

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ

ОП.05 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

по специальности

15.02.12 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)» заочное отделение

2023

Организация-разработчик: ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Разработчик:

Кудряшова Т.А., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум», г. Богданович

Рассмотрено на заседании Методического совета

протокол № 3 от «13» февраля 2023 г.

Председатель: Е.В. Снежкова

СОДЕРЖАНИЕ

1 Пояснительная записка	4
2 Практическая работа обучающегося	5
3 Содержание отчетных работ	6
4 Критерии оценки отчетных работ	7
Практическая работа №1 Расчет простых цепей постоянного тока	8
Практическое занятие №2 Расчет цепей однофазного переменного тока	14
Практическое занятие №3 Расчет трехфазной цепи	23
Рекомендуемые источники информации	28
Приложение А Титульный лист отчетных работ	30

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой общепрофессиональной дисциплины ОП.05 Электротехника и основы электроники

Практические занятия являются одним из важнейших элементов учебного процесса. При проведении практических занятий преследуются три основные цели: возможность на практике убедиться в теоретических положениях; развитие творческого мышления (критическое осмысление результатов расчета); пробудить любознательность и воображение студента.

Результатом выполнения практических работ является овладение обучающимися профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Осуществлять работы по подготовке единиц оборудования к монтажу
ПК 2.3	Проводить ремонтные работы по восстановлению работоспособности промышленного оборудования
ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
ОК 02.	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 03.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04.	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами
ОК 05.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста
ОК 06.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения.
ОК 07.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Программой ОП.05 предусмотрено выполнение трех практических работ.

В методических рекомендациях к практическим работам приведены необходимые теоретические сведения, порядок проведения работы, содержание отчета.

Предварительная подготовка обучающихся к практической работе, понимание ее цели и содержания – важнейшее условие качественного выполнения работ. Поэтому прежде, чем приступить к выполнению практической работы, обучающиеся должны:

- ✓ изучить содержание работы и порядок ее выполнения;
- ✓ повторить теоретический материал, связанный с выполнением данной работы.

Завершается практическая работа составлением отчета, который должен содержать все необходимые результаты и выводы.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Тема	Вид, название и краткое содержание задания	Планируемые часы на выполнение внеаудиторной работы	Форма отчетности и контроля
1.2	Практическая работа №1 Расчет простых цепей постоянного тока <u>Цели работы:</u> 1 научиться читать электрические схемы 2 научиться применять свойства последовательного и параллельного соединения резисторов при определении эквивалентного сопротивления; 3 научиться применять закон Ома и законы Кирхгофа при определении тока и напряжения на участках цепи; 4 уметь рассчитывать мощность потребителей; 5 уметь составлять баланс мощности для определения правильности решения	1,5	отчетная работа №1,
	Практическая работа №2 Расчет цепей однофазного переменного тока <u>Цели работы:</u> 1 научиться читать электрические схемы 2 научиться рассчитывать параметры простых электрических цепей однофазного переменного тока.	1,5	отчетная работа №2,
	Практическое занятие №3 Расчет трехфазной сети <u>Цели работы:</u> 1 научиться читать электрические схемы 2 освоить методику расчета трехфазной цепи при соединении «треугольником»	1	отчетная работа №3,

3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТНЫХ РАБОТ

Тетрадь с отчетными работами обучающегося должна содержать следующие разделы:

1. титульный лист

обязательно указываются:

- название министерства, учебного заведения;
- название дисциплины;
- название специальности;
- фамилия и инициалы обучающегося;
- номер группы;
- фамилия и инициалы преподавателя;

2. отчеты по практическим работам (13 отчетных работы)

обязательно указываются:

- наименование, номер и название практической работы;
- цели работы;
- выполненные работы с использованием формул, единиц измерения;
- выводы.

Титульный лист отчетных работ приведен в Приложении А.

4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТЧЕТНЫХ РАБОТ

Форма зачета по практическим работам – правильно выполненная работа, расчетного характера.

Практическая работа считается выполненной и принимается к зачету по критериям, приведенным в каждой практической работе.

Примечание:

Номер варианта определяется по списку в журнале теоретического обучения.

Приступая к решению задачи, студент должен изучить ее условие; уяснить, какие величины являются заданными и какие искомыми; записать условие задачи; вычертить электрическую схему, соответствующую условию задачи, и показать на ней заданные и искомые величины, а также направление токов. 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.

Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями.

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. Все расчеты необходимо вести в системе СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только возле окончательного результата и в скобки не заключаются, например, 120В, 13А, 100Вт.

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		5	отлично
80 ÷ 89,9		4	хорошо
60 ÷ 79,9		3	удовлетворительно
менее 60		2	не удовлетворительно

Практическая работа № 1

Тема: Расчет простых цепей постоянного тока

Цели: научиться читать электрические схемы; 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 теоретические сведения

На рис. 1.1 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).

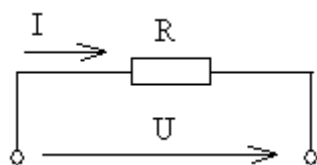


Рисунок 1.1 - Электрическая схема

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.

$$I = \frac{U}{R}; \quad \text{или } U = I \cdot R \quad \text{или } R = \frac{U}{I}$$

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:

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

Единица измерения мощности P - Вт (ватт).

Первый закон Кирхгофа

На рис. 1.2 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. 1.2 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.

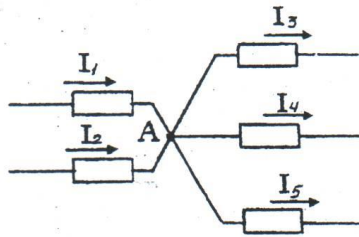


Рисунок 1.2 - Электрическая схема

Для узла А можно написать:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5; \quad \text{или} \quad I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0;$$

$$\text{или} \quad -I_1 - I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

а в общем виде $\sum I = 0$. т. е. алгебраическая сумма токов в узле равна нулю.

Последовательным соединением приемников электроэнергии (рис.1.3) называется соединение, при котором конец первого приемника соединен с началом второго, конец второго с началом третьего и т. д.

При размыкании цепи у одного из последовательно соединенных потребителей ток исчезает во всей цепи.

Законы последовательного соединения приемников:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

- сила тока на всех участках цепи одинаковая

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

- напряжение на зажимах источника равно сумме напряжений на ее отдельных резисторах

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

- эквивалентное (общее) сопротивление цепи равно сумме сопротивлений ее резисторов

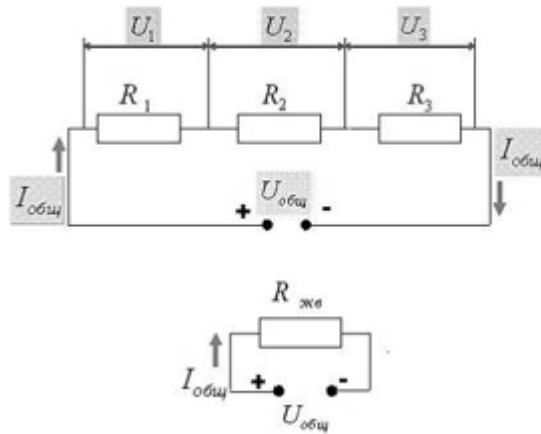


Рисунок 1.3 – Последовательное соединение приемников электроэнергии

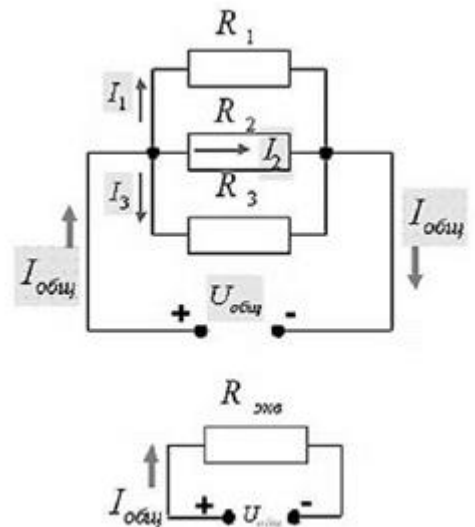
Параллельным соединением приемников (рис.1.4) электрической энергии называется соединение, при котором начала всех ветвей электрической цепи присоединяются к первому узлу, концы этих же ветвей присоединяются ко второму узлу.

Узел - точка, в котором сходится более двух проводников.

Ветвь - каждый из проводников, расположенный между двумя узлами.

Разветвление - все вместе параллельно соединенные проводники

Рисунок 1.4 – Параллельное соединение приемников электроэнергии



Законы параллельного соединения приемников

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

- напряжение на зажимах источника и напряжения на ее отдельных резисторах одинаково

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме токов в разветвлении

$$G_{\text{ЭКВ}} = G_1 + G_2 + G_3$$

- эквивалентная (общая) проводимость цепи равна сумме проводимостей отдельных ветвей, составляющих цепь

$$\frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{1,2,3} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

Так как напряжение между узлами постоянно, то токи в ветвях не зависят друг от друга. Поэтому *при отключении одной из ветвей все остальные ветви будут продолжать работать.*

Чем больше ветвей в параллельном соединении, тем меньше общее сопротивление всей цепи.

При параллельном соединении резисторов их общее сопротивление будет меньше наименьшего из сопротивлений.

Пример

На рисунке 1.5 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 приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1- Исходные данные

U, В	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом
260	20	30	200	50

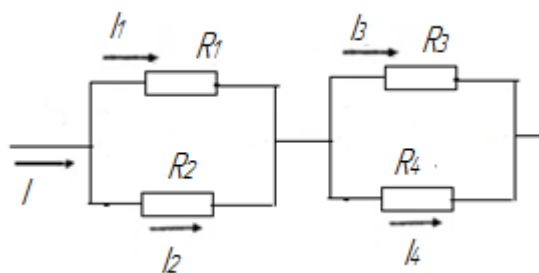


Рисунок 1.5 - Электрическая схема

Решение

1. Резисторы R_1 и R_2 , а также R_3 и R_4 соединены параллельно, поэтому общее сопротивление каждого разветвления:

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \text{ Ом}$$

$$R_{3,4} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{200 \cdot 50}{200 + 50} = 40 \text{ Ом}$$

Теперь схема принимает вид, показанный на рисунке 1.6.

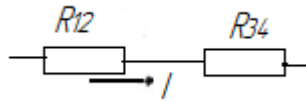


Рисунок 1.6 - Электрическая схема

3. На этой схеме резисторы R_{12} и R_{34} соединены друг с другом последовательно, их общее сопротивление

$$R_{\text{экв}} = R_{12} + R_{34} = 12 + 40 = 52 \text{ Ом}$$

Теперь схема цепи примет вид, приведенный на рисунке 1.7.

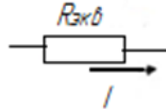


Рисунок 1.7 - Электрическая схема

4. Для схемы, изображенной на рисунке 1.7 нетрудно найти ток, потребляемый цепью, который одновременно является током неразветвленной части цепи. На основании закона Ома

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{260}{52} = 5 \text{ А}$$

5. Переходя от схемы к схеме в обратном порядке, найдем остальные токи. Резисторы R_{12} и R_{34} включены последовательно. На основании первого свойства этого вида соединения следует, что

$$I_{1,2} = I_{3,4} = I = 5 \text{ А}$$

Применяя закон Ома, находим напряжения на данных элементах цепи:

$$U_{1,2} = I_{1,2} \cdot R_{1,2} = 5 \cdot 12 = 60 \text{ В} \quad U_{3,4} = I_{3,4} \cdot R_{3,4} = 5 \cdot 40 = 200 \text{ В}$$

Так как схема, изображенная на рисунке 1.5, представляет параллельное соединение резисторов R_1 и R_2 , а также R_3 и R_4 , то на основании первого свойства этого вида соединения следует, что

$$U_1 = U_2 = U_{1,2} = 60 \text{ В} \quad \text{и} \quad U_3 = U_4 = U_{3,4} = 200 \text{ В}$$

Используя закон Ома, найдем токи на участках

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{60}{20} = 3 \text{ А} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{60}{30} = 2 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{200}{200} = 1 \text{ А} \quad I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{200}{50} = 4 \text{ А}$$

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

$$U = U_1 + U_3 = 60 + 200 = 260 \text{ В},$$

что соответствует заданному напряжению.

$$6 \text{ Мощность, потребляемая цепью } P = U \cdot I = 260 \cdot 5 = 1300 \text{ Вт}$$

Мощности, потребляемые каждым резистором:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 60 \cdot 3 = 180 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 60 \cdot 2 = 120 \text{ Вт}$$

$$P_3 = U_3 \cdot I_3 = 200 \cdot 1 = 200 \text{ Вт}$$

$$P_4 = U_4 \cdot I_4 = 200 \cdot 4 = 800 \text{ Вт}$$

7. Проверим решение задачи на основании баланса мощностей, а это значит, что:

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

$$1300 = 180 + 120 + 200 + 800$$

$$1300 \text{ Вт} = 1300 \text{ Вт}$$

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

Задача для индивидуального решения

На рисунке 1.5 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 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Исходные данные

Известная величина	Вариант									
	1; 11; 21	2; 12; 22	3; 13; 23	4; 14; 24	5; 15; 25	6; 16;	7; 17;	8; 18;	9; 19;	10; 20
U, В	120	125	150	160	180	200	225	240	270	200
R_1 , Ом	8	28	6	24	25	16	34	16	10	16
R_2 , Ом	20	60	110	140	120	25	28	100	40	25
R_3 , Ом	16	120	100	60	180	35	20	140	20	35
R_4 , Ом	18	120	15	50	60	40	24	60	30	40

Содержание отчета

1. Наименование, номер, тема и цель работы.
2. Исходные данные.

3. Формулы, необходимые для расчета.
4. Решение задачи
5. Ответ
6. Вывод по работе.

Критерии оценивания практической работы № 1

Практическая работа составлена в 20 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1,5 академических часа.

Таблица № 1.3 - Критерии оценивания практической работы № 1

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Записал наименование, номер, тему и цель работы	2
Вычертил схему для решения задачи и показал на ней заданные и искомые величины, а также направление токов	2
Записал кратко условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	2
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:	29

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	27 - 29	5	отлично
80 ÷ 89,9	24 – 26,9	4	хорошо
60 ÷ 79,9	18 – 23,9	3	удовлетворительно
менее 60	менее 18	2	не удовлетворительно

Практическое занятие №2

Тема: Расчет цепей однофазного переменного тока

Цель: научиться читать электрические схемы; научиться рассчитывать параметры электрической цепи однофазного переменного тока, строить топографической диаграммы

Краткие теоретические сведения

В однофазных электрических цепях переменного синусоидального тока, 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, U_L -опережает по фазе ток на 90° , U_C - отстает от тока на 90° .

Результирующее напряжение U представляет геометрическую сумму напряжений U_R ; U_L и U_C . На рисунке 2.1 представлена векторная диаграмма этих напряжений.

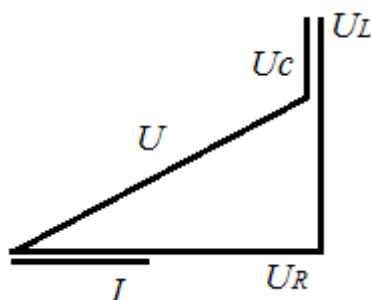


Рисунок 2.1 - Векторная диаграмма

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:

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

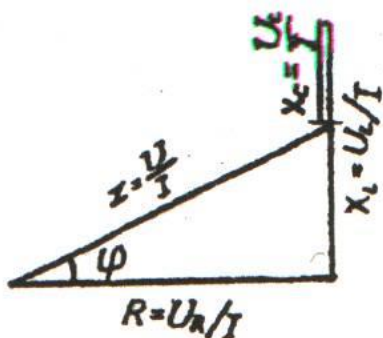


Рисунок 2.2 - Диаграмма сопротивлений

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме (рис. 2.1) разделить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником сопротивлений (рис 2.2) т.к.

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

Из треугольника сопротивлений следует, что $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме (рис. 2.1) умножить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником мощностей (рис 5.3), т. к. $P = U_R \cdot I$; $Q_L = U_L \cdot I$; $Q_C = U_C \cdot I$

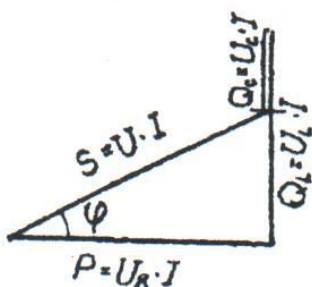


Рисунок 2.3 - Диаграмма мощностей

Из треугольника мощностей следует, что $S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$

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

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

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

Из треугольника мощностей (рис 5.3) так же следует, что

$$P = S \cdot \cos\varphi \quad \text{или} \quad P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$Q = S \cdot \sin\varphi \quad \text{или} \quad Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

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

Анализируя векторную диаграмму напряжений (рис. 2.1), треугольник сопротивлений (рис. 2.2), треугольник мощностей (рис. 2.3), 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.

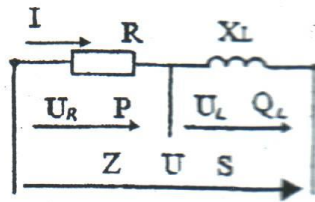


Рисунок 2.4 - Электрическая схема

На рисунке 2.4 изображена цепь с последовательным соединением R и X_L , элемент X_C отсутствует, поэтому

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}; \quad Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}; \quad S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}; \quad Q = Q_L$$

$$\sin\varphi = \frac{U_L}{U}; \quad \sin\varphi = \frac{X_L}{Z}; \quad \sin\varphi = \frac{Q_L}{S};$$

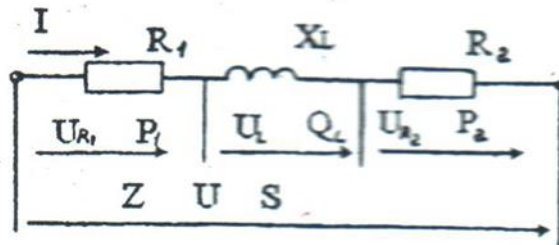


Рисунок 2.5 - Электрическая схема

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

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

Векторная диаграмма, треугольник сопротивлений и треугольник мощностей будут иметь вид, изображенный на рисунке 2.6

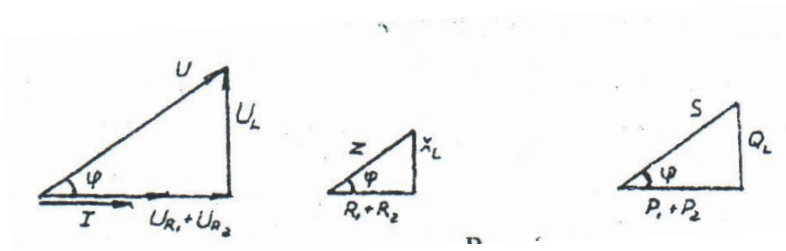


Рисунок 2.6 - Векторная диаграмма, треугольник сопротивлений и треугольник мощностей

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

Пример

На рисунке 2.7 в однофазную электрическую цепь переменного синусоидального тока напряжением $U=50$ В включены активные $R_1=9$ Ом и $R_2=11$ Ом и реактивные элементы, обладающие сопротивлениями $X_L = 12$ Ом, $X_C=27$ Ом.

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.

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

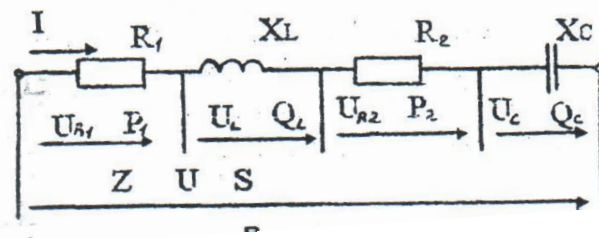


Рисунок 2.7 - Электрическая схема

Решение

1. Определяем полное сопротивление цепи

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

2. Определяем ток цепи $I = \frac{U}{Z} = \frac{50}{25} = 2 \text{ A}$

3. Определяем падение напряжения:

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

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

- на индуктивном сопротивлении $U_L = I \cdot X_L = 2 \cdot 12 = 24 \text{ В}$

- на емкостном сопротивлении $U_C = I \cdot X_C = 2 \cdot 27 = 54 \text{ В}$

Проверка:

$$U = \sqrt{(U_{R1} + U_{R2})^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(18 + 22)^2 + (24 - 54)^2} = 50 \text{ В}$$

4. Определяем угол сдвига фаз между напряжением и током

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

$$\varphi = \arcsin(-0,6) = -36,9^\circ$$

5. Определяем активную мощность цепи

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

1. Определяем реактивную мощность цепи

2.

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

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

$$\text{Проверка } S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{80^2 + (-60)^2} = 100 \text{ ВА}$$

8. Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаем масштаб по току и по напряжению $m_I = 2 \text{ А/см}$; $m_U = 10 \text{ В/см}$

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. 2.8).

Порядок построения

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

$$l_I = \frac{I}{m_I} = \frac{2}{2} = 1 \text{ см}$$

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

$$l_{U_{R1}} = \frac{U_{R1}}{m_U} = \frac{18}{10} = 1,8 \text{ см}$$

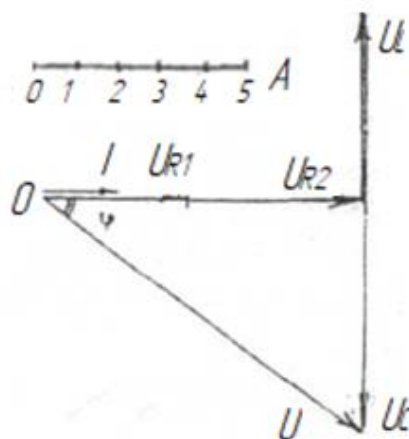


Рисунок 2.8 - Векторная диаграмма

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

$$l_{U_{R2}} = \frac{U_{R2}}{m_U} = \frac{22}{10} = 2,2 \text{ см}$$

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

$$l_{U_L} = \frac{U_L}{m_U} = \frac{24}{10} = 2,4 \text{ см}$$

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

$$l_{U_C} = \frac{U_C}{m_U} = \frac{54}{10} = 5,4 \text{ см}$$

Геометрическая сумма векторов U_{R1} , U_{R2} , U_L и U_C должна быть равна полному напряжению U , приложенному к зажимам цепи, т.е.

$$\vec{U} = \vec{U}_{R1} + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

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.

Задача для индивидуального решения

Перед решением задачи изучите методические указания к решению задачи и пример

На рисунке 2.9 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 2.1.

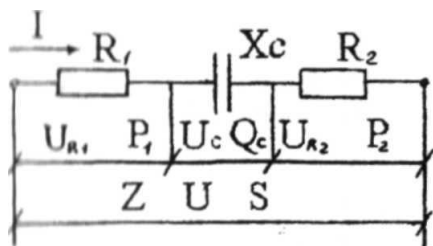


Рисунок 2.9 – Электрическая схема

Таблица 521 - Исходные данные к задаче

Известная величина	Вариант									
	1;11; 21	2;12; 22	3;13; 23	4;14; 24	5;15; 25	6;16;	7;17;	8;18;	9;19;	10;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

Содержание отчета

1. Наименование, тема и цель работы.
2. Пример решения задачи
3. Исходные данные.
3. Формулы, необходимые для расчета.
4. Решение задачи.
5. Вывод по работе.

Методические указания к решению индивидуального задания

1 Определить напряжение цепи на конденсаторе

$$U_C = \sqrt{U^2 - (U_{R1} + U_{R2})^2}$$

2 Определить ток в цепи определяем по закону Ома

$$I = \frac{U_C}{X_C}$$

3 Определить активные сопротивления цепи по закону Ома

$$R = \frac{U_R}{I}$$

4 Определить полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + X_C^2}$$

5 Определить угол сдвига фаз между напряжением и током (по величине и знаку)

$$\cos\varphi = \frac{\sum R}{Z}; \quad \sin\varphi = \frac{-X_C}{Z}$$

6 Определить активные и реактивные мощности элементов

$$P = I^2 \cdot R$$

$$Q = I^2 \cdot (-X_C)$$

7 Определить полную мощность цепи

$$S = U \cdot I$$

8 Выполнить проверку

$$S = I^2 \cdot Z; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

9 Для построения векторной диаграммы напряжений необходимо задаться масштабами m_i и m_u .

10 Измерить вектор суммарного напряжения $l_U = \dots \text{см}$, тогда $U = l_U \cdot m_U = \dots \text{В}$ и убедиться в том, что с учетом масштаба его величина равна напряжению, подведенному к зажимам цепи.

Критерии оценивания практической работы № 2

Практическая работа составлена в 10 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1,5 академических часа.

Таблица 2.2 - Критерии оценивания практической работы №2

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Записал наименование, номер, тему и цель работы	2
Записал пример решения задачи, с указанием цели каждого этапа решения и единиц измерения физических величин, построенной векторной диаграммой	2
Записал кратко условие задачи для самостоятельного решения, с указанием единиц измерения физических величин	2

Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Указана цель каждого этапа решения задания	8
Рассчитал 8 неизвестных параметров заданной электрической схемы	16
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:	44

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	40 - 44	5	отлично
80 ÷ 89,9	36 – 39,9	4	хорошо
60 ÷ 79,9	27 – 35,9	3	удовлетворительно
менее 70	менее 27	2	не удовлетворительно

Практическое занятие №3

Тема: Расчет трехфазной цепи

Цель: научиться читать электрические схемы, освоить методику расчета трехфазной цепи при соединении «треугольником»

Краткие теоретические сведения

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

В трехпроводную сеть трехфазного тока (рис. 3.1) с линейным напряжением $U_l = 220\text{В}$, включены по схеме "треугольник" три группы ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно. В среднем сопротивление одной лампы составляет $R_{\text{лампы}} = 242\text{ Ом}$. Число ламп в каждой фазе (группе) $n_{AB}=11$ шт, $n_{BC}=22$ шт, $n_{CA}=33$ шт. Определить ток $I_{\text{лампы}}$; напряжение $U_{\text{лампы}}$; 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.

Решение

1. По условию задачи $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 220\text{ В}$. При соединении "треугольником" линейное напряжение равно фазному, поэтому $U_l = U_{\phi}$.

2. Все лампы цепи включены на фазное напряжение, поэтому

$$U_l = U_{\phi} = 220\text{В}$$

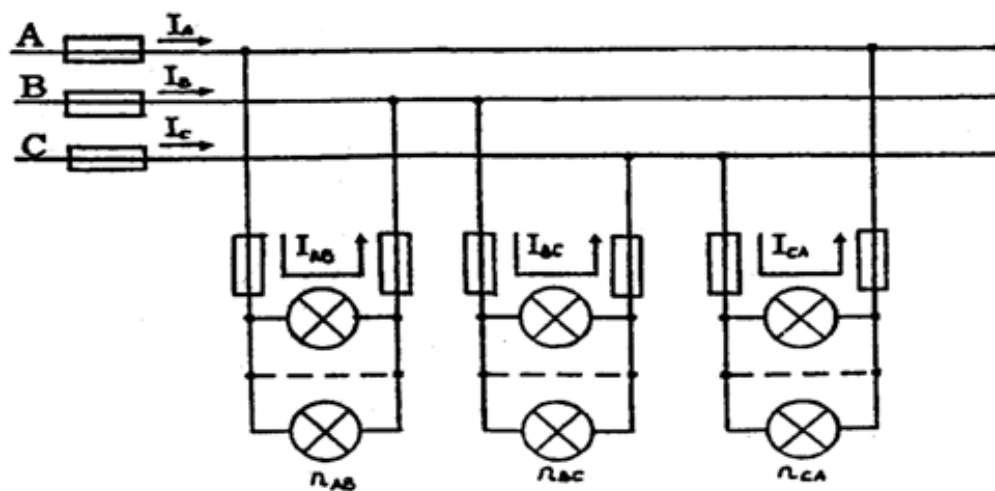


Рисунок 3.1 –Электрическая схема

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

4. Фазные токи

$$I_{\text{AB}} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{\text{AB}} = 0,909 \cdot 11 = 10 \text{ A}$$

$$I_{\text{BC}} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{\text{BC}} = 0,909 \cdot 22 = 20 \text{ A}$$

$$I_{\text{AC}} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{\text{AC}} = 0,909 \cdot 33 = 30 \text{ A}$$

5. Мощность лампы

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

Мощность лампы можно также найти по формулам

$$P_{\text{лампы}} = \frac{U_{\text{лампы}}^2}{R_{\text{лампы}}} \text{ или } P_{\text{лампы}} = I_{\text{лампы}}^2 \cdot R_{\text{лампы}}$$

1. Мощности, потребляемые фазами (они активные).

$$P_{\text{AB}} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{\text{AB}} = 200 \cdot 11 = 2200 \text{ Вт}$$

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

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

Другие способы определения мощностей

$$P_{\phi} = \frac{U_{\phi}^2}{R_{\phi}}; \quad P_{\phi} = I_{\phi}^2 \cdot R_{\phi}; \quad P_{\phi} = U_{\phi} \cdot I_{\phi}$$

7. Мощность, потребляемая цепью,

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

9. Векторная диаграмма напряжений и токов (рис. 3.2).

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° (рисунок 3.2)

В выбранном масштабе их длина будет

$$\ell_{U_\phi} = \frac{U_\phi}{M_U} = \frac{220}{44} = 5 \text{ см}$$

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:

$$\ell_{I_{AB}} = \frac{I_{AB}}{M_I} = \frac{10}{10} = 1 \text{ см}; \quad \ell_{I_{BC}} = \frac{I_{BC}}{M_I} = \frac{20}{10} = 2 \text{ см}; \quad \ell_{I_{AC}} = \frac{I_{AC}}{M_I} = \frac{30}{10} = 3 \text{ см}$$

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

$$I_A = M_I \cdot l_{I_A} = 10 \cdot 3,6 = 36 \text{ А}$$

$$I_B = M_I \cdot l_{I_B} = 10 \cdot 2,6 = 26 \text{ А}$$

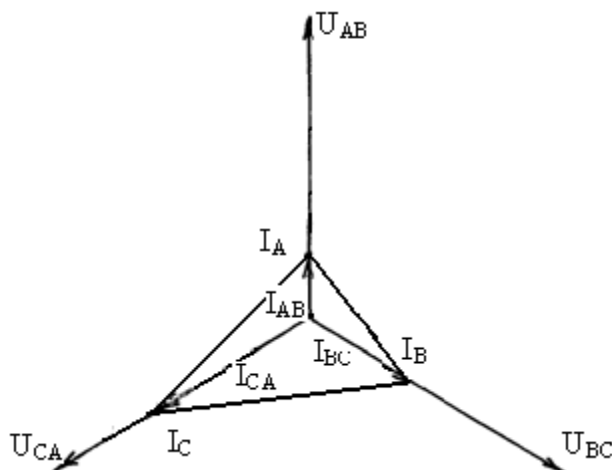


Рисунок 3.2 – Векторная диаграмма

$$I_C = M_I \cdot l_{I_C} = 10 \cdot 4,4 = 44 \text{ А}$$

Задача для индивидуального решения

Перед решением задачи изучите методические указания к решению задачи и пример.

В трехпроводную сеть трехфазного тока (рисунок 3.1), включены по схеме "треугольник" три группы электрических ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой фазе (группе) лампы соединены параллельно.

Известны:

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

Определить:

- $P_{\text{лампы}}$ - 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 или 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 3.1

Таблица 3.1 - Исходные данные к задаче

Известная величина	Последняя цифра порядкового номера в журнале									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{В}$	127	220	127	220	127	220	127	220	127	220
$I_{\text{лампы}}, \text{А}$	0,472	0,909	0,591	0,455	0,118	0,341	0,315	0,1136	0,787	0,682
$n_{AB}, \text{шт.}$	19	33	56	77	170	47	127	44	14	88
$n_{BC}, \text{шт.}$	74	66	22	33	85	12	108	176	14	44
$n_{CA}, \text{шт.}$	36	33	56	33	254	47	86	44	56	132
$M_U, \text{В/см}$	25,4	44	25,4	55	25,4	44	25,4	44	25,4	55
$M_I, \text{А/см}$	10	15	10	10	10	4	10	5	11	30

Методические указания к решению задачи

1 Все лампы цепи включены на фазное напряжение, поэтому

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$$

2 Определяем мощность одной лампы

$$P_{\text{ф}} = U_{\text{ф}} \cdot I_{\text{ф}}$$

3 Определяем токи, потребляемые каждой группой ламп

$$I_{AB} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{AB}; \quad I_{BC} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{BC}; \quad I_{AC} = I_{\text{лампы}} \cdot n_{AC}$$

4 Определяем мощности, потребляемые каждой фазой

$$P_{AB} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{AB}; \quad P_{BC} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{BC}; \quad P_{AC} = P_{\text{лампы}} \cdot n_{AC}$$

5 Определяем мощность, потребляемую цепью

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$$

6 Строим векторную диаграмму напряжений и токов используя порядок построения векторной диаграммы по примеру, определяя длины векторов в заданных масштабах

Содержание отчета

1. Наименование, номер, тема и цель работы
2. Краткое условие, схема исследования
3. Решение задачи с обозначением цели каждого этапа
4. Построенная в масштабе векторная диаграмма напряжений и токов.
5. Вывод по работе

Критерии оценивания практической работы № 3

Практическая работа составлена в 10 вариантах и ее выполнение обучающимися рассчитано на 1 учебный час.

Таблица 3.2 - Критерии оценивания практической работы № 3

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Записал наименование, номер, тему и цель урока	2
Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Записал пример решения	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:	44

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	40 - 44	5	отлично
80 ÷ 89,9	36 – 39,9	4	хорошо
60 ÷ 79,9	27 – 35,9	3	удовлетворительно
менее 60	менее 27	2	не удовлетворительно

Рекомендуемые источники информации

1. Основные источники:

1. Прошин В.М. Электротехника для неэлектротехнических профессий (4-е изд., испр.) учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / В.М. Прошин. – М.: Издательский центр «Академия», 2021.- 288с.

2. Фуфаева Л.И. Сборник практических задач по электротехнике: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.И. Фуфаева. - 8-е изд. испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2020. – 288с.

3. Ярочкина Г.В. Основы электротехники и электроники: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Г.В. Ярочкина. - 4-е изд. испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2020. – 224с.

Дополнительные источники:

1. Данилов И.А. Общая электротехника с основами электроники: учебн. пособие / И.А. Данилов, П.М. Иванов. - М.: Мастерство, 1998. - 752с.

2. Данилов И.А. Дидактический материал по общей электротехнике с основами электроники: учебн. пособие / И.А. Данилов, П.М. Иванов. - М.: Высшая школа, 1998. - 319с.

3.2.2 Электронные издания

1. ГОСТ Р 52002-2003 Электротехника. Термины и определения основных понятий URL: https://www.elec.ru/viewer?url=/library/gosts_e00/gost_r_52002-2003.pdf

2. ГОСТ 1494-77 (СТ СЭВ 3231-81) Электротехника. Буквенные обозначения основных величин (с Изменением N 1) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011324>

3. Электронный ресурс «Книги по электронике и электротехнике» URL: <https://obuchalka.org/knigi-po-elektronike-i-elektrotehnike/>

4. Каталог электронных мультимедийных учебных изданий URL: <https://academia-moscow.ru/catalogue/5405/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Министерство образования и молодежной политики
Свердловской области

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

ОТЧЕТНЫЕ РАБОТЫ

по практическим занятиям

ОП.02 Электротехника и электроника

по специальности

15.02.12 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования
(по отраслям)»

Выполнил: _____

Группа: _____

Проверил: _____

2023