _____

« ____ » _____ 20 ____ г.

Назначение методических рекомендаций – оказание методической помощи обучающимся в выполнении самостоятельной внеаудиторной работы.

Составитель: мастер производственного обучения Ахмадиев Р.Р.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

При освоении дисциплины студенты знакомятся с процессами, происходящими в электрических цепях постоянного и переменного тока; изучают устройство и принципы действия электроизмерительных приборов, электрических машин и трансформаторов; полупроводниковых приборов.

Методические указания к выполнению практических работ включают перечень практических работ, обязательных для выполнения; критерии оценивания; методические указания и примеры решения типовых задач; а также список рекомендуемых источников информации.

Самостоятельное выполнение расчетов является одним из важнейших этапов усвоения дисциплины «Основы электротехники», на котором приобретаются навыки пользования соответствующими расчетными зависимостями и, что особенно важно, достигается отчетливое понимание их физического смысла.

Цель индивидуальной внеаудиторной работы

Целью индивидуальной работы является развитие у студентов самостоятельного творческого мышления в области теории и расчета электромеханических преобразователей энергии.

Знание и понимание дисциплины, умение применять свои знания на практике, а главное, самостоятельное творческое мышление наиболее полно выявляется при решении им специально подобранных задач. Поэтому для каждого учащегося умение решать задачи является одним из главных требований при изучении дисциплины.

К решению каждой задачи следует приступать только после изучения соответственного раздела теоретического курса в объеме учебной программы по одному из рекомендованных в ней источников.

Перед самостоятельным выполнением задания рекомендуется разобрать ход решения нескольких типовых задач.

При таком подходе к изучению дисциплины знание и понимание предмета трансформируется в специфическое сознание и развивается самостоятельное аналитическое творческое мышление.

Самостоятельная работа проводится для:

1. систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
2. углубления и расширения теоретических знаний;
3. формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
4. формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
5. формирования общих и профессиональных компетенций.

Распределение трудоемкости самостоятельной работы по дисциплине

Таблица 1.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы	Количество часов
Проработка конспектов занятий, работа с учебной и специальной литературой	15
Решение задач по электротехнике	9
Подготовка сообщений	5
Итого	29

Виды внеаудиторной самостоятельной работы

Вид работы: Поиск и изучение дополнительной информации и литературы

Инструкция по выполнению самостоятельной работы

Чтобы успешно работать с учебной и научной литературой, необходимо владеть определенными учебными умениями и навыками, к ним относятся:

- умение накапливать информацию;
- умение творчески ее перерабатывать;
- умение выдавать новую информацию;
- умение находить на все это время.

Цели чтения:

- информационно-поисковая - найти нужную информацию
- усваивающая - понять информацию и логику рассуждения
- аналитико-критическая - осмыслить текст, определить к нему свое отношение
- творческая - на основе осмысления информации дополнить и развить ее.

Рекомендации

1. Во время ознакомительного чтения сортируйте информацию на существенную, особо значимую, и второстепенную; на теоретическую и практическую; делайте пометки, условные обозначения, выписки отдельных мест текста, цитат на вкладных листах.
2. Полноценно извлекайте информацию, содержащуюся в научном тексте.
3. Ведите собственные словари терминов по различным областям знаний, эпизодически просматривайте эти записи. Освоение понятий той или иной области знаний улучшит восприятие и понимание научного текста и повысит скорость чтения.
4. Проведите мыслительную обработку полученной информации: выделяйте исходную информацию и новую; сортируйте смысловые части по их значимости, группируйте по определенным признакам, выделяйте зависимости; соотносите извлеченную информацию с имеющимися знаниями; свертывайте информацию путем обобщения.

Отберите нужный материал, собранный при работе с источником. Его следует систематизировать и хранить:

- в *папках-накопителях* (по темам, разделам, авторам и т.п.) или в отдельных папках;
- в *тетрадах*, для этого нумеруют страницы, на полях записывают темы, под каждой выпиской ставят фамилию автора, название работы и т.д. Чтобы удобно было пользоваться такой тетрадью и легко находить нужные выдержки, полезно завести алфавитный указатель тем. Делая какую-нибудь выписку, в указателе отмечают ее тему, номер тетради и страницу;
- в *персональном компьютере* – в отдельной папке, например «Библиография» и файлах по тематике.

Хранить следует самый существенный материал, постоянно его обновляя. Этому способствует знакомство с новой научной, учебной, методической литературой и публикациями научно-технической периодики.

Методика обработки полученной информации

Информация, полученная путем чтения, предназначена для дальнейшего использования, а для этого ее фиксируют: делают пометки, подчеркивания, лучше на вкладных листах; разного вида записи (выписки, план, тезисы, аннотации, конспект и др.); схемы. Для лучшего запоминания полезно пересказать текст с опорой на сделанные записи, при этом, не забывая, что начинать любого вида записи следует с библиографических данных текста.

Рекомендации

1. Составляя план при чтении текста, прежде всего, старайтесь определить границы мыслей. Эти места в книге тотчас же отмечайте. Нужным отрывкам давайте заголовки, формулируя соответствующий пункт плана. Затем снова просматривайте прочитанное, чтобы убедиться, правильно ли установлен «поворот» содержания, уточните формулировки.
2. Стремитесь, чтобы заголовки-пункты плана наиболее полно раскрывали мысли автора. Последовательно прочитывая текст, составляйте к нему черновой набросок плана с нужной детализацией.
3. Чтобы облегчить работу, самые важные места в книге отмечайте, используя для этого легко

стирающийся карандаш или вкладные листки.

Запись любых планов делайте так, чтобы ее легко можно было охватить одним взглядом.

Срок выполнения:

-подготовить к следующему теоретическому занятию

Основные требования к результатам работы:

-повторение пройденного материала

Критерии оценки:

-уровень освоения студентом справочного и дополнительного материала

Форма контроля:

-фронтальный опрос на лекции

Темы:

1. Детали и механизмы машин
2. Организация слесарных работ
3. Общеслесарные работы

Вид работы: Подготовка конспекта

Инструкция по выполнению самостоятельной работы

В конспекте кратко излагается основная сущность учебного материала, приводятся необходимые обоснования, табличные данные, схемы, эскизы, расчеты и т.п. Конспект целесообразно составлять целиком на тему. При этом имеется возможность всегда дополнять составленный конспект вырезками и выписками из журналов, газет, статей, новых учебников, брошюр по обмену опытом, данных из Интернета и других источников. Таким образом конспект становится сборником необходимых материалов, куда студент вносит всё новое, что он изучил, узнал.

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.

2. Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.

3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.

4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.

5. Составление опорного конспекта.

Форма контроля и критерии оценки

«отлично» Полнота использования учебного материала. Объём конспекта – 1 тетрадная страница на один раздел или один лист формата А 4. Логика изложения (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями). Наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Грамотность (терминологическая и орфографическая). Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Самостоятельность при составлении.

«хорошо» Использование учебного материала не полное. Объём конспекта – 1 тетрадная страница на один раздел или один лист формата А 4. Не достаточно логично изложено (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями). Наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Грамотность (терминологическая и орфографическая). Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Самостоятельность при составлении.

«удовлетворительно» Использование учебного материала не полное. Объём конспекта – менее одной тетрадной страницы на один раздел или один лист формата А 4. Не достаточно логично изложено (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями). Наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Грамотность (терминологическая и орфографическая). Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Самостоятельность при составлении. Не разборчивый почерк.

«неудовлетворительно» Использование учебного материала не полное. Объём конспекта – менее одной тетрадной страницы на один раздел или один лист формата А 4. Отсутствуют схемы, количество смысловых связей между понятиями. Отсутствует наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Допущены ошибки терминологические и

орфографические. Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Не самостоятельность при составлении. Не разборчивый почерк.

Вид задания: Подготовка сообщения

Инструкция по выполнению самостоятельной работы.

Тематическое сообщение — это:

1. вид внеаудиторной самостоятельной работы,
2. небольшое по объему устное сообщение для озвучивания на семинаре, практическом занятии.
3. информация носит характер уточнения или обобщения, несет новизну, отражает современный взгляд по определенным проблемам.
4. сообщение отличается от докладов и рефератов не только объемом информации, но и ее характером — **сообщения дополняют изучаемый вопрос фактическими или статистическими материалами.**
5. регламент времени на озвучивание сообщения — до 5 мин.

Последовательность работы студента:

- собрать и изучить литературу по теме;
- составить план или графическую структуру сообщения;
- выделить основные понятия;
- ввести в текст дополнительные данные, характеризующие объект изучения;
- оформить текст письменно;
- озвучить в установленный срок.

Критерии оценки: максимальное количество баллов за каждый пункт — 1 балла.

- актуальность темы;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала;
- грамотность и полнота использования источников;
- наличие элементов наглядности.

5 баллов - 5 «отлично»

4 баллов - 4 «хорошо»

3 баллов - 3 «удовл»

2 баллов - 2 «неуд»

Темы:

1. История развития электротехники.
2. Вклад русских и советских ученых в становление и развитие электротехники.
3. Область применения электродвигателей постоянного и переменного тока

Вид задания: Решение задач

Инструкция по выполнению самостоятельной работы.

Общие требования к оформлению

1. Внеаудиторная работа выполняется на двойном тетрадном листе в клетку, на котором должны быть написаны: название работы, фамилия, имя и номер группы студента.
2. Необходимо оставлять поля 20 мм с одной стороны листа для замечаний преподавателя. При оформлении работы студент не должен пользоваться красными или зелеными чернилами или пастой.
3. Приступая к решению задачи, студент должен изучить ее условие; уяснить, какие величины являются заданными и какие искомыми; кратко записать условие задачи; вычертить электрическую схему, соответствующую условию задачи, и показать на ней заданные и искомые величины, а также направление токов. Практическое задание выполняется чернилами, графическая часть задания (схемы, кривые, векторные диаграммы) – карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем необходимо пользоваться условными графическими обозначениями, установленными ГОСТами.
4. Выполнение заданий должно сопровождаться краткими пояснениями.
5. Текст, формулы, числовые выкладки должны быть четкими без помарок. Цифровая подстановка в уравнении должна даваться один раз без промежуточных сокращений и расчетов.

Численное значение каждого символа должно обязательно занимать то же место в формуле, что и сам символ. При выполнении заданий следует принимать Международную систему единиц измерения - СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только возле окончательного результата и в скобки не заключаются, например, 120 В; 13 А; 100 Вт.

Перечень задач

1. Расчет электрических цепей постоянного тока.
2. Расчет параметров неразветвленной цепи однофазного переменного тока
3. Расчет схем соединения осветительной нагрузки при включении их в трехфазную сеть
4. Определение основных параметров машины переменного тока
5. Определение основных параметров машины постоянного тока
6. Выбор аппаратуры управления и защиты

Критерии оценивания

Каждая работа оценивается по универсальной шкале. Процент результативности по количеству баллов и критерии оценивания приводится на каждое практическое задание.

Технология оценивания направлена на измерение освоенных отдельных знаний и умений и предполагает индивидуальный подход к оцениванию подготовленности обучающегося по критериям соответствия освоенным компетенциям:

- обучающийся может выполнять конкретную деятельность (1 балл);
- может, но выполняет не в полном объеме (0,1 -0,9 баллов);
- еще не может выполнять (0 баллов).

Учитываются следующие основные требования - уровень знаний и умений, позволяющий решать практические задачи, уровень практических навыков и отношение к объекту деятельности.

На оценку влияют также уровень (полнота и аккуратность) оформления работы, владение Международной системой единиц измерения - СИ.

Критерии пятибалльной оценки:

- оценка «5» (отлично) выставляется за задание, выполненное на 90 – 100 % при условии методически и арифметически верного решения, четкого и аккуратного оформления работы;
- оценка «4» (хорошо) выставляется за задание, выполненное на 80 – 89,9 %, при условии методически верного решения, при наличии незначительных ошибок
- оценка «3» (удовлетворительно) выставляется за задание, выполненное на 70 – 79,9 %, при наличии незначительных ошибок в методике расчетов, которые, однако, искажают результат работы;
- оценка «2» (неудовлетворительно) выставляется за выполнение задания с существенными ошибками в методике расчетов. Либо при неполном (менее 69,9 %) решении, не дающим представления о системности знаний студента по данному вопросу.

Рекомендуемые источники информации:

1. Гальперин М.В. Электроника и электротехника: учебник для СПО. – М.: ИНФРА-М, 2016
2. Лоторейчук Е.А. Теоретические основы электротехники: учебник для СПО. – М.: ИНФРА-М, 2017 г.
3. Лоторейчук Е.А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач: учебное пособие – М.: ИНФРА-М, 2017 г.
4. Видео по электрическим машинам и трансформаторам на YOUTUBE.COM:
<http://www.youtube.com/watch?v=7tEsJ-xAoEQ&feature=related>;
5. <http://www.chipdip.ru/video.aspx> «Видео: Чип и Дип – Электронные компоненты и приборы»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 1 по теме: Расчет электрических цепей постоянного тока

Внеаудиторная работа №1 проводится при изучении раздела ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Данная работа дает возможность проверить *знания*:

- закона Ома для участка цепи;
- законов Кирхгофа для узла и для контура;
- свойств последовательного и параллельного соединения резисторов.

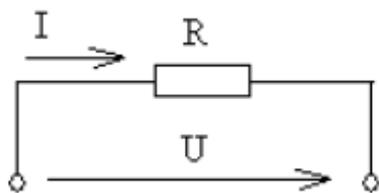
умения:

- применять свойства последовательного и параллельного соединения резисторов при определении эквивалентного сопротивления;
- применять закон Ома и законы Кирхгофа при определении тока и напряжения на участках цепи;
- рассчитывать мощность потребителей;
- составлять баланс мощности для определения правильности решения

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ

На рис. 1 изображен резистор, представляющий участок электрической цепи, где: U - электрическое напряжение на резисторе (участке цепи); R - электрическое сопротивление резистора (участка цепи); I - сила тока на резисторе (участке цепи).

Рисунок 1 - Электрическая схема



Закон Ома для участка цепи

Между этими электрическими величинами существует строго определенная связь. Она устанавливается законом Ома: Сила тока I на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению U на его зажимах и обратно пропорциональна сопротивлению R этого участка цепи, т.е.

$$I = \frac{U}{R}, \text{ тогда } U = I \cdot R, \text{ а, } R = \frac{U}{I}$$

Единицы измерения: тока I - А (ампер), напряжения U - В (вольт), сопротивления R - Ом
Примечание:

Единицы измерения всех электрических величин, получивших название в честь ученых, пишутся с прописной (заглавной) буквы

Мощность, потребляемая цепью

Мощность - это скорость, с которой происходит преобразование энергии. Для участка цепи, изображенного на рисунке 1, электрическая мощность может быть определена по формулам:

$$P = U \cdot I; \quad P = I^2 \cdot R; \quad P = \frac{U^2}{R} \quad \text{Единица измерения мощности } P - \text{Вт (ватт)}.$$

Первый закон Кирхгофа

На рис. 2 показана часть электрической схемы с электрическим узлом или точкой разветвления (см. точку А). Это такая точка электрической схемы, где соединены три или большее число проводов (на рис. 2 таких проводов 5).

Первый закон Кирхгофа устанавливает соотношение между токами в узле. Он формулируется так: Сумма токов, направленных к узлу, равна сумме токов, направленных от него. Для узла А можно написать:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \text{ или так } I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0, \text{ а в общем виде } \sum I = 0 \text{ т. е.}$$

алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. При этом токи, направленные от узла, считаются отрицательными.

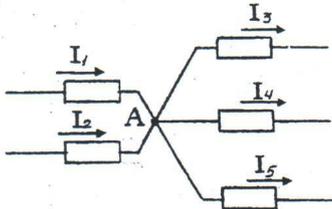


Рисунок 2 - Электрическая схема

Последовательное соединение резисторов (рис. 3)

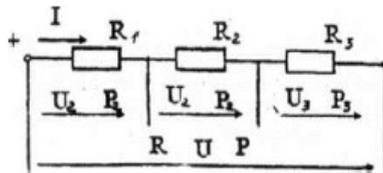


Рисунок 3 - Электрическая схема

Свойства этого вида соединения:

1. На всех резисторах (участках) этой цепи протекает один и тот же ток

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

2. Эквивалентное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений ее

$$R_{\text{эв}} = R_1 + R_2 + R_3$$

3. Напряжение на зажимах цепи равно сумме падений напряжений на ее отдельных резисторах (участках):

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

4. Мощность, потребляемая цепью, равна сумме мощностей потребляемых каждым из резисторов (участков):

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

5. При решении задач, содержащих последовательное соединение элементов, следует учитывать не только вышеперечисленные свойства, но и правильно применять закон Ома и формулы мощности, необходимость использования которых может возникнуть как на отдельном участке, так и для всей цепи в целом. Для схемы, изображенной на рисунке 3, они должны быть записаны в виде:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3} \quad I = \frac{U}{R}$$

$$P_1 = U_1 \cdot I \quad P_2 = U_2 \cdot I \quad P_3 = U_3 \cdot I \quad P = U \cdot I$$

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 \quad P_2 = I^2 \cdot R_2 \quad P_3 = I^2 \cdot R_3 \quad P = I^2 \cdot R$$

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} \quad P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} \quad P_3 = \frac{U_3^2}{R_3} \quad P = \frac{U^2}{R}$$

Параллельное соединение резисторов (рисунок 4)

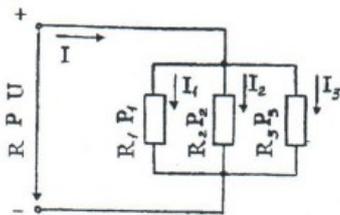


Рисунок 4 - Электрическая схема

Свойства этого вида соединения:

1. На всех резисторах (участках) такой цепи действует одно и то же напряжение:

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

2. Ток в неразветвленной части цепи равен сумме токов её ветвей (это следует из 1 закона Кирхгофа).

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

3. Полная (эквивалентная) проводимость цепи равна сумме проводимостей ее резисторов

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad \text{ИЛИ} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

4. Мощность, потребляемая цепью, равна сумме мощностей потребляемых каждым из резисторов (участков):

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Примечание:

■ При определении эквивалентного сопротивления трех и большего числа резисторов рекомендуется вначале найти проводимость цепи, а затем ее сопротивление.

$$G = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}; \quad R = \frac{1}{G}$$

• При определении эквивалентного сопротивления двух резисторов рекомендуется применять формулу:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

При решения задач, содержащих параллельное соединение элементов, следует учитывать не только выше перечисленные свойства, но и правильно применять закон Ома и формулы мощности, необходимость использования которых может возникнуть как на отдельном участке, так и для всей цепи в целом. Для схемы, изображенной на рисунке 4 они должны быть записаны в виде:

$$\begin{array}{llll} I_1 = \frac{U}{R_1} & I_2 = \frac{U}{R_2} & I_3 = \frac{U}{R_3} & I = \frac{U}{R} \\ P_1 = U \cdot I_1 & P_2 = U \cdot I_2 & P_3 = U \cdot I_3 & P = U \cdot I \\ P_1 = I_1^2 \cdot R_1 & P_2 = I_2^2 \cdot R_2 & P_3 = I_3^2 \cdot R_3 & P = I^2 \cdot R \\ P_1 = \frac{U^2}{R_1} & P_2 = \frac{U^2}{R_2} & P_3 = \frac{U^2}{R_3} & P = \frac{U^2}{R} \end{array}$$

Обратитесь к подобным формулам последовательного соединения.

Проанализируйте их. Разберитесь, что в них общего и чем они отличаются друг от друга.

Пример 1

Для схемы, приведенной на рисунке 5 и представляющей смешанное соединение сопротивлений, известно, что $U = 250 \text{ В}$, $R_1 = 14 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 50 \text{ Ом}$, $R_4 = 200 \text{ Ом}$, $R_5 = 40 \text{ Ом}$, $R_6 = 15 \text{ Ом}$ и $R_7 = 60 \text{ Ом}$. Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а так же токи $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7$, напряжения $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, U_7$ и мощность $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$ на каждом резисторе. Проверьте решение задачи методом баланса мощностей.

Перед решением практического задания 1 необходимо внимательно прочитать общие методические указания к решению задачи 1 и только после этого приступить к решению.

В этом примере и в задачах задания 1 индекс тока, протекающего через резистор, индекс напряжения на нем и индекс мощности, потребляемой резистором, соответствуют индексу резистора. Например, на рисунке 5 резистор R_3 характеризуется током I_3 , напряжением U_3 , мощностью P_3 .

Схема электрической цепи, изображенная на рисунке 5, представляет собой смешанное соединение резисторов (она состоит из последовательных и параллельных соединений элементов схемы), эквивалентное сопротивление такой цепи находится путем постепенного упрощения схемы и "свертывания" её так, чтобы получить одно сопротивление. При расчете токов в отдельных ветвях схему "развертывают" в обратном порядке.

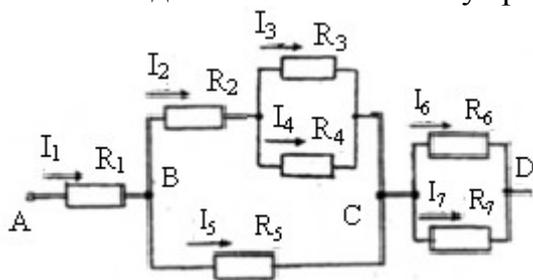


Рисунок 5 - Электрическая схема

Решение

1. Резисторы R_3 и R_4 соединены параллельно, поэтому их общее сопротивление:

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{50 \cdot 200}{50 + 200} = 40$$

Теперь схема принимает вид, показанный на рисунке 6.

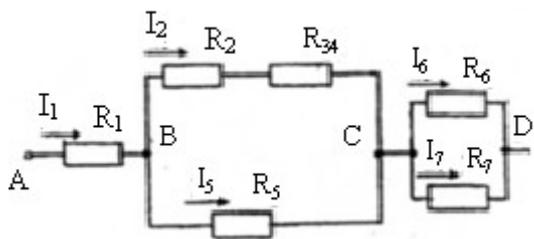


Рисунок 6 - Электрическая схема

На этой схеме выделены буквами три участка (AB, BC, CD), которые соединены друг с другом последовательно.

2. Резисторы R_2 и R_{34} (см. рис. 6) соединены последовательно, их общее сопротивление $R_{2-4} = R_2 + R_{34} = 20 + 40 = 60 \text{ Ом}$. Соответствующая схема приведена на рис. 7

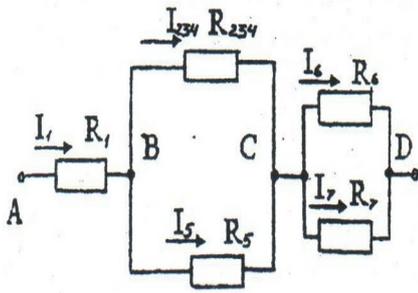


Рисунок 7 - Электрическая схема

Резисторы R_{234} и R_5 соединены параллельно, их общее сопротивление

$$R_{BC} = \frac{R_{2-4} \cdot R_5}{R_{2-4} + R_5} = \frac{60 \cdot 40}{60 + 40} = 24 \hat{\Omega}$$

Теперь схема цепи примет вид, приведенный на рис. 8.

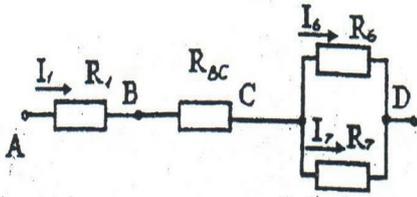


Рисунок 8 - Электрическая схема

3. Резисторы R_6 и R_7 соединены параллельно, их общее сопротивление

$$R_{ND} = \frac{R_6 \cdot R_7}{R_6 + R_7} = \frac{15 \cdot 60}{15 + 60} = 12$$

Схема принимает вид, приведенный на рис. 9.

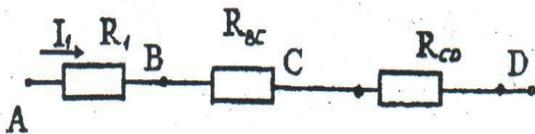


Рисунок 9 - Электрическая схема

3. Находим эквивалентное сопротивление цепи, учитывая, что $R_{AB} = R_1$, рис. 10:

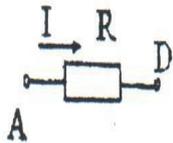


Рисунок 10 - Электрическая схема

$$R_{y\hat{a}\hat{a}} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} = 14 + 24 + 12 = 50 \hat{\Omega}$$

3. Для схемы изображенной на рис. 10 нетрудно найти ток, потребляемый цепью, который одновременно является током неразветвленной части цепи. На основании закона Ома

$$I = \frac{U}{R_{y\hat{a}\hat{a}}} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A}$$

3. Переходя от схемы к схеме в обратном порядке, найдем остальные токи. Так как схема, изображенная на рис. 9, представляет последовательное соединение участков АВ, ВС, СД, то на основании первого свойства этого вида соединения следует, что

$$I = I_{AB} = I_{BC} = I_{CD} = 5 \text{ A}, \quad (I_1 = I_{AB} = 5 \text{ A})$$

Используя закон Ома, найдем падение напряжения на участках АВ, ВС и СД

$$U_{AR} = U_1 = I \cdot R_1 = 5 \cdot 14 = 70 \text{ B} \quad U_{BC} = I \cdot R_{BC} = 5 \cdot 24 = 120 \text{ B} \quad U_{CD} = I \cdot R_{CD} = 5 \cdot 12 = 60 \text{ B}$$

По ходу решения задачи можно проверять правильность ее решения. Так, на основании третьего свойства последовательного соединения следует, что

$$U = U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = 70 + 120 + 60 = 250 \text{ B}, \text{ что соответствует заданному напряжению.}$$

Зная напряжения на участках ВС и СД, определим токи в ветвях (см рис. 7)
 На участке ВС резисторы R_{2-4} и R_3 включены параллельно. На основании первого свойства этого вида соединения следует, что находим токи ветвей участка ВС:

$$U_{BC} = U_{2-4} = U_5 = 120B. \text{ Применяя закон Ома,}$$

$$I_{2-4} = \frac{U_{2-4}}{R_{2-4}} = \frac{120}{60} = 2A \quad I_5 = \frac{U_5}{R_5} = \frac{120}{40} = 3A$$

На участке СД резисторы R_6 и R_7 также включены параллельно, поэтому

$$U_{CD} = U_6 = U_7 = 60B \quad I_6 = \frac{U_6}{R_6} = \frac{60}{15} = 4A \quad I_7 = \frac{U_7}{R_7} = \frac{60}{60} = 1A$$

На основании второго свойства параллельного соединения можно убедиться на этом этапе в правильности решения задачи, применив первый закон Кирхгофа И з схемы (рис. 7) следует, что:

$$I = I_1 = I_{2-4} + I_5 \quad I = I_1 = I_6 + I_7$$

Действительно:

$$I = I_1 = I_{2-4} + I_5 = 2 + 3 = 5A \quad I = I_1 = I_6 + I_7 = 4 + 1 = 5A$$

На рис. 8 видно, что на участке ВС верхняя ветвь представляет собой последовательное соединение резисторов R_2 и R_{34} поэтому свойство данного вида соединения

$$I_{2-4} = I_2 = I_{34} = 2$$

(см. первое).

Для определения токов резисторов R_3 и R_4 предварительно найдем напряжение на резисторе R_{34} (рисунок 6), которое эквивалентно им

$$U_{34} = I_{34} \cdot R_{34} = 2 \cdot 40 = 80B$$

Так как резисторы R_3 и R_4 на реальной схеме (см. рисунок 5) соединены параллельно и $U_{34} = U_3 = U_4 = 80B$, то:

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{80}{50} = 1.6A \quad I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{80}{200} = 0.4A$$

Проверка: $I_2 = I_3 + I_4 = 1.6 + 0.4 = 2A$ (см. первый закон Кирхгофа и второе свойство цепи с параллельным соединением).

При определении токов резисторов на каждом из них, кроме R_2 , было определено напряжение, что требуется также по условию задачи. Осталось найти напряжение на резисторе R_2 .

Это можно сделать двумя способами: на основании закона Ома $U_2 = I_2 \times R_2 = 2 \times 20 = 40B$ или на основании третьего свойства последовательного соединения. На участке ВС верхняя ветвь представляет собой последовательное соединение резисторов R_2 и R_{34} (см рис. 6), поэтому $U_{BC} = U_2 + U_{34}$, отсюда $U_2 = U_{BC} - U_{34} = 120 - 80 = 40B$. Переходим к определению мощности, потребляемой цепью и каждым резистором в отдельности.

3. Мощность, потребляемая цепью

$$P = U \times I = 250 \times 5 = 1250A \cdot \hat{0}$$

Мощности, потребляемые каждым резистором

$$P_1 = U_1 \times I_1 = 70 \times 5 = 350A \cdot \hat{0} \quad P_3 = U_3 \times I_3 = 80 \times 1.6 = 128A \cdot \hat{0} \quad P_5 = U_5 \times I_5 = 120 \times 3 = 360A \cdot \hat{0}$$

$$P_2 = U_2 \times I_2 = 40 \times 2 = 80A \cdot \hat{0}$$

$$P_4 = U_4 \times I_4 = 80 \times 0.4 = 32A \cdot \hat{0}$$

$$P_6 = U_6 \times I_6 = 60 \times 4 = 240A \cdot \hat{0}$$

14 Проверим правильность решения задачи на основании баланса мощностей, а это значит, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 = 350 + 80 + 128 + 32 + 360 + 240 + 60 = 1250B \cdot \hat{0}$

Вывод:

Определение мощности цепей на основании баланса мощностей подтверждает значение мощности, полученной по формуле $P = U \times I$. Значит задача решена правильно.

В рассмотренном примере пояснительный текст дан достаточно подробно для того, чтобы студент мог самостоятельно разбираться в решении задач, подобных примеру. При решении задач контрольной работы пояснения следует давать в обязательном порядке, но делать это более кратко.

Например, пункт 6 примера при оформлении может быть записан так:

б) Ток, потребляемый цепью,

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A}$$

ЗАДАНИЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 1

Внеаудиторная работа составлена в 30 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 2 учебных часа.

Таблица № 2 - Критерии оценивания внеаудиторной работы № 1

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	5
Приведены эквивалентные схемы после преобразования заданной электрической схемы	2
Определил эквивалентное сопротивление схемы.	2
Определил ток I и мощность P , потребляемые цепью	2
Рассчитал токи I_1, I_2, I_3, I_4 на каждом из резисторов.	4
Рассчитал напряжение U_1, U_2, U_3, U_4 на каждом из резисторов.	4
Рассчитал мощность P_1, P_2, P_3, P_4 на каждом из резисторов.	4
Составил баланс мощности	2
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	30

Оценка результатов выполнения задания производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент	Кол-во	Качественная оценка индивидуальных
---------	--------	------------------------------------

результативности (правильных ответов)	баллов	образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	27 - 30	5	отлично
80 ÷ 89,9	24 - 26	4	хорошо
70 ÷ 79,9	21 - 23	3	удовлетворительно
менее 70	менее 21	2	не удовлетворительно

Задача 1.1 (Перед решением задачи изучите методические указания к решению задач задания и пример 1)

На рисунке 11 приведена схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , к которым подведено напряжение U . Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а также токи I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , напряжение U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , и мощность P_1 , P_2 , P_3 , P_4 на каждом из резисторов. Проверить, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$. Данные для своего варианта взять из таблицы

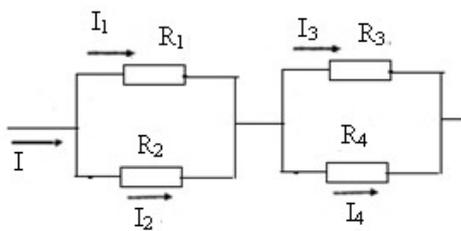


Рисунок 11 - Схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Таблица 3 - Исходные данные к задаче 1.1

Известная величина	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
U , В	120	125	150	160	180	200
R_1 , Ом	8	28	6	24	25	16
R_2 , Ом	20	60	110	140	120	25
R_3 , Ом	16	120	100	60	180	35
R_4 , Ом	18	120	15	50	60	40

Задача 1.2 (Перед решением задачи изучите методические указания к решению задач задания и пример 1)

На рисунке 12 приведена схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , к которым подведено напряжение U . Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а также токи I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , напряжение U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , и мощность P_1 , P_2 , P_3 , P_4 на каждом из резисторов. Проверить, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$. Данные для своего варианта взять из таблицы 4.

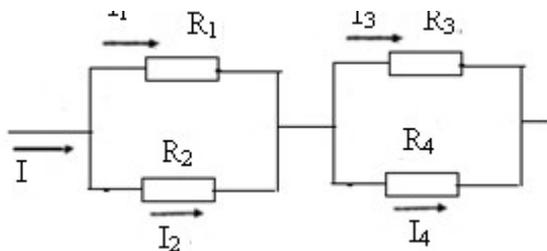


Рисунок 12 - Схема электрической цепи

постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Таблица 4 - Исходные данные к задаче 1.2

Известная величина	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
U , В	90	130	156	180	210	234
R_1 , Ом	36	100	30	24	300	24
R_2 , Ом	18	25	45	12	60	36
R_3 , Ом	45	10	300	30	60	240
R_4 , Ом	30	15	75	20	30	60

Задача 1.3 (Перед решением задачи изучите методические указания к решению задач задания и пример 1)

На рисунке 13 приведена схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , к которым подведено напряжение U . Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а также токи I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , напряжение U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , и мощность P_1 , P_2 , P_3 , P_4 на каждом из резисторов. Проверить, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$. Данные для своего варианта взять из таблицы 5.

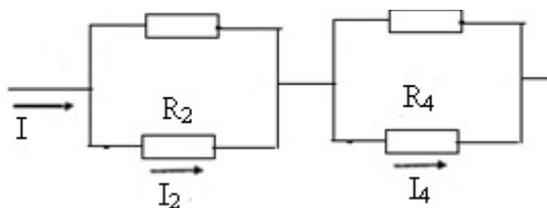


Рисунок 13 - Схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Таблица 5 - Исходные данные к задаче 1.3

Известная величина	Номер варианта					
	13	14	15	16	17	18
U, В	60	90	120	150	165	195
R ₁ , Ом	3,2	4	8	5,6	2	32
R ₂ , Ом	12	60	200	40	30	100
R ₃ , Ом	40	24	50	60	15	150
R ₄ , Ом	10	240	60	36	40	30

Задача 1.4 (Перед решением задачи изучите методические указания к решению задач задания и пример 1)

На рисунке 14 приведена схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов R₁, R₂, R₃ и R₄, к которым подведено напряжение U. Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P, потребляемые цепью, а также токи I₁, I₂, I₃, I₄, напряжение U₁, U₂, U₃, U₄, и мощность P₁, P₂, P₃, P₄ на каждом из резисторов. Проверить, что P = P₁ + P₂ + P₃ + P₄. Данные для своего варианта взять из таблицы 6.

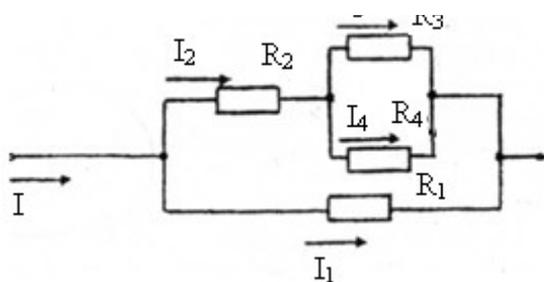


Рисунок 14 - Схема электрической цепи

постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Таблица 6 - Исходные данные к задаче 1.4

Известная величина	Номер варианта
--------------------	----------------

	19	20	21	22	23	24
U, В	48	75	90	120	180	240
R ₁ , Ом	8	10	45	20	15	48
R ₂ , Ом	4	12,6	12	24	22	24
R ₃ , Ом	10	4	40	10	24	180
R ₄ , Ом	40	6	60	15	12	120

Задача 1.5 (Перед решением задачи изучите методические указания к решению задач задания и пример 1)

На рисунке 15 приведена схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов R₁, R₂, R₃ и R₄ к которым подведено напряжение U. Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P, потребляемые цепью, а также токи I₁, I₂, I₃, I₄, напряжения, U₁, U₂, U₃, U₄ и мощности P₁, P₂, P₃, P₄ на каждом из резисторов.

Проверить, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$. Данные для своего варианта взять из таблицы 7.

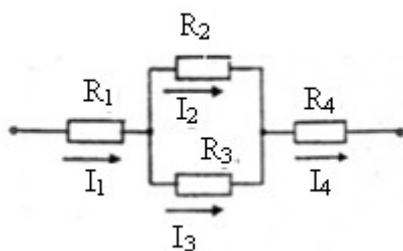


Рисунок 15 - Схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Таблица 7 - Исходные данные к задаче 1.5

Известная величина	Номер варианта					
	25	26	27	28	29	30
U, В	90	120	156	220	195	200
R ₁ , Ом	8	10	20	12	14	8
R ₂ , Ом	40	15	45	40	60	150
R ₃ , Ом	60	10	30	60	30	100
R ₄ , Ом	4	14	40	8	18	12

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 2

по теме: **Расчет параметров неразветвленной цепи однофазного переменного тока**

Эти задачи относятся к теме «Цепи переменного тока». Данная работа дает возможность проверить знания:

- сущность физических процессов, протекающих в электрических цепях однофазного переменного тока;
- методику построения электрических цепей, порядок расчета их параметров; умения:
- рассчитывать основные параметры простых электрических цепей.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ

В этих цепях, так же как и в цепях постоянного тока, при решении задач использует закон Ома, первый закон Кирхгофа, формулы мощности, свойства последовательного и параллельного соединений. Однако из-за того, что в переменном токе действует три вида совершенно различных по характеру сопротивлений (активное R , индуктивное X_L и емкостное X_C) форма записи законов изменяется. Иначе устанавливается связь и между однородными электрическими величинами. Так, при последовательном соединении в постоянном токе общее сопротивление было равно арифметической сумме сопротивлений, в переменном токе берется уже геометрическая сумма R , X_L , X_C . Геометрически складываются также напряжения и мощности на этих сопротивлениях.

На основании закона Ома напряжения на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях могут быть определены по формулам:

$$U_R = I \cdot R; \quad U_L = I \cdot X_L; \quad U_C = I \cdot X_C$$

При этом следует иметь в виду, что U_R

— совпадает по фазе с током,
-опережает по

фазе ток на 90° ,
-отстает от тока на 90° .

Результирующее напряжение U представляет геометрическую сумму напряжений U_L и U_C . На рисунке 16 представлена векторная диаграмма этих напряжений.

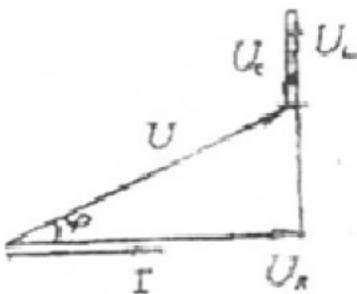


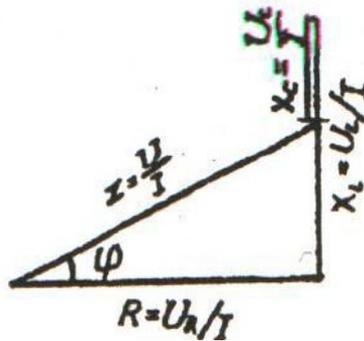
Рисунок 16 - Векторная диаграмма

Результирующее напряжение U , которое является напряжением, подведенным к зажимам цепи, (можно найти не только графически в этом случае диаграмма должна быть построена в масштабе), но и математически, на основании теоремы Пифагора:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$R = \frac{U_R}{I}; \quad X_L = \frac{U_L}{I}; \quad X_C = \frac{U_C}{I}$$

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме (рис.16) разделить на ток I, то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником



сопротивлений (рис 17) т.к.

Из треугольника сопротивлений следует, что

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

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме (рис. 16) умножить на ток I, то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником мощностей (рис 18), т. к.

$$P = U_R \cdot I. \quad Q_L = U_L \cdot I. \quad Q_C = U_C \cdot I$$

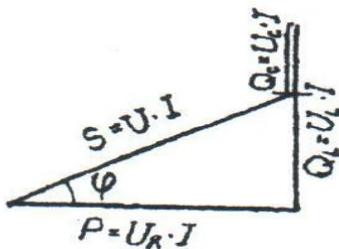


Рисунок 18 - Диаграмма мощностей

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

Из треугольника мощностей следует, что

Используя закон Ома для каждого элемента цепи ток можно найти по формулам:

$$P = I^2 \cdot R; \quad Q_L = I^2 \cdot X_L; \quad Q_C = I^2 \cdot X_C;$$

$$P = \frac{U_R^2}{R}; \quad Q_L = \frac{U_L^2}{X_L}; \quad Q_C = \frac{U_C^2}{X_C}; \quad S = I^2 \cdot Z \quad \text{или} \quad S = \frac{U^2}{Z}$$

Из треугольника мощностей (рис 18) так же следует, что $P = S \cdot \cos\varphi$ $Q = S \cdot \sin\varphi$

или $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$

или $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$,

где $Q = Q_L - Q_C$ - результирующая реактивная мощность

Анализируя векторную диаграмму напряжений (рис. 16), треугольник сопротивлений (рис. 17), треугольник мощностей (рис. 18), можно сделать вывод что при $U_L > U_C$ ($X_L > X_C$) результирующий вектор напряжения U опережает вектор тока I на угол $\varphi < 90^\circ$, а при $U_L <$

U_C ($X_L < X_C$) результирующий вектор напряжения отстает от вектора тока на угол φ . $\cos\varphi = P/S$ - называется коэффициентом мощности

Особенности расчета цепи при другой комбинации элементов схемы. При отсутствии одного из реактивных сопротивлений все электрические параметры определяются по вышеприведенным формулам. При этом из них нужно исключить параметры с индексом отсутствующего элемента.

$$P = I^2 \cdot R; Q_L = I^2 \cdot X_L; Q_C = I^2 \cdot X_C;$$

$$P = \frac{U_R^2}{R}; Q_L = \frac{U_L^2}{X_L}; Q_C = \frac{U_C^2}{X_C}; S = I^2 \cdot Z \text{ или } S = \frac{U^2}{Z}$$

$U_C (X_L < X_C)$ результирующий вектор напряжения отстает от вектора тока на угол φ . $\cos\varphi = P/S$ - называется коэффициентом мощности

Особенности расчета цепи при другой комбинации элементов схемы. При отсутствии одного из реактивных сопротивлений все электрические параметры определяются по вышеприведенным формулам. При этом из них нужно исключить параметры с индексом отсутствующего элемента.

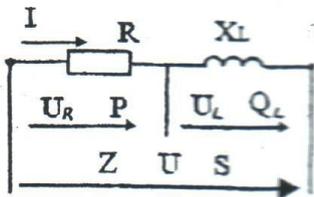


Рисунок 19 - Электрическая схема

На рисунке 19 изображена цепь с последовательным соединением R и X_L , элемент X_C отсутствует, поэтому $U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}; Z = \sqrt{R^2 + X_L^2};$

$$S = \frac{P^2 + Q^2}{+ Q}; Q = Q_L; \sin \varphi = \frac{U_L}{U}; \sin \varphi = \frac{X_L}{Z}; \sin \varphi = \frac{Q_L}{S}$$

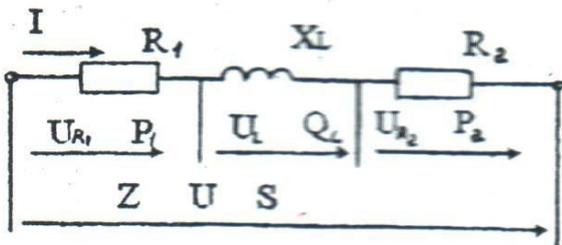


Рисунок 20 - Электрическая схема

$$U = \sqrt{(U_{R1}^2 + U_{R2}^2) + U_L^2}; Z = \sqrt{(R_1^2 + R_2^2) + X_L^2}; S = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + Q_L^2};$$

$$\cos \varphi = \frac{U_{R1} + U_{R2}}{U} \cos \varphi = \frac{R_1 + R_2}{Z}; \cos \varphi = \frac{P_1 + P_2}{S}.$$

Векторная диаграмма, треугольник сопротивлений и треугольник мощностей будут иметь вид, изображенный на рисунке 21

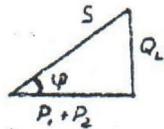
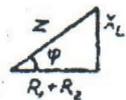
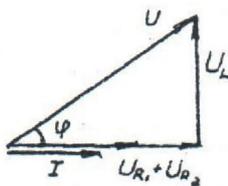


Рисунок 21 - Векторная диаграмма, треугольник сопротивлений и треугольник мощностей

Цепь с последовательным соединением электроприемников, содержащая активное, индуктивное и емкостное сопротивления

Пример 2

На рисунке 22 в однофазную электрическую цепь переменного синусоидального тока напряжением $U=50В$ включены активные $R_1=9Ом$ и $R_2=11Ом$ и реактивные элементы, обладающие сопротивлениями $X_L = 12Ом$, $X_C=27Ом$.

Определить: ток I в цепи; напряжение на каждом элементе цепи; активные, реактивные и полное сопротивления; угол сдвига фаз между напряжением и током (по величине и знаку); активные и реактивные мощности элементов; активную, реактивную и полную мощности цепи.

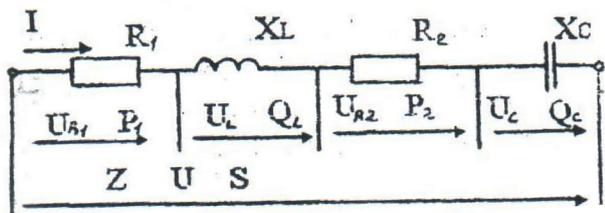


Рисунок 22 - Электрическая схема

Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений. После построения диаграммы измерить вектор суммарного напряжения и убедиться в том, что с учетом масштаба его величина равна напряжению, подведенному к зажимам цепи

Решение:

1. Определяем полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(9 + 11)^2 + (12 - 27)^2} = 25 \hat{\Omega}$$

2. Определяем ток цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{50}{25} = 2$$

3. Определяем падение напряжения:

на активном сопротивлении R_1 $U_{R1} = I \cdot R_1 = 2 \cdot 9 = 18В$

на активном сопротивлении R_2 $U_{R2} = I \cdot R_2 = 2 \cdot 11 = 22В$

на индуктивном сопротивлении X_L $U_L = I \cdot X_L = 2 \cdot 12 = 24В$

сопротивлении

на емкостном сопротивлении X_C $U_C = I \cdot X_C = 2 \cdot 27 = 54В$

4. Определяем угол сдвига фаз между напряжением и током

$$\cos \varphi = \frac{R_1 + R_2}{Z} = \frac{9 + 11}{25} = 0,8 \quad ; \quad \sin \varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{12 - 27}{25} = -0,6 \quad \varphi = -36,9^\circ$$

5. Определяем активную мощность цепи

$$P = P_1 + P_2 = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 2^2 \cdot (9 + 11) = 80 \text{ Вт}$$

6. Определяем реактивную мощность цепи $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 50 \cdot 2 \cdot (-0,6) = -60 \text{ ВАр}$

7. Определяем полную мощность цепи $S = I \cdot U = 2 \cdot 50 = 100 \text{ ВА}$

8. Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и

напряжения. Задаем масштаб по току и по напряжению $m_I = 1 \text{ А / см}$ $m_U = 10 \text{ В / см}$

;

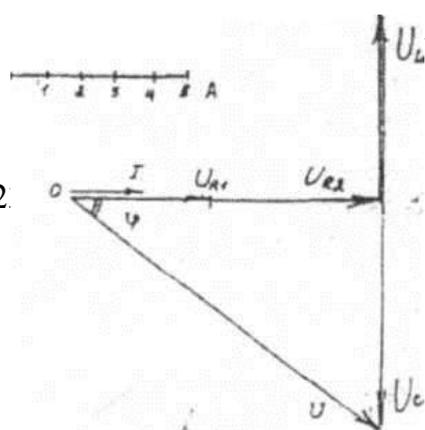
Здесь m_I и m_U - масштабные коэффициенты. Они показывают, сколько ампер или вольт содержится в 1 см. Масштаб можно задавать и графически (см. рис. 23).

Порядок построения

От точки 0 горизонтально вправо проводим вектор тока I общий для всей цепи. В выбранном масштабе его длина будет

$$U_m \cdot l_I = \frac{I}{m_I} = \frac{2}{2 \cdot 1} = 1$$

Рисунок 2.



Вектор активного напряжения совпадает по фазе с током, угол сдвига фаз между ними равен 0, поэтому откладываем его вдоль вектора тока от точки 0 вправо. В выбранном масштабе его длина будет

$$l_{U_{R1}} = \frac{U_{R1}}{m_U} = \frac{18}{10} = 1,8\tilde{n}i$$

От конца вектора U_{R1} , откладываем вправо вдоль вектора тока вектор активного напряжения U_{R2} . Его длина будет

$$l_{U_{R2}} = \frac{U_{R2}}{m_U} = \frac{22}{2,2\tilde{n}i \cdot 10} = 1$$

От конца вектора U_{R2} откладываем вертикально вверх вектор падения напряжения на индуктивном сопротивлении U_L так как он опережает ток на угол 90° . Его длина будет

$$l_{U_L} = \frac{U_L}{m_U} = \frac{24}{10} = 2,4\tilde{n}i$$

От конца вектора U_L откладываем вертикально вниз вектор падения напряжения U_C на емкостном сопротивлении, т.к. он отстает от тока угол 90° . Его длина будет

$$l_{U_C} = \frac{U_C}{m_U} = \frac{54}{10} = 5,4\tilde{n}i$$

Геометрическая сумма векторов U_{R1} , U_{R2} , U_L и U_C должна быть равна полному напряжению U , приложенному к зажимам цепи, $\vec{U} = \vec{U}_{R1} + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_L + \vec{U}_C$ т.е.

Измерив длину этого вектора, убеждаемся, что она $l_U = 5$ см. Это значит, что с учетом масштаба его величина будет: $U = l_U \cdot m_U = 5 \cdot 10 = 50\text{В}$

По условию задачи именно такое напряжение приложено к зажимам цепи.

Примечание:

Если в выбранном масштабе вектор суммарного напряжения не будет равен приложенному к зажимам цепи напряжению, то это будет говорить об ошибке, допущенной в решении задачи или в построении векторной диаграммы. Ее нужно найти и устранить:

Чаще всего наблюдаются ошибки, связанные с искажением масштабов при построении векторной диаграммы. Учтите это, при построении векторной диаграммы пользуйтесь чертежным инструментом. Выполняйте диаграмму точно и аккуратно.

ЗАДАНИЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 2

Внеаудиторная работа составлена в 30 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1 учебный час.

Таблица 8 - Критерии оценивания внеаудиторной работы № 2

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Записал краткое условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	8
Рассчитал 8 неизвестных параметров заданной электрической схемы	16

Продолжение таблицы 8

Определил масштаб токов и напряжения и рассчитал длины соответствующих векторов	6
Построил векторную диаграмму	3
Проверил построением правильность расчета	2
Сделал вывод по работе	1
ИТОГО:	40

Оценка результатов выполнения задания производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	36 - 40	5	отлично
80 ÷ 89,9	32 - 35	4	хорошо
70 ÷ 79,9	28 - 31	3	удовлетворительно
менее 70	менее 28	2	не удовлетворительно

Задача 2.1 На рис. 24 в однофазную электрическую сеть переменного синусоидального тока включены реальная катушка индуктивности, обладающая активным и индуктивным сопротивлениями, вольтметр — V, амперметр - A и ваттметр - W, измеряющие соответственно напряжение U, подведенное к катушке, ее ток I и активную мощность P.

Используя показания приборов, определить: активное R, полное Z - сопротивление катушки; ее реактивную Q и полную S мощности; активную U_a и реактивную U_L составляющие напряжения; коэффициент мощности и угол сдвига фаз ϕ между напряжением и током. По результатам расчета построить в масштабе векторную диаграмму напряжений. После построения диаграммы измерить вектор суммарного напряжения и убедиться в том, что с учетом масштаба его величина равна показаниям вольтметра. Данные для своего варианта взять из таблицы 6.

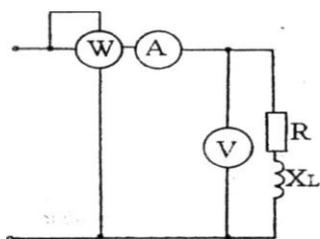


Рисунок 24 – Электрическая схема

Таблица 9 - Исходные данные к задаче 2.1

Показания приборов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вольтметра -U, В	90	120	140	150	175	120	135	80	200	220
Амперметра -I, А	9	8	7	6	5	4	3	2	8	4
Ваттметра - P, Вт	648	576	784	540	700	288	324	96	1280	528

Задача 2.2 На рисунке 25 приведена электрическая схема, включенная в сеть однофазного переменного синусоидального тока, и состоящая из последовательного соединения двух активных сопротивлений и емкостного. Известны: напряжение U, подведенное к зажимам

цепи; напряжение U_{R1} и U_{R2} на активных сопротивлениях, величина емкостного сопротивления X_C .

Определить: напряжение U_C на емкостном сопротивлении; ток I цепи; активные R_1 , R_2 и полное Z сопротивления; угол сдвига фаз φ между напряжением U и током I (по величине и знаку); активную P , реактивную Q , и полную S мощности цепи/ Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений. После построения диаграммы измерить вектор суммарного напряжения и убедиться в том, что с учетом масштаба его величина равна напряжению, подведенному к зажимам цепи. Данные своего варианта взять из таблицы 10.

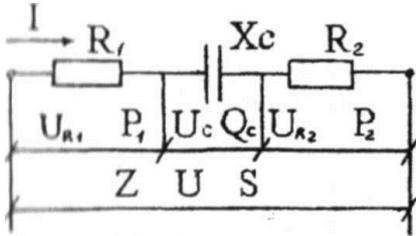


Рисунок 25 – Электрическая схема

Таблица 10 - Исходные данные к задаче 2.2

Известная величина	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$U, В$	200	195	180	175	160	150	140	125	170	165
$U_{R1}, В$	60	90	68	60	54	45	52	30	70	48
$U_{R2}, В$	60	66	40	80	42	75	32	45	32	84
$X_C, Ом$	80	39	36	21	64	30	28	20	68	33

Задача 2.3 На рис. 26 приведена схема электрической цепи переменного синусоидального тока с последовательным соединением активного R , индуктивного X_L и емкостного X_C сопротивлений. Известны эти сопротивления и полная S мощность цепи. Определить показания приборов, угол сдвига фаз φ между напряжением U и током I (по величине и знаку), активную P и реактивную Q мощности цепи.

Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений. После построения измерить вектор суммарного напряжения и убедиться в том, что с учетом масштаба его величина равна показанию вольтметра, измеряющего напряжение на зажимах цепи.

Примечание: при определении показаний приборов в пояснительном тексте к решению задачи указывать не только название прибора и измеряемой величины, но и название участка цепи, на котором происходит измерение.

Например, вольтметр V_R измеряет напряжение на активном сопротивлении цепи. Данные для своего варианта взять из таблицы 11.

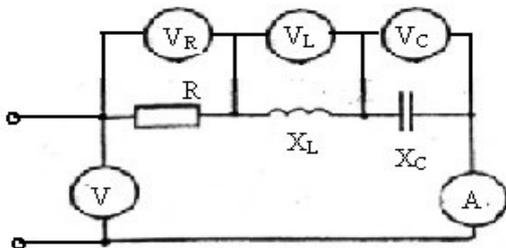


Рисунок 26 – Электрическая схема

Таблица 11 - Исходные данные к задаче 2.3

Известная величина	Вариант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S, ВА$	240	260	280	300	320	340	360	380	400	440
$R, Ом$	36	52	42	60	48	51	54	76	60	88
$X_L, Ом$	60	16	70	20	84	32	100	13	120	33
$X_C, Ом$	12	55	14	65	20	100	28	70	40	99

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 3 по теме: Расчет схем соединения осветительной нагрузки при включении их в трехфазную сеть

Эти задачи относятся к трехфазным электрическим цепям переменного синусоидального тока

Данная работа дает возможность проверить знания:

- сущность физических процессов, протекающих в электрических цепях трехфазного переменного тока;
- методику построения электрических цепей, порядок расчета их параметров; умения:
- рассчитывать основные параметры электрических цепей.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ

В трехфазных цепях потребители соединяют по схеме "звезда" или "треугольник".

При соединении приемников энергии "звездой" линейные напряжения обозначаются U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} , а в общем виде – U_L ; фазные напряжения обозначаются U_A , U_B , U_C , а в общем виде – U_ϕ

Токи обозначаются - I_A , I_B , I_C , причем ток линейный равен току фазному, поэтому в общем виде $I_L = I_\phi$

При наличии нулевого провода при любой нагрузке, а при равномерной нагрузке и без нулевого провода $U_L = \sqrt{3}U_\phi$ (линейное напряжение больше фазного в $\sqrt{3}$ раз). При равномерной нагрузке фаз активная мощность всей цепи $P = \sqrt{3}U_L I_L \cos\varphi_\phi$ или $P = 3U_\phi I_\phi \cos\varphi_\phi$ При неравномерной нагрузке мощность всей цепи $P = P_{\phi 1} + P_{\phi 2} + P_{\phi 3}$, где $P_\phi = U_\phi I_\phi \cos\varphi_\phi$.

При соединении потребителей треугольником фазное напряжение равно линейному: $U_\phi = U_L$, обозначаются напряжения U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}

Фазные токи обозначаются I_A , I_B , I_C , в общем виде - I_ϕ . Линейные токи обозначаются I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} , в общем виде - I_L . При равномерной нагрузке фаз $I_L = \sqrt{3}I_\phi$.

При неравномерной нагрузке фаз линейные токи определяются на основании первого закона Кирхгофа из векторной диаграммы, как геометрическая разность фазных токов.

При соединении приемников энергии "звездой" сеть может быть четырехпроводной - при наличии нулевого провода, или трехпроводной - без нулевого провода

При соединении приемников энергии "треугольником" сеть может быть только трехпроводной.

Четырехпроводная трехфазная цепь позволяет присоединить:

- а) трехфазные приемники к трем линейным проводам;
- б) однофазные приемники между каждым линейным проводом и нейтральным.

Пример 3

В четырехпроводную сеть трехфазного тока (рис. 27) с линейным напряжением $U_L = 380\text{В}$, включены по схеме "звезда" три группы ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно. В среднем сопротивление одной лампы составляет $R_{\text{лампы}} = 484\text{ Ом}$. Число ламп в каждой фазе (группе) $n_A=88$ шт, $n_B=33$ шт, $n_C=55$ шт. Определить ток $I_{\text{эдв}}$; напряжение $U_{\text{эдв}}$

; мощность $P_{\text{лампы}}$,
на которые
рассчитана

лампа; токи $I_A; I_B; I_C$ протекающие в фазных и линейных проводах; мощности P_A, P_B, P_C , потребляемые каждой фазой и всей цепью. Построить масштабе векторную диаграмму напряжений и токов и из нее графически определить величину тока в нулевом проводе I_0 .

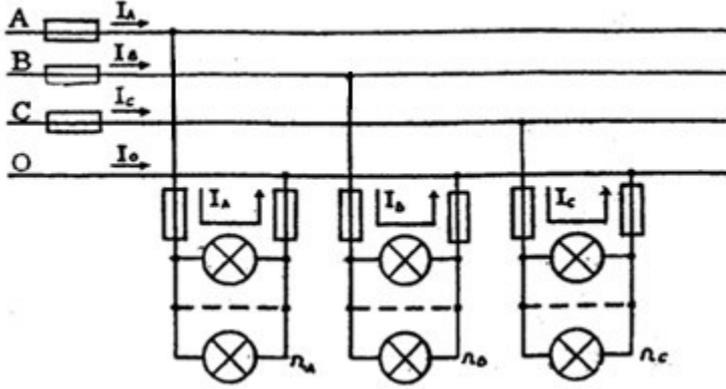


Рисунок 27 – Электрическая схема

Решение

1. По условию задачи $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 380$ В. При соединении "звездой" фазные напряжения равно $U_{\phi} = \frac{U_{\epsilon}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220$ В

2. Все лампы цепи включены на фазное напряжение, поэтому

$$U_{\text{лампы}} = U_{\phi} = 220 \text{ В.}$$

3. Ток лампы $I_{\text{лампы}} = \frac{U}{R} = \frac{220}{484} = 0,455$ А

4. Мощность лампы $P_{\text{лампы}} = U_{\text{лампы}} \cdot I_{\text{лампы}} = 220 \times 0,455 = 100$ Вт

Мощность лампы можно также найти по формулам $P = \frac{U^2}{R}$ или $P = I^2 \cdot R$

5. Мощности, потребляемые каждой фазой.

$$P_A = n_A \cdot P_{\text{лампы}} = 88 \cdot 100 = 8800$$

$$\text{Вт } P_B = n_B \cdot P_{\text{лампы}} = 33 \cdot 100 = 3300$$

$$\text{Вт } P_C = n_C \cdot P_{\text{лампы}} = 55 \cdot 100 = 5500$$

Вт

Другие способы определения мощностей P

$$P = \frac{U^2}{R}; \quad P = I^2 \cdot R \quad P = U \cdot I$$

6. Фазные

токи

$$I_A = I_{\text{лампы}} \cdot n_A = 0,455 \cdot 88 =$$

$$40 \text{ А } I_B = I_{\text{лампы}} \cdot n_B = 0,455 \cdot 33 =$$

$$15 \text{ А } I_C = I_{\text{лампы}} \cdot n_C = 0,455 \cdot$$

$$55 = 25 \text{ А}$$

7. Мощность, потребляемая цепью,

$$P = P_A + P_B + P_C = 8800 + 3300 + 5500 = 17600 \text{ Вт.}$$

8. Векторная диаграмма напряжений и токов (рис.

28). Порядок построения

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для напряжения и тока. Пусть $M_I = 10 \text{ А/см}$, $M_U = 44 \text{ В/см}$

Из точки 0 проводим три вектора фазных напряжений U_{AB} ; U_{BC} ; U_{CA} , углы между которыми составляют 120°

В выбранном масштабе их длина будет $l_{U_\phi} = \frac{U_\phi}{I_U} = \frac{380}{44} = 5\tilde{A}$

Нагрузка фаз активная (электрические лампы накаливания обладают активным сопротивлением), поэтому токи I_A ; I_B ; I_C будут совпадать по фазе с соответствующими фазными напряжениями. В выбранном масштабе их длина будет:

$$\ell_{I_A} = \frac{I_A}{I_I} = \frac{40}{10} = 4\tilde{n}i ; \quad \ell_{I_B} = \frac{I_B}{I_I} = \frac{15}{10} = 1.5\tilde{n}i ;$$

$$\ell_{I_N} = \frac{I_N}{I_I} = \frac{18}{10} = 1.8\tilde{n}i$$

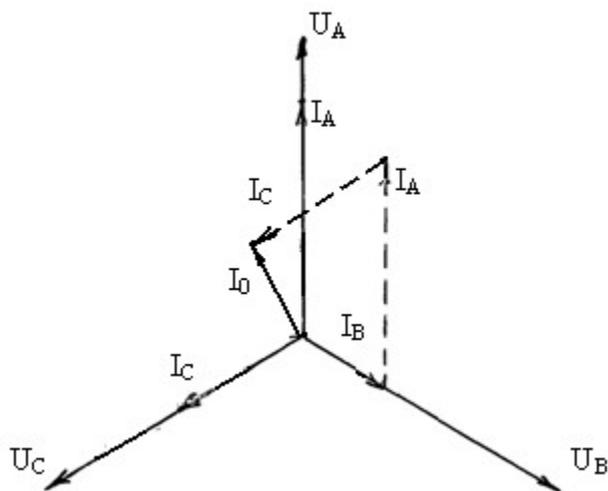


Рисунок 28 – Векторная диаграмма

Геометрически складываем токи $\overline{I_A}, \overline{I_B}, \overline{I_C}$ и получаем ток в нулевом проводе:

$\overline{I_0} = \overline{I_A} + \overline{I_B} + \overline{I_C}$ На диаграмме к концу вектора $\overline{I_B}$ путем параллельного переноса пристроен вектор $\overline{I_C}$, к концу вектора $\overline{I_C}$ пристроен путем параллельного переноса вектор $\overline{I_A}$. Точка 0 соединена с концом вектора $\overline{I_0}$ - это и есть ток в нулевом проводе $\overline{I_0}$. Величина токов в нулевом

проводе $I_0 = \ell_{I_0} \cdot I_I = 1.8 \cdot 10 = 18A$

Т.е. ток в нулевом проводе определен графически.

Пример 4

В трехпроводную сеть трехфазного тока (рис. 29) с линейным напряжением $U_L=220V$, включены по схеме "треугольник" три группы ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно. В среднем сопротивление одной лампы составляет $R_{лампы} = 242 \text{ Ом}$. Число ламп в каждой фазе (группе) $n_{AB}=11$ шт, $n_{BC}=22$ шт, $n_{CA}=33$ шт. Определить ток $I_{\text{линейный}}$; напряжение $U_{\text{фазное}}$; мощность $P_{\text{лампы}}$, на которые рассчитана

лампа; токи $I_{AB}; I_{BC}; I_{CA}$ протекающие в фазных проводах; мощности P_{AB}, P_{BC}, P_{CA} , потребляемые каждой фазой и всей цепью. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов и из нее графически определить величины линейных токов.

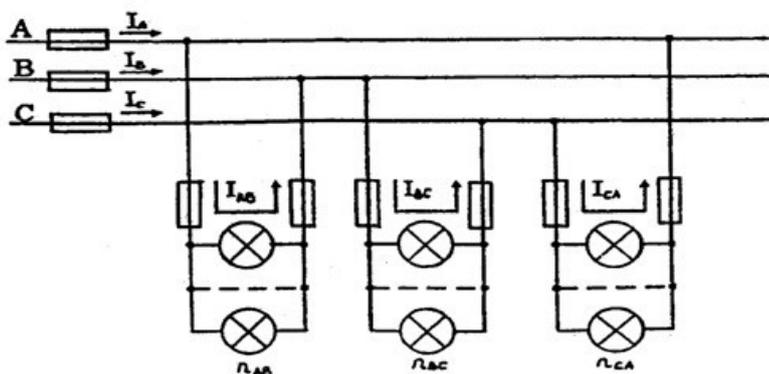


Рисунок 29 –Электрическая схема

Решение

1. По условию задачи $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 220$ В. При соединении

"треугольником" линейное напряжение равно фазному, поэтому $U_L = U_\phi$.

2. Все лампы цепи включены на фазное напряжение, поэтому

$$U_L = U_\phi = 220 \text{ В}$$

3. Ток лампы $I_{\text{лампы}} = U_{\text{фаз}} \frac{220}{242} = 0,909 \text{ A}$
 $R_{\text{лампы}} = \frac{242}{220} = 1,1 \text{ Ом}$

4. Фазные токи

$I_{AB} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{AB} = 0,909 \cdot 11 = 10 \text{ A}$
 $I_{BC} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{BC} = 0,909 \cdot 22 = 20 \text{ A}$
 $I_{AC} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{AC} = 0,909 \cdot 33 = 30 \text{ A}$

5. Мощность лампы

$P_{\text{лампы}} = I_{\text{лампы}} \cdot U_{\text{ф}} = 0,909 \cdot 220 = 200 \text{ Вт}$

6. Мощности, потребляемые фазами (они активные). $P_{AB} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{AB} = 200 \cdot 11 = 2200 \text{ Вт}$

$P_{BC} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{BC} = 200 \cdot 22 = 4400 \text{ Вт}$

$P_{AC} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{AC} = 200 \cdot 33 = 6600 \text{ Вт}$

7. Мощность, потребляемая цепью,

$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 2200 + 4400 + 6600 = 13200 \text{ Вт}$

9. Векторная диаграмма напряжений и токов (рис. 30).

Порядок построения

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для напряжения и тока. Пусть $M_I = 10 \text{ A/cm}$, $M_U = 44 \text{ В/cm}$

Из точки 0 проводим три вектора фазных напряжений U_{AB} ; U_{BC} ; U_{CA} , углы между которыми составляют 120°

В выбранном масштабе их длина будет $l_{U_{\phi}} = \frac{U_{\phi}}{M_U} = \frac{220}{44} = 5 \text{ см}$

Нагрузка фаз активная (электрические лампы накаливания обладают активным сопротивлением), поэтому токи I_{AB} ; I_{BC} ; I_{AC} будут совпадать по фазе с соответствующими фазными напряжениями. В выбранном масштабе их длина будет:

$l_{I_A} = \frac{I_{AA}}{M_I} = \frac{10}{10} = 1 \text{ см}$; $l_{I_{AB}} = \frac{I_{AB}}{M_I} = \frac{20}{10} = 2 \text{ см}$; $l_{I_{AC}} = \frac{I_{AC}}{M_I} = \frac{30}{10} = 3 \text{ см}$

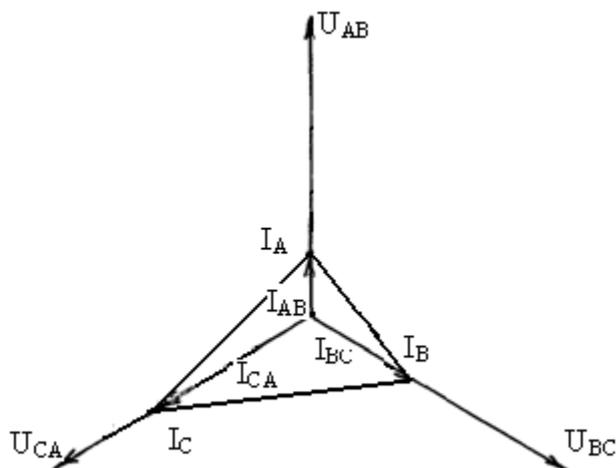


Рисунок 30 – Векторная диаграмма

Соединив концы векторов фазных

токов, получим треугольник линейных токов $I_A; I_B; I_C$, направление этих векторов совпадает с обходом по часовой стрелке. Измерив длину линейных токов и учитывая масштаб, определяем их значение

· ·
· ·
· ·

ЗАДАНИЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 3

Внеаудиторная работа составлена в 30 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1 учебный час.

Таблица 12 - Критерии оценивания внеаудиторной работы № 3

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	4
Рассчитал 8 неизвестных параметров заданной электрической схемы	16
Рассчитал длины векторов в указанных масштабах	6
Построил векторную диаграмму	9
Сделал вывод по работе	1
ИТОГО:	40

Оценка результатов выполнения задания производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	36 - 40	5	отлично
80 ÷ 89,9	32 - 35	4	хорошо
70 ÷ 79,9	28 - 31	3	удовлетворительно
менее 70	менее 28	2	не удовлетворительно

Задача 3.1 В четырехпроводную сеть трехфазного тока (рис. 27) включены по схеме "звезда" три группы ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно.

Известны:

- $U_{л}(U_{AB}; U_{BC}; U_{CA})$ - линейные напряжения;
- $P_{лампы}$ - мощность одной лампы;
- $n_A; n_B; n_C$ - число ламп в каждой фазе (группе).

Определить:

- $U_{ф}(U_A; U_B; U_C)$ - фазные напряжения;
- P_A, P_B, P_C - мощности, потребляемые каждой фазой (группой ламп);
- $I_A; I_B; I_C$ - фазные (они же линейные) токи;
- P - мощность, потребляемую цепью (всеми лампами).

Построить в заданных масштабах M_I и M_U векторную диаграмму напряжений и токов и из нее графически определить величину тока в нулевом проводе I_0 .

Данные для своего варианта взять из таблицы 13

Таблица 13 - Исходные данные к задаче 3.1

Известная величина	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	380	220	380	220	380	220	380	220	380
$U_L, В$	40	100	500	60	200	25	100	40	75
$n_A, ШТ.$	44	42	11	17	66	36	22	54	50
$n_B, ШТ.$	44	42	22	51	22	142	66	108	12
$n_C, ШТ.$	88	14	33	51	44	36	88	54	12
$M_I, А/см$	4	11	25	8	20	7	10	8,5	4
$M_U, В/см$	44	25,4	55	25,4	55	25,4	44	25,4	44

Указание: при определении фазных токов полученные расчетом значения округлите до целой величины

Задача 3.2 В трехпроводную сеть трехфазного тока (рисунок 29), включены по схеме "треугольник" три группы электрических ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно.

Известны:

- $U_L (U_{AB}; U_{BC}; U_{CA})$ - линейные напряжения;
- $I_{лампы}$ - ток одной лампы;
- $n_{AB}; n_{BC}; n_{CA}$ - число ламп в каждой фазе (группе);

Определить:

- $P_{лампы}$ - мощность одной лампы;
- $I_{AB}; I_{BC}; I_{CA}$ - фазные токи (токи, потребляемые каждой группой ламп).
- P_{AB}, P_{BC}, P_{CA} - мощности, потребляемые каждой фазой (группой ламп).
- P - мощность, потребляемую цепью (всеми лампами).

Построить в заданных масштабах M_I и M_U векторную диаграмму напряжений и токов и из нее графически определить величину токов $I_A; I_B; I_C$ в линейных проводах.

Данные для своего варианта взять из таблицы 14

Таблица 14 - Исходные данные к задаче 3.2

Известная величина	Вариант								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$U_L, В$	127	220	127	220	127	220	127	220	127
$I_{лампы}, А$	0,472	0,909	0,591	0,455	0,118	0,341	0,315	0,1136	0,787
$n_{AB}, ШТ.$	19	33	56	77	170	47	127	44	14
$n_{BC}, ШТ.$	74	66	22	33	85	12	108	176	14
$n_{CA}, ШТ.$	36	33	56	33	254	47	86	44	56
$M_U, В/см$	25,4	44	25,4	55	25,4	44	25,4	44	25,4
$M_I, А/см$	10	15	10	10	10	4	10	5	11

Указание: при определении мощности ламп и фазных токов полученные расчетом значения округлите до целой величины

Задача 3.3 В четырехпроводную сеть трехфазного тока (рис. 27) включены по схеме "звезда" три группы ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно.

Известны:

- $U_L (U_{AB}; U_{BC}; U_{CA})$ - линейные напряжения;
- $P_{лампы}$ - мощность одной лампы;

- P_A, P_B, P_C - мощности, потребляемые каждой фазой (группой ламп).

Определить:

- $U_\phi (U_A; U_B; U_C)$ - фазные напряжения;
- $n_A; n_B; n_C$ - число ламп в каждой фазе (группе);
- $I_A; I_B; I_C$ - фазные (они же линейные) токи;
- P - мощность, потребляемую цепью (всеми лампами).

Построить в заданных масштабах M_I и M_U векторную диаграмму напряжений и токов и из нее графически определить величину тока в нулевом проводе I_0 .

Данные для своего варианта взять из таблицы 15

Таблица 15 - Исходные данные к задаче 3.3

Известная величина	Вариант					
	19	20	21	22	23	24
$U_L, В$	380	220	380	220	380	220
$P_A, Вт$	13200	1280	900	5600	15840	900
$P_B, Вт$	26400	3440	3750	2800	15840	3550
$P_C, Вт$	6600	5080	900	5600	3960	900
$P_{\text{лампы}}, Вт$	150	40	75	400	60	25
$M_U, В/см$	44	25,4	44	25,4	44	25,4
$M_I, А/см$	30	10	4	11	18	7

Указание: при определении фазных токов полученные расчетом значения округлите до целой величины

Задача 3.4 В трехпроводную сеть трехфазного тока (рисунок 29), включены по схеме "треугольник" три группы электрических ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно.

Известны:

- $U_L (U_{AB}; U_{BC}; U_{CA})$ - линейные напряжения;
- $P_{\text{лампы}}$ - ток одной лампы;
- $n_{AB}; n_{BC}; n_{CA}$ - число ламп в каждой фазе (группе);

Определить:

- U_ϕ - фазные напряжения
- $I_{AB}; I_{BC}; I_{CA}$ - фазные токи (токи, потребляемые каждой группой ламп).
- P_{AB}, P_{BC}, P_{CA} - мощности, потребляемые каждой фазой (группой ламп).
- P - мощность, потребляемую цепью (всеми лампами).

Построить в заданных масштабах M_I и M_U векторную диаграмму напряжений и токов и из нее графически определить величину токов $I_A; I_B; I_C$ в линейных проводах.

Данные для своего варианта взять из таблицы 16

Таблица 16 - Исходные данные к задаче 3.4

Известная величина	Вариант					
	25	26	27	28	29	30
$U_L, В$	220	127	220	127	220	127
$P_{\text{лампы}}, Вт$	150	25	60	40	15	100
$n_{AB}, ШТ.$	44	71	55	54	88	28
$n_{BC}, ШТ.$	44	142	55	108	132	42
$n_{CA}, ШТ.$	66	36	220	54	176	28
$M_U, В/см$	44	25,4	44	25,4	44	25,4
$M_I, А/см$	10	7	15	8,5	3	11

Указание: при определении фазных токов полученные расчетом значения округлите до целой величины

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 4 по теме: **Определение основных параметров машины переменного тока**

Эта задача относится к теме "ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА". Для ее решения надо знать принцип действия асинхронного двигателя и зависимости между электрическими величинами, характеризующими его работу.

Данная работа дает возможность проверить знания:

- конструкции электрических машин, их параметров и характеристик.
- условия эксплуатации и критерии выбора электрических машин. умения:
- определять расчетным путем основные параметры электрических

машин. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ

Трехфазный ток, протекающий по обмотке статора двигателя создает вращающееся магнитное поле, частота вращения которого зависит от числа пар полюсов и частоты тока f_1 ,

в статоре,
$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p}$$

Возможные частоты вращения магнитного поля статора при частоте тока f_1 и различном числе пар полюсов приведены в таблице 5

Таблица 17- Возможные частоты вращения магнитного поля статора при частоте тока $f_1 = 50$ Гц и различном числе пар полюсов

p (число пар полюсов)	1	2	3	4	5	6
n_1 , об/мин	3000	1500	1000	750	600	500

Частота вращения ротора n_2 всегда меньше частоты вращения магнитного поля статора. Это отставание характеризуется скольжением S , равным

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

При работе двигателя под нагрузкой скольжение составляет несколько процентов, в момент пуска - 100 %.

Полезный вращающий момент на валу двигателя определяется по формуле

$$M_{ном} = \frac{60 \cdot P_{2ном}}{2\pi \cdot n_{ном}}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

где P_2 , Вт - полезная механическая мощность;

n_2 , об/мин. - частота вращения вала ротора двигателя.

В настоящее время промышленность выпускает асинхронные двигатели серии 4А мощностью от 0,06 до 400 кВт.

Обозначение типа двигателя расшифровывается так:

4 - порядковый номер;

А - наименование вида двигателя - асинхронный;

Н - обозначение двигателя защищенного исполнения; отсутствие знака означает закрытое обдуваемое исполнение;

А - станина и щиты из алюминия; Х - станина алюминиевая, щиты чугунные;
отсутствие знаков означает, что станина и щиты чугунные или стальные;

50... 355 - высота оси вращения;

S, L, M - установочные размеры по длине станины (S - самая короткая станина; M- промежуточная; L - самая длинная);

2,4,6,8, 10,12 - число полюсов;

У - климатическое исполнение двигателя (для умеренного климата);

3 - категория размещения (3— для закрытых неотапливаемых помещений; I -для работы на открытом воздухе).

Пример 5

Расшифровать условное обозначение двигателя типа 4АН200М4УЗ. Это двигатель четвертой серии, асинхронный, защищенного исполнения, станина и щиты из чугуна, с высотой оси вращения 200 мм, с установочным размером М по длине станины (промежуточный), четырехполюсный, для районов умеренного климата, третья категория размещения.

Пример 6

Расшифровать условное обозначение двигателя типа 4А100L8УЗ. Это двигатель четвертой серии, асинхронный, закрытый обдуваемого исполнения, станина и щиты из чугуна, с высотой оси вращения 100 мм, с установочным размером L по длине станины (самая длинная станина), восьмиполюсный, для районов умеренного климата, третья категория размещения.

Пример 7

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором изготовлен на номинальное напряжение 220/380В. Двигатель подключен к сети с напряжением $U_{\text{ном}} = 380\text{В}$, нагрузка на его валу номинальная. Известны величины:

- $I_{\text{ном}} = 9,15 \text{ А}$ - номинальный ток, потребляемый двигателем из сети;

- $\eta_{\text{н}} = 82\%$ - номинальный коэффициент полезного действия;

- $\cos \varphi = 0,81$ - номинальный коэффициент мощности;

- $S_{\text{ном}} = 5\%$ - номинальное скольжение;

- $p = 3$ — число пар полюсов;

- $f_1 = 50 \text{ Гц}$ - частота тока сети;

- $K_M = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,5$ - способность двигателя к перегрузке;

- $K_M = \frac{M_n}{M_{\text{ном}}} = 2,5$ - кратность пускового момента;

- $K_I = \frac{I_{1n}}{I_{\text{ном}}} = 2,5$ - кратность пускового тока.

Определить:

- схему включения обмоток статора двигателя;

- $P_{\text{ном}}$ — мощность, потребляемую двигателем из сети;

- $P_{2\text{ном}}$ - номинальную мощность на валу двигателя;

- $\sum P_{ном}$ — суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме;
- n_1 - частоту вращения магнитного поля статора;

- $n_{2ном}$ - номинальную частоту вращения ротора;
- f_2 - частоту тока в роторе;
- $M_{ном}, M_{пуск}, M_{max}$ - номинальный, пусковой и максимальный моменты на валу двигателя;
- $I_{1п}$ - пусковой ток, потребляемый двигателем из сети.

Подсчитать при номинальной нагрузке на валу величину номинального $I'_{1и}$ и пускового $I'_{1п}$ тока при напряжении сети $U'_{1и} = 220В$ Какова будет схема включения обмоток статора двигателя в этом случае?

Решение

1. Двигатель изготовлен на номинальное напряжение 220/380 В. Это значит, что при подключении к сети с $U_{1ном}=220В$ обмотки его статора должны быть соединены по схеме "треугольник"

2. Номинальная мощность, потребляемая двигателем из сети.

$$P_{1ном} = I_{1ном}^2 \cdot U_{1ном} \cdot \cos\varphi = 1,73 \cdot 9,15 \cdot 380 \cdot 0,81 = 4878Вт$$

3. Номинальная мощность на валу двигателя: $P_{2ном} = P_{1ном} \cdot \eta_{ном} = 4878 \cdot 0,82 = 4000Вт$

4. Суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме работы:

$$\Sigma P = P_{1ном} - P_{2ном} = 4878 - 4000 = 878Вт$$

5. Частота вращения магнитного поля статора:

$$n_{f_1} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ об / мин}$$

6. Частота вращения ротора при номинальном режиме работы:

$$n_{2ном} = n_1 (1 - S_{ном}) = 1000(1 - 0,05) = 950 \text{ об / мин}$$

7. Частота тока в роторе: $f_2 = f_1 \cdot S_{ном} = 50 \cdot 0,05 = 2,5 Гц$

8. Номинальный момент на валу двигателя:

$$M_{ном} = \frac{P_{2ном}}{2\pi \cdot n_{2ном}} = \frac{4000}{2 \cdot 3,14 \cdot 950} = 40,2 Н \cdot м$$

9. Пусковой момент на валу двигателя: $M_n = K_n \cdot M_{ном} = 2 \cdot 40,2 = 80,4 Н \cdot м$.

10. Максимальный момент на валу двигателя:

$$M_{max} = K_m \cdot M_{ном} = 2,5 \cdot 40,2 = 100,5 Н \cdot м$$

11. Пусковой ток двигателя: $I_{1п} = K_I \cdot I_{1ном} = 6 \cdot 9,15 = 54,9 А$.

12. При номинальном напряжении сети $U'_{1и} = 220В$ обмотки двигателя для работы в

номинальном режиме работы должны быть соединены по схеме "треугольник". В этом случае номинальный ток будет:

$$I'_{1ном} = \frac{P_{1ном}}{3 \cdot U'_{1и} \cdot \cos\varphi} = \frac{4878}{3 \cdot 220 \cdot 0,81} = 15,8 А$$

13. Значение пускового тока: $I'_{1п} = K_I \cdot I'_{1ном} = 6 \cdot 15,8 = 94,8 А$.

Можно заметить, что токи $I'_{1и}$ и $I'_{1п}$ возросли по сравнению с токами $I_{1и}$ и $I_{1пВ}$ раз, т.к. напряжение, подводимое к двигателю стало в раз меньше

ЗАДАНИЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 4

Внеаудиторная работа составлена в 30 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1 учебный час.

Таблица 18 - Критерии оценивания внеаудиторной работы № 4

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	7
Определил высоту оси вращения h	1
Определил число полюсов $2p$	1
Рассчитал скольжение при номинальной нагрузке $S_{ном}$	1
Рассчитал номинальный момент на валу $M_{ном}$, начальный пусковой $M_{пуск}$ и максимальный M_{max} моменты	3
Рассчитал потребляемую двигателем из сети мощность $P_{I_{ном}}$	1
Определил суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме $\sum P_{ном}$	1
Определил номинальный $I_{I_{ном}}$ и пусковой I_{In} токи в питающей сети	2
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	20

Оценка результатов выполнения задания производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	18 - 20	5	отлично
80 ÷ 89,9	16 - 17	4	хорошо
70 ÷ 79,9	14 - 15	3	удовлетворительно
менее 70	менее 14	2	не удовлетворительно

Задание № 4 Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А имеет технические данные, приведенные в таблице 10. Определить высоту оси вращения h , число полюсов $2p$, скольжение при номинальной нагрузке $S_{ном}$, номинальный момент на валу $M_{ном}$, начальный пусковой $M_{пуск}$ и максимальный M_{max} моменты, потребляемую двигателем из сети мощность $P_{I_{ном}}$, суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме $\sum P_{ном}$, номинальный $I_{I_{ном}}$ и пусковой I_{In} токи в питающей сети при соединении обмоток статора «звездой» и «треугольником».

Таблица 19 - Исходные данные к заданию практической работы № 4

Вариант	Тип двигателя	$P_{2ном}$, кВт	$n_{2ном}$, об/мин	$\eta_{ном}$, %	$\cos\phi_{I_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$U_{I_{ном}}$, В	Схема соединения обмоток статора
1	4А200М6У3	22,0	975	90,0	0,90	2,4	1,3	6,5	220/380	Δ
2	4А355М10У	110,0	590	93,0	0,83	1,8	1,0	6,0	380/660	Y
3	4А250S2У3	75,0	2960	91,0	0,89	2,5	1,2	7,5	220/380	Y
4	4А315S12У3	45,0	490	90,5	0,75	1,8	1,0	6,0	380/660	Δ
5	4А180М4У3	30,0	1470	91,0	0,90	2,0	1,4	6,5	220/380	Δ

Продолжение таблицы 19

6	4A315S8Y3	90,0	740	93,0	0,85	2,3	1,2	6,5	380/660	Y
7	4A250M6Y3	53,0	985	91,5	0,89	2,1	1,2	6,5	220/380	Δ
8	4A132M2Y3	11,0	2900	88,0	0,90	2,8	1,7	7,5	380/660	Y
9	4A180M8Y3	15,0	730	87,0	0,82	2,0	1,2	6,0	220/380	Y
10	4A315S4Y3	15,0	730	87,0	0,82	2,0	1,3	6,0	380/660	Δ
11	4A160M2Y3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	6,5	220/380	Δ
12	4A132M4Y3	11,0	1460	84,5	0,87	3,0	2,2	7,5	380/660	Y
13	4A250S8Y3	37,0	735	90,0	0,83	2,0	1,2	6,0	380/660	Δ
14	4A132M6Y3	7,5	970	85,5	0,81	2,5	2,0	6,5	220/380	Δ
15	4A160M4Y3	18,5	1465	89,50	0,88	2,2	1,4	7,0	220/380	Y
16	4A200L2Y3	45,0	2945	91,0	0,90	2,2	1,4	7,5	380/660	Y
17	4A315S12Y3	55,0	490	91,0	0,75	1,8	1,0	6,0	380/660	Δ
18	4A160M6Y3	15,0	975	87,5	0,87	2,0	1,2	6,0	380/660	Δ
19	4A100L2Y3	5,5	2880	87,5	0,91	2,2	2,0	7,5	380/660	Y
20	4A200L4Y3	45,0	1475	92,0	0,90	2,5	1,4	7,0	220/380	Δ
21	4A280M6Y3	90,0	985	92,5	0,89	2,2	1,4	5,5	220/380	Y
22	4A355S12Y3	75,0	490	91,5	0,76	0,8	1,0	6,0	380/660	Δ
23	4A200L8Y3	22,0	730	88,5	0,84	2,0	1,2	5,5	220/380	Y
24	4A200M8Y3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	5,5	380/660	Δ
25	4A355S8Y3	132,0	740	93,5	0,85	2,2	1,2	6,5	380/660	Δ
26	4A90L6Y3	1,5	935	75,0	0,74	2,2	2,0	4,5	220/380	Y
27	4A90LB8Y3	1,1	700	70,0	0,68	1,9	1,6	3,5	220/380	Y
28	4A132S6Y3	5,5	965	85,0	0,80	2,5	2,0	6,5	380/660	Δ
29	4A180S2Y3	22,0	2940	88,5	0,91	2,2	1,4	7,5	220/380	Y
30	4A100L4Y3	40,0	1430	84,0	0,84	2,4	2,0	6,0	380/660	Δ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 5

по теме: **Определение основных параметров машины постоянного тока**

Эта задача относится к теме "ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА". Для их решения надо усвоить не только устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока, но и знать формулы, выражающие взаимосвязь между электрическими величинами, характеризующими данный тип электрической машины.

Данная работа дает возможность проверить знания:

- конструкции электрических машин, их параметров и характеристик.
- условия эксплуатации и критерии выбора электрических машин. умения:

- определять расчетным путем основные параметры электрических машин. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ

Эти задачи относятся к теме "Электрические машины постоянного тока". Необходимо отчетливо представлять связь между напряжением U на зажимах машины, ЭДС

E и падение напряжение $I_{\text{я}} \cdot \sum R$, в обмотке якоря генератора и двигателя.

Для генератора $E = U + I_{\text{я}} \cdot \sum R$,

Для двигателя $U = E + I_{\text{я}} \cdot \sum R$

В этих формулах $\sum R = R_{\text{я}} + R_{\text{д}} + R_{\text{к}} + R_{\text{с}} + R_{\text{щ}}$ - сумма сопротивлений всех участков

цепи якоря: обмотки якоря $R_{\text{я}}$, обмотки добавочных полюсов $R_{\text{ДП}}$, компенсационной обмотки $R_{\text{ко}}$, последовательной обмотки возбуждения $R_{\text{с}}$ и переходного щеточного контакта $R_{\text{щ}}$.

При отсутствии в машине (это зависит от её типа и предложенной задачи) каких-либо из указанных обмоток в формулу, определяющую $\sum R$ не входят соответствующие слагаемые.

Полезный вращающий момент на валу двигателя определяются по формуле

$$M = \frac{60 \cdot P_{2\text{ном}}}{2\pi \cdot n_{\text{ном}}}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где $P_2, \text{Вт}$ - полезная механическая мощность,
 n , об/мин - частота вращения вала двигателя.

Пример 8

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением, работает в режиме номинальной нагрузки. Его технические данные: $P_{\text{ном}} = 16000 \text{Вт}$ - номинальная мощность; $U_{\text{ном}} = 230 \text{В}$ - номинальное напряжение; $R_{\text{я}} = 0,13 \text{Ом}$ - сопротивление якоря; $R_{\text{с}} = 164 \text{Ом}$ - сопротивление возбуждения; $\eta = 90,1\%$ - номинальный коэффициент полезного действия.

Определить:

$I_{\text{ном}}$ - номинальный ток нагрузки;

$I_{\text{с}}$ - ток возбуждения

$I_{\text{я}}$ - ток якоря генератора;

$P_{\text{я}}$ - потери мощности в якоре;

$P_{\text{с}}$ - потери мощности в обмотке возбуждения;

$P_{\text{щ}}$ - потери мощности в щеточном контакте, приняв $\Delta U_{\text{щ}} = 2 \text{В}$ - падение напряжения на электрографитированных щетках;

$P_{\text{доб}}$ - добавочные потери мощности;

$P_{\text{х}}$ - потери холостого хода.

Решение

1. Ток нагрузки $I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{16000}{230} = 69,6 \text{А}$

2. Ток возбуждения $I_{\text{с}} = \frac{P_{\text{ном}}}{R_{\text{с}}} = \frac{16000}{164} = 1,4 \text{А}$

3. Ток якоря $I_{\text{я}} = I_{\text{ном}} + I_{\text{с}} = 69,6 + 1,4 = 71 \text{А}$.

4. Потери мощности в обмотке якоря $P_{\text{я}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{я}} = 71^2 \cdot 0,13 = 655 \text{Вт}$

5. Потери мощности в обмотке возбуждения $P_{\text{с}} = I_{\text{с}}^2 \cdot R_{\text{с}} = 1,4^2 \cdot 164 = 321 \text{Вт}$

6. Потери мощности в щеточном контакте $P_{\text{щ}} = \Delta U_{\text{щ}} \cdot I_{\text{я}} = 2 \cdot 71 = 142 \text{Вт}$.

7. Добавочные потери мощности $P_{\text{доб}} = 0,01 \cdot P_{\text{ном}} = 0,01 \cdot 16000 = 160 \text{Вт}$.

8. Мощность, потребляемая генератором от первичного двигателя

$$P_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}$$

$\eta_{\text{ном}}$

$$= 1 \quad \frac{6000}{0,901} = 17758 \text{ Bm}$$

9. Суммарные потери мощности в генераторе

$$\sum P = P_1 - P_{ном} = 17758 - 16000 = 1758 \text{ Bm.}$$

10. Потери холостого хода

$$P_x = \sum P - (P_{я} + P_{\sigma} + P_{щ} + P_{доб}) = 1758 - (655 + 321 + 142 + 160) = 480 \text{ Bm}$$

Пример 9

Двигатель постоянного тока со смешанным возбуждением, работает в номинальном режиме. Двигатель рассчитан на номинальную мощность на валу $P_{2ном} = 2000 \text{ Вт}$. Номинальное напряжение, подведенное к двигателю $U_{ном} = 27 \text{ В}$. Частота вращения якоря $n_{ном} = 8000 \text{ об/мин}$. Двигатель потребляет из сети ток $I_{ном} = 100 \text{ А}$. Сопротивление обмотки якоря, добавочных полюсов и последовательной обмотки возбуждения $\sum R = R_y + R_{дп} + R_n =$. Сопротивление параллельной обмотки возбуждения $R_{ш}$

$$0,01433 \hat{\Omega} \\ = 6,75 \text{ Ом}$$

Определить:

P_1 - потребляемая из сети мощность;

$\eta_{ном}$ - номинальный коэффициент полезного действия двигателя;

M - полезный вращающий момент;

I_y - ток якоря;

E - противо-ЭДС в обмотке якоря;

$\sum P$ - суммарные потери мощности в двигателе;

$P_{э}$ - электрические потери мощности;

$P_{доб}$ - добавочные потери мощности;

P_x - потери холостого хода

Решение

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети: $P_1 = U_{ном} \cdot I_{ном} = 27 \cdot 100 = 2700 \text{ Вт}$

2. Номинальный коэффициент полезного действия двигателя:

$$\eta_{ном} = \frac{P_{2ном}}{P_1} = \frac{2000}{2700} = 0,74 \text{ Вт}$$

3. Полезный вращающий момент на валу двигателя

$$M = \frac{60 \cdot P_{2ном}}{2\pi \cdot n_{ном}} = \frac{60 \cdot 2000}{2 \cdot 3,14 \cdot 8000} = 2,38 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4. Ток параллельной обмотки возбуждения:

$$I_{ш} = \frac{U_{ном}}{R_{ш}} = \frac{27}{6,75} = 4 \text{ А}$$

5. Ток, протекающий через обмотку якоря, обмотку добавочных полюсов, последовательную обмотку возбуждения: $I_y = I_{ном} - I_{ш} = 100 - 4 = 96 \text{ А}$

6. Противо-ЭДС в обмотке якоря

$$E = U_{ном} - I_y (R_n + R_{дп} + R_c) - \Delta U_{щ} = 27 - 96 \cdot 0,01443 - 2 = 23,61 \text{ В}$$

где $\Delta U_{щ} = 2 \text{ В}$ - потери напряжения в переходном контакте щеток на коллекторе

7. Суммарные потери мощности в двигателе:

$$\sum P = P_1 - P_{2ном} = 2700 - 2000 = 700 \text{ Вт}$$

8. Электрические потери мощности в двигателе

$$P_{э} = P_y + P_{дп} + P_{щ} + P_{ш} + P_c = 158 + 42 + 6,88 + 16,42 + 96,8 = 320,1 \text{ Вт}$$

где: $P_y = I_y^2 \cdot R_y$ - потери мощности в якоре,

$P_{дп} = I_y^2 \cdot R_{дп}$ - потери мощности в добавочных полюсах,

$P_c = I_y \cdot R_c$ - потери мощности в последовательной обмотке возбуждения,

$P_{щ} = \Delta U_{щ} \cdot I_{я}$ - потери мощности в переходном контакте щеток на коллекторе;

$P_{ш} = U_{ном} \cdot I_{ш}$ - потери мощности в параллельной обмотке возбуждения.

$$P_{\Sigma} = I_{я}(R_{я} + R_{\delta n} + R_{с}) + \Delta U_{щ} \cdot I_{я} + U_{ном} \cdot I_{ш} = 96 \cdot 0,01443 + 2 \cdot 96 + 27 \cdot 4 = 433 \text{ Вт}$$

9. Добавочные потери мощности, возникающие в обмотке якоря

$$P_{доб} = 0,01 \cdot P_{2ном} = 0,01 \cdot 2000 = 20 \text{ Вт}$$

10. Потери холостого хода: $P_x = \sum P - (P_\Sigma + P_{доб}) = 700 - (433 + 20) = 247 \text{ Вт}$

ЗАДАНИЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 5

Внеаудиторная работа составлена в 30 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1,5 учебных часа.

Таблица 20 - Критерии оценивания внеаудиторной работы № 5

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Составил схему для решения задачи	2
Указал назначение каждого элемента схемы.	5
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	8
Выполнил расчет согласно цели этапа	8
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	26

Оценка результатов выполнения задания производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	24 - 26	5	отлично
80 ÷ 89,9	21 - 23	4	хорошо
70 ÷ 79,9	18 - 20	3	удовлетворительно
менее 70	менее 18	2	не удовлетворительно

Задание № 5 вариант 1-15

Составить схему генератора постоянного тока с параллельным возбуждением, работающего в режиме номинальной нагрузки и указать назначение каждого элемента схемы. Известны: $P_{нрм}$ - номинальная мощность; $U_{ном}$ - номинальное напряжение; R_Σ - сопротивление якоря; I_Σ - ток возбуждения; P_x - потери холостого хода

Определить:

$I_{ном}$ - номинальный ток нагрузки;

I_Σ - ток якоря генератора;

P_Σ - потери мощности в якоре;

P_Σ - потери мощности в обмотке возбуждения;

P_Σ - потери мощности в щеточном контакте, приняв $\Delta U_{щ} = 2 \text{ В}$ падение напряжения на электрографитированных щетках;

$P_{доб}$ - добавочные потери мощности;

$\sum P$ - суммарные потери мощности;

$\eta_{ном}$ - коэффициент полезного действия.

Данные для своего варианта взять из таблицы 12

Таблица 21 - Исходные данные к заданию 5 (вариант 1-15)

Вариант	$P_{нрм}, \text{кВт}$	$U_{ном}, \text{В}$	$R_{я}, \text{Ом}$	$I_{в}, \text{А}$	$P_x, \text{Вт}$
1	5,5	230	0,322	2,28	165
2	14,0	460	0,080	6,05	420
3	6,7	460	0,518	3,33	201
4	16,0	230	0,031	4,66	480
5	24,0	460	0,096	4,66	720
6	0,4	115	1,460	0,14	12
7	4,5	115	0,046	0,57	180
8	11,0	115	0,031	2,09	330
9	32,0	460	0,065	9,85	1280
10	75,0	460	0,031	14,47	3000
11	15,0	230	0,125	5,48	450
12	20,0	460	0,286	9,51	780
13	53,0	115	0,026	3,21	2200
14	36,0	230	0,026	2,41	1120
15	10,0	460	0,300	5,41	400

Задание № 5 вариант 16 - 30

Составить схему двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением, работающего в номинальном режиме и указать назначение каждого элемента схемы. Известны: $P_{2ном}$ - номинальная мощность на валу двигателя; $U_{ном}$ - номинальное напряжение, подведенное к двигателю; $\eta_{ном}$ - номинальный коэффициент полезного действия; $n_{ном}$ - частота вращения вала двигателя; $R_{я}$ - сопротивление обмотки якоря; $R_{доб}$ - сопротивление обмотки добавочных полюсов; R_c - сопротивление последовательной /серийной/ обмотки возбуждения; $R_{ш}$ - сопротивление параллельной /шунтовой/ обмотки возбуждения.

Определить:

M - вращающий момент на валу двигателя;

$P_{1ном}$ - мощность, потребляемую двигателем из сети;

$I_{ном}$ - ток, потребляемый двигателем из сети;

$I_{ш}$ - ток в параллельной обмотке возбуждения;

$I_{я}$ - ток в обмотке якоря ;

$\sum P$ — суммарные потери мощности в двигателе;

$P_{я}$ - электрические потери мощности в обмотке якоря;

$P_{доб}$ - электрические потери мощности в обмотке дополнительных полюсов;

P_c - электрические потери мощности в последовательной обмотке возбуждения;

$P_{ш}$ - электрические потери мощности в параллельной обмотке возбуждения;

$P_{щ}$ - электрические потери мощности в переходном контакте щеток коллектора, приняв

$$\Delta U_{щ} = 2B;$$

$P_{доб}$ - добавочные потери мощности;

P_x - потери холостого хода, состоящие из потерь в стали и механических потерь.

Данные для своего варианта взять из таблицы 13

Таблица 22 - Исходные данные к заданию 5 (вариант 16-30)

Вариант	$P_{2ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$\eta_{ном}$, %	$n_{ном}$ об/мин	$R_{я}$, Ом	$R_{дп}$, Ом	R_c , Ом	$R_{щ}$, Ом
16	3,00	220	75,5	1000	0,8687	0,6358	0,0561	138
17	1,90	110	71,0	750	0,3190	0,2647	0,0982	37,5
18	10,50	440	85,0	3000	0,5586	0,3372	0,0223	111,0
19	4,00	220	79,0	1500	0,5609	0,3353	0,0513	134,0
20	7,00	110	81,0	2200	0,0700	0,0500	0,0268	111,0
21	1,60	110	68,0	750	0,4687	0,3094	0,0952	35,0
22	1,40	110	78,5	3350	0,1960	0,1340	0,1030	111,0
23	5,30	220	80,0	3000	0,2355	0,1962	0,0387	96,3
24	3,40	110	76,0	2240	0,1030	0,1100	0,0452	33,5
25	2,50	220	76,0	2200	0,7819	0,6754	0,0810	156,0
26	2,20	220	81,0	3150	0,5145	0,5049	0,0826	295,0
27	1,70	110	77,0	2200	0,2873	0,2349	0,0925	81,0
28	1,10	220	74,0	1500	2,1540	1,5700	0,1100	295,0
29	1,20	220	76,5	2200	0,7892	0,3127	0,1045	359,0
30	0,75	110	78,5	3000	0,6281	0,3856	0,1526	192,0

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 6 по теме: **Выбор аппаратуры управления и защиты**

Эта задача относится к теме "ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА". Для их решения надо усвоить не только устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока, но и знать формулы, выражающие взаимосвязь между электрическими величинами, характеризующими данный тип электрической машины.

Данная работа дает возможность проверить знания:

- критериев выбора электрических аппаратов;
- правила безопасной эксплуатации электрических аппаратов умения:
- определять расчетным путем основные параметры электрических аппаратов.
- работать с нормативными документами и справочной литературой

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ

Защита электрических сетей и электроприёмников напряжением до 1 кВ

Для выбора аппарата защиты нужно знать ток в линии, где аппарата защиты установлен, тип его и число фаз.

Выбор плавких вставок предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока (I_p). $I_{н. вст.} \geq I_p$

и по условию перегрузок пиковыми токами

$$I_{н.вст.} \geq I_n / \alpha,$$

где I_n — пиковый (максимальный кратковременный) ток;

α — коэффициент кратковременной тепловой перегрузки; $\alpha = 2,5$ — для легких пусков с длительностью пуска до 5 с, а также при редких пусках (насосы, вентиляторы, станки и т. п.) и при защите магистрали; $\alpha = 2$ — для тяжелых условий пуска, а также при частых (более 15 раз в час) пусках (краны, дробилки, центрифуги и т. п.); $\alpha = 1,6$ — для ответственных электроприемников.

При выборе предохранителя для одиночного электроприёмника в качестве I_p , принимается его номинальный ток i_n , а в качестве I_n — пусковой ток $i_{пуск}$.

Для линий, питающих группу электроприемников, максимальный пиковый ток определяется:

$$I_n = I'_{пуск} + I'_p$$

где $I'_{пуск}$ — пусковой ток электроприемника или группы одноименно включаемых электроприемников, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины;

I'_p — длительный расчетный ток, определяемый без учета рабочего тока пускаемых электроприемников.

При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I_n = i_{n,max} + (I_p - K_u i_{nn})$$

где $i_{n,max}$ — наибольший пусковой ток электроприемника группы;

I_p — расчетный по нагреву ток группы электроприемников;

i_{nn} — номинальный ток электроприемника с наибольшим пусковым током;

K_u — коэффициент использования электроприемника с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату, выбирается из соотношения:

$$I_{н.вст.} \geq 1,2 i_{нс} \quad , П$$

где $i_{нс}$ — номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения (ПВ).

При отсутствии защитных характеристик каждый предохранитель на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь номинальный ток плавкой вставки не менее чем на ступень выше, чем предыдущий.

Пример 10 Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 31. Известны номинальная мощность каждого электроприёмника: $P_1 = 19,6$ кВт; $P_2 = 17,3$ кВт; $P_3 = 3,2$ кВт, коэффициент мощности каждого потребителя: $\cos \varphi_1 = 0,7$; $\cos \varphi_2 = 0,6$; $\cos \varphi_3 = 0,6$ и коэффициент спроса $K_c = 0,8$

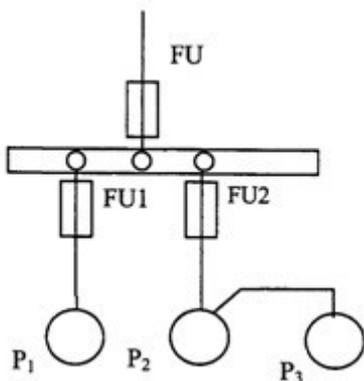


Рисунок 31 - Схема распределительной сети

Решение.

1. Определяются величины номинального и длительного расчетного тока.

$$I_{i1} = \frac{D_1}{3U_i \cdot 10^3} = \frac{19,6}{3 \cdot 380} = 4,25 \text{ A} \quad I_{\delta 1} = \hat{E}_{\tilde{n}} \cdot I_{i1} = 0,8 \cdot 4,25 = 3,4 \text{ A}$$

$$I_{i2} = \frac{D_2 \cos \varphi_1}{3U_i \cdot 10^3} = \frac{17,3 \cdot 0,7}{3 \cdot 380} = 44,0 \text{ A} \quad I_{\delta 2} = \hat{E}_{\tilde{n}} \cdot I_{i2} = 0,8 \cdot 44,0 = 35,2 \text{ A}$$

$$I_{i3} = \frac{D_3 \cos \varphi_2}{3U_i \cdot 10^3} = \frac{3,2 \cdot 0,6}{3 \cdot 380} = 8,13 \text{ A} \quad I_{\delta 3} = \hat{E}_{\tilde{n}} \cdot I_{i3} = 0,8 \cdot 8,13 = 6,5 \text{ A}$$

2. Для машин постоянного тока кратность пускового тока составляет 3, а для асинхронного двигателя 6-7. Определим пусковой ток $i_{\text{пуск}}$.

$$i_{\text{пуск}1} = \hat{E}_i \cdot I_{i1} = 3 \cdot 4,25 = 12,75 \text{ A}$$

$$i_{\text{пуск}2} = \hat{E}_i \cdot I_{i2} = 3 \cdot 44 = 132,0 \text{ A}$$

$$i_{\text{пуск}3} = \hat{E}_i \cdot I_{i3} = 3 \cdot 8,13 = 24,39 \text{ A}$$

3. При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I_{n2-3} = I'_{\text{пуск}} + I'_p$$

$$I_{n2-3} = 132,0 + 6,5 = 138,5 \text{ A}$$

$$I_n = i_{n,\text{max}} + \Sigma I_p = 132,0 + (3,4 + 6,5) = 141,9 \text{ A}$$

4. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока (I_p).

$$I_{n,\text{вст.}} \geq I_p$$

и по условию перегрузок пиковыми токами ($\alpha = 2,5$ — для легких пусков)

$$I_{n,\text{вст.}} \geq I_n / \alpha$$

5. При выборе предохранителя для одиночного электроприёмника в качестве I_p , принимается его номинальный ток i_n , а в качестве I_n — пусковой ток $i_{\text{пуск}}$. По [7] табл.2.24 с.81 выбираем предохранители

$$\text{FU1: } I_{i.\text{дл.}} = \frac{I}{\alpha} = \frac{12,75}{2,5} = 5,1 \text{ A}; \text{ выбираем НПН -15 при } I_{\text{вст.}} = 6 \text{ A}$$

$$\text{FU2: } I_{i.\text{дл.}} = \frac{I}{\alpha} = \frac{138,5}{2,5} = 55,4 \text{ A}; \text{ выбираем НПН60М - 60 при } I_{\text{вст.}} = 60 \text{ A}$$

$$\text{FU: } I_{i.\text{дл.}} = \frac{I}{\alpha} = \frac{141,9}{2,5} = 56,8 \text{ A}; \text{ выбираем ПН2 - 100 при } I_{\text{вст.}} = 80 \text{ A}$$

Выбор расцепителей автоматических выключателей

Номинальные токи расцепителей выбирают по длительному расчетному току линии:

$$I_{н.р} \geq I'_p$$

Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя ($I_{ср.э}$) проверяется по пиковому току линии $I_{кр}$:

$$I_{ср.э} \geq K_n I_{кр}$$

где K_n —коэффициент надежности отстройки отсечки от пикового тока, учитывающий: наличие апериодической составляющей в пиковом токе; возможный разброс тока срабатывания отсечки относительно уставки; некоторый запас по току. Значения K_n принимаются в зависимости от типа автомата. При отсутствии таких данных можно принять: $K_n = 1,25 \dots 1,5$.

Селективность срабатывания последовательно включенных автоматических выключателей обеспечивается в тех случаях, когда их защитные характеристики не пересекаются. При отсутствии защитных характеристик каждый автомат на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь номинальный ток расцепителя не менее чем на ступень выше, чем предыдущий.

Пример 11 Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 32). Известны номинальная мощность каждого электроприёмника: $P_1 = 16,1$ кВт; $P_2 = 14,3$ кВт; $P_3 = 7,3$ кВт, коэффициент мощности каждого потребителя: $\cos \varphi_1 = 0,8$; $\cos \varphi_2 = 0,8$; $\cos \varphi_3 = 0,6$ и коэффициент спроса $K_c = 0,85$

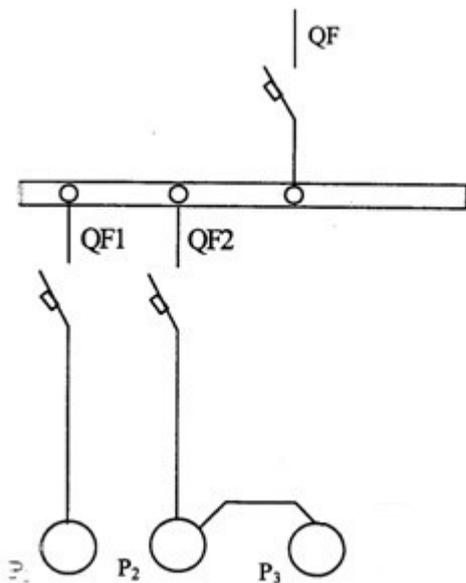


Рисунок 32 - Схема распределительной сети

Решение.

1 Определяем номинальные и длительные расчетные токи

$$I_{n1} = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_n} = \frac{16,1 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 30,6 \text{ A} \quad I_{p1} = K_c \cdot I_{n1} = 0,8 \cdot 30,6 = 24,5 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{P_2 \cos \varphi_1}{\sqrt{3} U_n \cdot 10} = \frac{14,3 \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 380} = 27,2 \text{ A} \quad I_{p2} = K_c \cdot I_{n2} = 0,8 \cdot 27,2 = 21,8 \text{ A}$$

$$I_{n3} = \frac{P_3 \cos \varphi_3}{\sqrt{3} U_n \cdot 10} = \frac{7,3 \cdot 0,6}{\sqrt{3} \cdot 380} = 18,5 \text{ A}; \quad I_{p3} = K_c \cdot I_{n3} = 0,8 \cdot 18,5 = 14,8 \text{ A}$$

2 Длительный расчетный ток магистральной линии 2-4 и всей системы

$$I_{\delta 2}^1 = I_{\delta 2} + I_{\delta 3} = 21,8 + 14,8 = 36,6 \text{ A}$$

$$I_{\delta 4}^1 = I_{\delta 2}^1 + I_{\delta 1}^1 = 36,6 + 24,5 = 61,1 \text{ A}$$

3 Определим пусковой или максимальный кратковременный ток $i_{\text{пуск}}$. Для машин постоянного тока кратность пускового тока составляет 3. а для АД 6-7

$$i_{\text{пуск}1} = \hat{E}_i \cdot I_{i1} = 3 \cdot 30,6 = 91,8 \text{ A}$$

$$i_{\text{пуск}2} = \hat{E}_i \cdot I_{\delta 2} = 3 \cdot 27,2 = 81,6 \text{ A}$$

$$i_{\text{вн}} = \hat{E}_i \cdot I_{\text{вн}} = 3 \cdot 18,5 = 55,5 \text{ А}$$

4 Пусковой ток магистралей 2-3 и 1-3 определяется из условий пуска

$$I_{r2-3} = I_{r2} + I_{\text{вн}} = 81,6 + 14,8 = 96,4 \text{ А}$$

$$I_{r1-3} = I_{r1} + I' = 91,8 + 36,6 = 128,4 \text{ А}$$

5 Выбираем автоматические выключатели из условия $I_{н.а} \geq I_{н.р}$; $I_{н.р} \geq I'_p$

Автомат QF – $I_{н.р.} \geq 61,1 \text{ А}$ выбираем по [7]. С. 82. табл 2.25 А 3134 – 100 с $I_{н.р.} = 63 \text{ А}$.
Установка на ток мгновенного срабатывания – $I_{\text{ср. эл.}} = 150 \dots 1000 \text{ А}$. Устанавливаем

$$I_{\text{ср.э}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} \quad I_{\text{ср.э}} \geq 1,25 \cdot 128,4 = 160,5 \text{ А} \quad 150 \dots 1000 \text{ А} \geq 160,5 \text{ А}$$

Автомат QF1 – $I_{н.р.} \geq 24,5 \text{ А}$ выбираем по [7] А 3114 – 100 с $I_{н.р.} = 31,5 \text{ А}$. Установка на ток мгновенного срабатывания – $I_{\text{ср. эл.}} = 150 \dots 1000 \text{ А}$. Устанавливаем

$$I_{\text{ср.э}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} \quad I_{\text{ср.э}} \geq 1,25 \cdot 91,8 = 114,8 \text{ А} \quad 150 \text{ А} \geq 114,8 \text{ А}$$

Автомат QF2 – $I_{н.р.} \geq 36,6 \text{ А}$ выбираем по Л1 А 3114 – 100 с $I_{н.р.} = 40 \text{ А}$. Установка на ток мгновенного срабатывания – $I_{\text{ср. эл.}} = 150 \dots 1000 \text{ А}$. Устанавливаем

$$I_{\text{ср.э}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} \quad I_{\text{ср.э}} \geq 1,25 \cdot 96,4 = 120,5 \text{ А} \quad 150 \text{ А} \geq 120,5 \text{ А}$$

ЗАДАНИЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ № 6

Внеаудиторная работа составлена в 30 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1,5 учебных часа.

Таблица 23- Критерии оценивания внеаудиторной работы № 6

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	5
Определены номинальные и длительные расчетные токи	10
Определены длительный расчетный ток магистральной линии и всей системы	2
Определены пусковой или максимальный кратковременный ток каждого электроприемника	5
Рассчитан пусковой ток магистралей	2
Выбор аппаратов защиты	5
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	34

Оценка результатов выполнения задания производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	31 - 34	5	отлично
80 ÷ 89,9	27 - 30	4	хорошо
70 ÷ 79,9	23 - 26	3	удовлетворительно
менее 70	менее 18	2	не удовлетворительно

Задание № 6 вариант 1-15

Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 33. Исходные данные в таблице 15

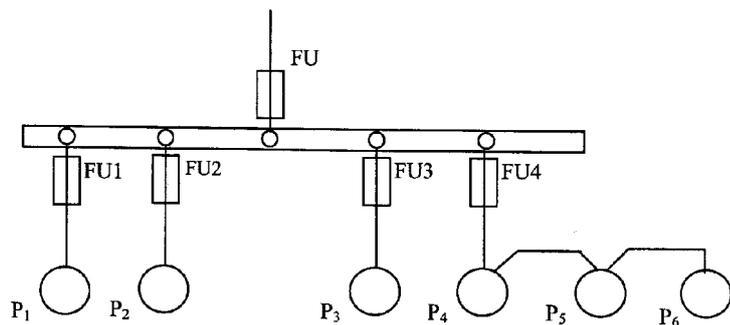


Рисунок 33 - Схема распределительной сети

Таблица 24 - Исходные данные к заданию 6

№ вар	P ₁ , кВт	P ₂ , кВт	P ₃ , кВт	P ₄ , кВт	P ₅ , кВт	P ₆ , кВт	cos φ ₁	cos φ ₂	cos φ ₃	cos φ ₄	cos φ ₅	cos φ ₆	K _c
1	19,6	17,3	3,7	4,3	11,0	9,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
2	18,1	14,0	7,3	2,5	16,0	21,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
3	13,0	19,3	9,2	4,3	7,8	5,9	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
4	7,3	14,2	7,0	2,1	23,2	4,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,85
5	9,2	7,3	1,1	0,75	14,5	28,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
6	4,0	13,5	7,2	3,0	9,8	19,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
7	17,5	9,2	3,0	2,2	7,3	8,4	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
8	3,5	7,1	5,3	2,3	6,1	19,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8
9	8,4	1,3	7,5	4,0	14,6	3,4	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8
10	11,6	25,3	3,6	0,75	9,3	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,85
11	10,3	16,1	7,4	3,1	4,9	9,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8	0,85
12	17,1	6,3	0,75	0,75	5,7	20,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,85
13	4,0	9,3	2,8	1,7	17,1	14,0	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8
14	12,8	7,3	4,1	0,8	19,3	6,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
15	14,5	14,5	10,0	4,1	7,5	2,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8

Задание № 6 вариант 16-30

Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 34). Исходные данные в таблице 16

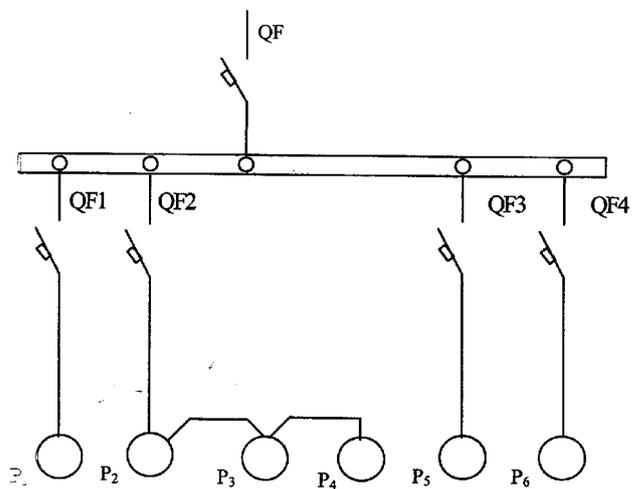


Рисунок 34 - Схема распределительной сети

Таблица 25 - Исходные данные к заданию 6

№ вар.	P_1 , кВт	P_2 , кВт	P_3 , кВт	P_4 , кВт	P_5 , кВт	P_6 , кВт	$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$	$\cos\varphi_3$	$\cos\varphi_4$	$\cos\varphi_5$	$\cos\varphi_6$	K_c
16	14,3	7,3	2,2	21,3	16,1	14,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,85
17	14,0	2,7	4,0	18,5	3,8	14,0	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8
18	10,3	7,5	1,1	5,2	12,5	10,3	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,85
19	7,3	0,73	0,73	19,3	1,9	7,3	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,85
20	7,5	4,0	2,2	13,0	19,0	7,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8
21	23,1	2,0	2,0	4,9	4,2	23,1	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8 1
22	12,0	2,2	1,1	4,9	13,3	12,0	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8
23	7,8	2,7	0,75	3,8	10,0	7,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8
24	3,0	8,3	0,3	4,8	23,0	3,0	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,85
25	10,0	3,2	0,75	5,5	9,3	10,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,85
26	13,5	7,5	3,0	13,0	7,3	13,5	0,8	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,85'
27	7,5	3,0	0,75	3,5	14,5	7,5	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8
28	8,5	4,0	0,9	18,0	10,2	8,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,85
29	12,6	7,7	3,0	18,5	8,4	12,6	0,9	0,8	0,6	0,7	0,8	0,7	0,85
30	11,0	4,8	2,2	3,9	15,8	11,0	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8