

Министерство образования и науки Самарской области
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области
«Самарский металлургический колледж»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине:

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

программы подготовки специалистов среднего звена

по специальностям

15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования

22.02.05 Обработка металлов давлением

22.02.06 Сварочное производство

Самара

2016

Организация - разработчик: ГАПОУ «Самарский металлургический колледж»

Разработчик: Л.И.Хохлова, преподаватель электротехнических дисциплин,
высшей категории

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

2 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТ

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

5 СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Практическое занятие – это одна из форм систематических учебных занятий, предполагающая выполнение обучающимися по заданию и под руководством преподавателя практических работ.

Цель практических работ - формирование у обучающихся профессиональных знаний, а также практических умений, необходимых для изучения последующих учебных дисциплин.

На практических занятиях по электротехнике и электронике у обучающихся формируются умения решать задачи, которое в дальнейшем должно быть использовано для решения профессиональных задач по специальным дисциплинам. В ходе практических работ по электротехнике и электронике обучающиеся овладевают умениями рассчитывать электрические схемы, чертить векторные диаграммы по своим расчетам, анализировать расчеты и делать выводы по своей практической работе. Выполнение практических работ по электротехнике и электронике развивает у обучающихся интеллектуальные умения - аналитические, проектировочные, конструктивные решения. Поэтому перед ними ставится конкретная задача, которую необходимо решить в ходе выполнения практической работы.

При отборе содержания практических работ по электротехнике и электронике руководствуются перечнем профессиональных умений, которые должны быть сформированы у специалиста в процессе изучения данной дисциплины. Основой для определения полного перечня работ являются квалификационные требования к специалисту.

1.1 В результате выполнения практических работ обучающиеся должны:

уметь:

-подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками;

- правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов;
- рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
- снимать показания электроизмерительных приборов и приспособлений и пользоваться ими;
- собирать электрические схемы;
- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;

знать:

- классификацию электронных приборов, их устройство и область применения;
- методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
- основные законы электротехники;
- основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин;
- основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств;
- основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов;
- принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
- свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
- способы получения, передачи и использования электрической энергии;
- устройство, принцип действия и основные характеристики электротехнических приборов;
- характеристики и параметры электрических и магнитных полей

1.2 В рамках дисциплины Электротехника и электроника, предполагается выполнение следующих работ:

Практическая работа №1: ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Практическая работа №2: ПОТЕНЦИАЛ И НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Практическая работа №3: Расчет смешанного соединения конденсаторов

Практическая работа №4: СОПРОТИВЛЕНИЕ И ПРОВОДИМОСТЬ ПРОВОДНИКОВ

Практическая работа №5: ЗАКОН ОМА

Практическая работа №6: Расчет смешанного соединения резисторов

Практическая работа №7: ПРАВИЛА КИРХГОФА

Практическая работа №8: РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Практическая работа №9: Расчет неразветвленных электрических цепей переменного тока

Практическая работа №10: Расчет трехфазных цепей

1.3 Структура проведения практической работы:

- сообщение темы и цели практической работы;
- актуализация теоретических знаний, которые необходимы для выполнения решения практической работы;
- алгоритма проведения практической работы;
- инструктаж по технике безопасности (по необходимости);
- непосредственное проведение практической работы;
- обобщение и систематизация полученных результатов (в виде таблиц, графиков и т. д.);
- подведение итогов занятия.

2 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТ

2.1 Рекомендации по выполнению работ

При выполнении практических работ, деятельность обучающегося начинается с ознакомлением теоретического материала задания, а после тем заданием, которое перед ним поставлено. После ознакомлением с текстом задания, обучающийся приступает к его выполнению и по ходу выполнения оформляет его в тетрадь. Порядок выполнения частей работы указывается в каждом конкретном задании отдельно.

1. Обучаемый приходит на практическое занятие подготовленным к выполнению работы.
2. Каждый обучающийся после выполнения работы должен представить отчет о проделанной работе с анализом полученных результатов и выводом по работе.
3. Отчет о проделанной работе следует делать в тетради для практических работ.
4. В заголовках граф таблиц обязательно проводить буквенные обозначения величин и единицы измерения в соответствии с ЕСКД.
5. Расчет следует проводить с точностью до двух значащих цифр.
6. Исправления выполняются на обратной стороне отчета. При мелких исправлениях неправильное слово (буква, число и т.п.) аккуратно зачеркивают и над ним пишут правильное пропущенное слово (буква, число).
7. Вспомогательные расчеты можно выполнить на отдельных листах, а при необходимости на листах отчета.
8. Если обучаемый не выполнил практическую работу или часть работы, то он может выполнить работу или оставшуюся часть внеурочное время согласованное с преподавателем.
9. Оценку по практической работе обучающийся получает, с учетом срока выполнения работы, если:
 - расчеты выполнены правильно и в полном объеме;
 - сделан анализ проделанной работы и вывод по результатам работы;
 - обучающийся может пояснить выполнение любого этапа работы;
 - отчет выполнен в соответствии с требованиями к выполнению работы.

Зачет по практическим работам по электротехнике и электронике обучаемый получает при условии выполнения всех предусмотренных программой работ после сдачи отчетов по работам при удовлетворительных оценках за опросы и контрольные вопросы во время практических занятий.

2.2 Оформление практической работы

Оформление это важный этап выполнения практической работы, который позволяет структурировать материал, а также последовательно изложить ход рассуждений обучающегося в ходе работы над заданием.

Практические работы по дисциплине Основы электротехники предполагается оформлять согласно пунктам, предложенным в тексте задания. Каждую задачу предписано завершать ответом, позволяющим вкратце обобщить полученный расчетный материал, а также предложить свои рекомендации.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ

РАБОТ

Алгоритм решения задач

1. Прочитать условие задачи.
2. Записать в «Дано» все перечисленные в условии физические величины и константы.
3. Перевести единицы измерения в систему СИ.
4. Выяснить к какому разделу электротехники относится задача. При необходимости сделать рисунок, график. Выбрать и записать формулы и законы которые способствуют решению.
5. Преобразовать формулы и подставить в них цифровые значения из условия.
6. Математически рассчитать.
7. Произвести проверку. Сверить с ответами, оценить реальность полученных данных.
8. Записать выкладку единиц измерения.
9. Записать ответ.

Форма оформления решения задачи

Дано:

Решение:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Найти?

.....

Ответ: _____

4 Критерии оценки практической работы:

Оценивается отметкой «5», если:

- работа выполнена полностью;
- в логических рассуждениях нет пробелов и ошибок;
- в решении нет технических ошибок (возможны некоторые неточности, описки, которая не является следствием незнания или непонимания учебного материала).

Отметка «4» ставится в следующих случаях:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать рассуждения не являлось специальным объектом проверки);
- допущены одна ошибка, или есть два – три недочёта в термических терминах, чертежах (если эти виды работ не являлись специальным объектом проверки).

Отметка «3» ставится, если:

- допущено не более двух ошибок или более двух – трех недочетов в термических терминах, чертежах, но обучающийся обладает обязательными умениями по проверяемой теме.

Отметка «2» ставится, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не обладает обязательными умениями по данной теме в полной мере.

5 СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ 1.

1. Запишите формулу закона Кулона:

2. Что можно определить с помощью закона Кулона?

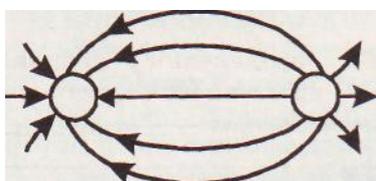
3. Что произойдет с силой взаимодействия между двумя зарядами, если их из воздуха перенести в воду?

4. Что произойдет с силой взаимодействия между двумя зарядами, если расстояние между ними увеличить в пять раз?

5. Величина одного заряда $2 \cdot 10^{-5}$ К, другого — $4 \cdot 10^{-4}$ К. Определите силу взаимодействия между ними, если они помещены в керосин ($\epsilon = 2$) на расстоянии 10 см.

6. Определите силу взаимодействия между двумя электрическими зарядами в $5 \cdot 10^{-4}$ К и $2 \cdot 10^{-5}$ К, находящимися в дистиллированной воде ($\epsilon = 81$) на расстоянии 5 см друг от друга.

7. Электрическое поле каких зарядов изображено



8. Выберите правильный ответ:

Два заряда на расстоянии 10 см друг от друга помещены в керосин ($\epsilon = 2$). Как изменится сила взаимодействия этих зарядов в вакууме? (Взаимное расположение зарядов сохраняется).

- а) увеличится в 2 раза;
- б) не изменится;
- г) уменьшится в 2 раза.

9. Расстояние между электрическими зарядами возросло в три раза. Как должны измениться величины зарядов q_1 и q_2 , чтобы сила взаимодействия между ними возросла в девять раз?

- а) увеличится в три раза;
- б) уменьшится в три раза;
- в) увеличится в девять раз.

10. Электрическое поле каких зарядов изображено



ПОТЕНЦИАЛ И НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ 2.

1. Сформулируйте определения потенциала электрического поля, напряжения и напряженности электрического поля:

Потенциал электрического поля — _____

Напряжение — _____

Напряженность электрического поля — _____

2. В каких единицах измеряется электрический потенциал?

3. Что называется электрической силовой линией?

4. Как определить работу по переносу заряда из одной точки электрического поля в другую?

5. Определите потенциал точки электрического поля, в которую из бесконечности внесен заряд $q = 3 \cdot 10^{-6}$ К, если при этом силами поля совершена работа $A = 6 \cdot 10^{-6}$ Дж.

6. Потенциал электрического поля в точке А составляет 60 В, а в точке Б — 76 В. Заряд в 6 К перенесен из точки А в точку Б. Какая при этом совершена работа?

7. Вычислите напряженность двух различных электрических полей, действующих на заряд $q = 0,004$ К с силой $F_1 = 0,08$ Н и $F_2 = 0,012$ Н.

8. Заряд величиной в 0,3К помещен в однородное электрическое поле, которое действует на него с силой в 4,5 Н. Какова напряженность однородного электрического поля?

9. Электрический заряд величиной $2 \cdot 10^{-6}$ находится в вакууме. Какова напряженность электрического поля на расстоянии 20 см от заряда?

10. На шелковых нитках висят два медных шара. Потенциал первого шара $\varphi_1 = 18$ В, потенциал второго шара $\varphi_2 = + 32$ В. Определите напряжение $U_{2,1}$ между вторым и первым шарами.

Практическая работа №3
«Расчет смешанного соединения конденсаторов»

Цель: закрепить знания методов расчета электрической емкости и зарядов конденсаторов при их смешанном соединении.

Теоретические сведения

Электрический конденсатор—это система из двух проводников (обкладок, пластин), разделенных диэлектриком.

Конденсаторы обладают свойством накапливать на своих обкладках электрические заряды, равные по величине и противоположные по знаку.

Электрический заряд q каждой из обкладок пропорционален напряжению U между ними:

$$q = C \cdot U$$

Величину C , равную отношению заряда одной из обкладок конденсатора к напряжению между ними, называют *электрической емкостью конденсатора* и выражают в фарадах (Ф).

Емкость конденсатора зависит от геометрических размеров, формы, взаимного расположения и расстояния между обкладками, а также от свойств диэлектрика.

Конденсаторы могут быть соединены последовательно, параллельно и смешанно (последовательно-параллельно).

1. От чего зависит емкость конденсатора?

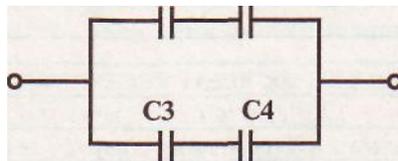
2. Как влияет диэлектрик на емкость конденсаторов?

3. В каком случае необходимо применять последовательное соединение конденсаторов?

4. Заполните таблицу:

0,0015 Ф	33 мкФ	0,047 мкФ	100 пФ	6,8 нФ	820 пФ
?мкФ	?Ф	?пФ	?мкФ	?пФ	?нФ

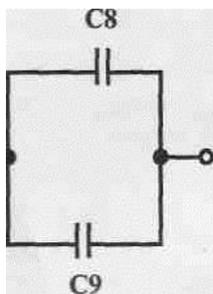
5. Определите общую емкость соединения конденсаторов, схема которых приведена, если все конденсаторы имеют емкость по 5 мкФ.



6. Конденсатор имеет две пластины. Площадь каждой пластины составляет 15 см^2 . Между пластинами помещен диэлектрик — слюда толщиной $0,02 \text{ см}$. Вычислите емкость этого конденсатора.

7. Величина заряда конденсатора $30 \cdot 10^{-4} \text{ К}$, а его емкость 4 мкФ . Определите напряжение между его обкладками.

8. Определите общую емкость конденсаторов, схема включения которых приведена, если все конденсаторы имеют емкость по 10 мкФ .



9. Определите какой заряд способны накопить конденсаторы, включенные по схеме, если $U = 350 \text{ В}$, а емкости всех конденсаторов равны между собой и

составляют 0,5 мкФ?

10. Определите какую энергию способны накопить конденсаторы электрической схемы

11. Как изменится емкость батареи конденсаторов, включенных по схеме, если один из них замкнуть накоротко?

12. Как изменится емкость батареи конденсаторов, включенных по схеме, если у конденсатора С1 уменьшить расстояние между пластинами вдвое, а у С3 увеличить это расстояние в то же число раз при условии, что все конденсаторы одинаковы?

СОПРОТИВЛЕНИЕ И ПРОВОДИМОСТЬ ПРОВОДНИКОВ №4.

1. От чего зависит сопротивление проводника?

2. Заполните таблицу:

10 МОм	470 Ом	0,33 МОм	47кОм	4700 Ом	1,5 кОм
?Ом	?кОм	?кОм	?МОм	?МОм	?Ом

3. Определите сопротивление 200 м железной проволоки сечением 5 мм².

4. Для радиоприемника необходимо намотать сопротивление в 30 Ом из никелиновой проволоки сечением $0,21 \text{ мм}^2$. Определите необходимую длину проволоки.

5. Определите сечение нихромовой проволоки длиной 20 м, если сопротивление ее равно 25 Ом.

6. Проволока сечением $0,5 \text{ мм}^2$ и длиной 40 м имеет сопротивление 16 Ом. Определите материал проводника.

7. В каких единицах в системе СИ измеряется электрическая проводимость?

8. Определите проводимость проводника, если его сопротивление 5 Ом?

Выберите правильный ответ:

9. Какой из проводов одинакового диаметра и длины сильнее нагревается — медный или стальной — при одной и той же силе тока?

а) медный;

б) стальной;

в) оба провода нагреваются одинаково.

10. Зависит ли сопротивление катушки, изготовленной из медного провода, от величины приложенного к ней напряжения?

11. Во сколько раз увеличится сопротивление линии, если медный провод заменить железным такой же длины и такого же поперечного сечения?

12. Длину и диаметр проводника увеличили в два раза. Как изменится его проводимость?

13. Как определить длину мотка медной проволоки, не разматывая его?

14. При температуре 0°C сопротивление медного провода 1,2 Ом. Определите сопротивление этого провода при 100°C .

15. Обмотка трансформатора, изготовленная из медного провода, в нерабочем состоянии при 15°C имела сопротивление $R_1 = 2 \text{ Ом}$. В ходе работы сопротивление ее стало равным $R_2 = 2,48 \text{ Ом}$. Определите температуру обмотки в рабочем состоянии, зная, что температурный коэффициент меди $0,004$.

ЗАКОН ОМА №5.

1. Запишите формулу закона Ома для участка цепи:

2. Зависимость между какими величинами устанавливается по закону Ома для участка цепи?

3. Заполните таблицу:

0,15 А	25 мА	140 мкА	0,02 А	1,7 А	420 мкА
?мА	? мкА	?А	?мА	? мкА	?мА

4. Заполните таблицу:

0,2 В	15 кВ	0,03 МВ	25 мВ	1200 мкВ	220 В
?мВ	?В	?кВ	?мкВ	?В	?кВ

5. Как изменится ток в цепи, если увеличится напряжение?

6. Электрическая лампочка включена в сеть напряжением 220 В. Какой ток будет проходить через лампочку, если сопротивление ее нити 240 Ом?

7. Электропаяльник, включенный в сеть с напряжением 220 В, потребляет ток 0,3 А. Определите сопротивление электропаяльника.
8. Из медной проволоки длиной 160 м и сечением 0,8 мм² изготовлена катушка. Определите падение напряжения на катушке при токе в 10 А.
9. Напишите формулу закона Ома для полной цепи:
10. Между какими величинами устанавливается зависимость по закону Ома для полной цепи?
11. Кислотный аккумулятор с эдс 2,5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом замкнут на потребитель с сопротивлением 2,6 Ом. Определите ток в цепи?
12. Аккумулятор с внутренним сопротивлением 0,4 Ом работает на лампочку с сопротивлением 12,5 Ом; при этом ток в цепи равен 0,26 А. Определите эдс аккумулятора и напряжение на зажимах лампочки.
13. Определите внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи, если ее эдс $E = 6$ В, $U = 5,6$ В, а сила тока в цепи 0,2 А.

Практическая работа №6 «Расчет смешанного соединения резисторов»

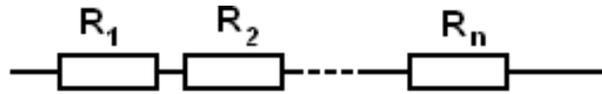
Цель: закрепить знания методов расчета эквивалентного сопротивления резисторов при их смешанном соединении.

Теоретические сведения

Отдельные проводники электрической цепи могут быть соединены между собой последовательно, параллельно и смешанно (последовательно-параллельно).

Последовательное соединение

Проводники соединены таким образом, что по ним проходит один и тот же ток.



Сила тока в цепи:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

Общее напряжение:

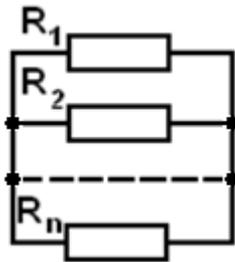
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Эквивалентное сопротивление:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Параллельное соединение

Два или более число проводников присоединены к двум узловым точкам.



Сила тока в цепи:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Общее напряжение:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Эквивалентное сопротивление:

$$R = \frac{U}{I} \text{ или } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

1. Вычислите эквивалентное сопротивление электрической цепи, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 5 \text{ Ом}$, $R_4 = R_5 = 10 \text{ Ом}$.

2. Вычислите эквивалентное сопротивление электрической цепи, если сопротивление каждого резистора равно по 10 Ом .

3. Восемь проводников сопротивлением 10 Ом каждый, соединены в четыре одинаковые параллельные группы. Определите эквивалентное сопротивление цепи и нарисуйте электрическую схему.

4. Разветвление из трех параллельно включенных сопротивлений в 3, 8 и 6 Ом включено последовательно с другим разветвлением, состоящим из четырех сопротивлений в 2, 7, 6 и 3 Ом. Определите эквивалентное сопротивление цепи и нарисуйте электрическую схему.

5. Железная проволока длиной 20 м, сечением $1,5 \text{ мм}^2$, алюминиевая проволока длиной 50 м, сечением 2 мм^2 , нихромовая проволока длиной 10 м, сечением $0,5 \text{ мм}^2$ включены последовательно в сеть. Определите эквивалентное сопротивление всех проволок.

6. Определите эквивалентное сопротивление электрических цепей, изображенных, если сопротивление каждого резистора равно R .

1. Сформулируйте правила Кирхгофа:

В любом узле электрической цепи _____

В любом замкнутом электрическом контуре _____

2. Сколько узлов, ветвей и контуров имеет электрическая цепь.

3. Напишите уравнение по 1-му правилу Кирхгофа для узла.

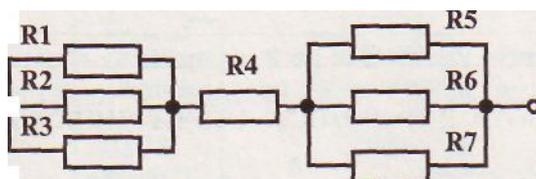
4. Нарисуйте электрический узел, для которого составлено уравнение по первому правилу Кирхгофа: $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$

5. Напишите уравнения по 2-му правилу Кирхгофа для контуров «а-б-д-е» и «б-в-г-д».

6. Определите ток в цепи, по следующим данным: эдс генератора 36 В, внутреннее сопротивление его 0,5 Ом, эдс батареи 30 В, внутреннее сопротивление ее 0,2 Ом; сопротивление потребителя $R_1 = 1,5$ Ом.

7. Схема электрической цепи. Величины сопротивлений $R_1 = 2$ Ом;

$R_2 = 6$ Ом; $R_3 = 18$ Ом; $R_4 = 10$ Ом; $R_5 = 3$ Ом; $R_6 = 9$ Ом; $R_7 = 27$ Ом. Определите общий ток до разветвления цепи и напряжение на сопротивление R_4 , если к зажимам всей цепи подведено напряжение 24 В.



8. Напряжение сети 12 В. Общий ток, потребляемый четырьмя параллельно включенными одинаковыми лампами, равен 6 А. Определите сопротивление каждой лампы.

9. Имеется разветвление, состоящее из четырех параллельно включенных сопротивлений в 10, 5, 3 и 8 Ом. Ток, протекающий к точке разветвления, равен 20 А. Определите ток, протекающий по каждой ветви.

10. Напряжение генератора 110 В. В сеть включены параллельно тридцать ламп по 200 Ом каждая. Определите эдс генератора, если его внутреннее сопротивление 0,5 Ом.

РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА №8.

1. Заполните таблицу:

55кВт	1500В	1,5 МВт	0,33 кВт	0,12 МВт	312 кВт
?Вт	?кВт	?кВт	?Вт	?кВт	?МВт

2. Определите мощность, потребляемую электрическим двигателем, если ток в цепи равен 6А, и двигатель включен в сеть напряжением 220 В.

3. На цоколе лампы накаливания написано: 200 Вт, 220 В. Определите сопротивление нити накаливания.

4. Электродвигатель, подключенный к сети 220 В, потребляет ток в 6 А. Какова мощность двигателя и какое количество энергии он потребляет за 8 часов работы?

5. В квартире имеется восемь ламп, шесть из них мощностью по 40 Вт горят в сутки по 6 часов, а две мощностью по 60 Вт горят 8 часов в сутки. Сколько нужно заплатить за горение всея ламп в течении месяца (30 дней) при тарифе 120 руб. за 1 кВт час?

Практическая работа №9

«Расчет неразветвленных электрических цепей переменного тока»

Цель: закрепить знания методов расчета параметров неразветвленных электрических цепей переменного тока.

Теоретические сведения

Реактивное сопротивление цепи равно разности индуктивных и емкостных сопротивлений:

$$X = X_L - X_C \quad (\text{брать все } X \text{ из схемы})$$

Формула для полного сопротивление цепи имеет вид:

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

Эту формулу нужно привести в соответствие со своей схемой, следуя указаниям:

- если одно из этих сопротивлений в схеме отсутствует, то брать его за ноль;
- если каких-то сопротивлений два, то при их подставке в формулу складывают; причем X_L всегда берут с «плюсом», а X_C - с «минусом».

Ток в цепи можно найти несколькими способами:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}; \quad I = \sqrt{\frac{Q}{X}}; \quad I = \sqrt{\frac{S}{Z}}; \quad I = \frac{U}{Z}; \quad I = \frac{U_R}{R}; \quad I = \frac{U_X}{X}$$

Напряжения в цепи также можно найти по нескольким формулам:

$$U_R = IR; \quad U_L = IX_L; \quad U_C = IX_C; \quad U = IZ$$

Коэффициент мощности равен отношению активного сопротивления к полному:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$\sin \varphi$ находят как отношение реактивного сопротивления к полному:

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z}$$

Формулы для мощности цепи имеют вид:

$$\begin{array}{l} \text{активная} \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \\ \text{реактивная} \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \\ \text{полная} \quad S = U \cdot I \end{array}$$

Для построения векторной диаграммы необходимо:

1. Составить уравнение $\vec{U} = \vec{U}_{\dots} + \vec{U}_{\dots} + \vec{U}_{\dots}$ (векторно сложить в порядке схемы соответствующие напряжения).
2. Выбрать масштаб, т.е. поделить все значения напряжений на одно число, чтобы результат деления было удобно строить в сантиметрах.

$$\begin{array}{l} U_{\dots} = \dots \text{ В} \\ U_{\dots} = \dots \text{ В} \\ U_{\dots} = \dots \text{ В} \\ I_{\dots} = \dots \text{ А} \end{array} \left| \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right.$$

3. После этого построить векторную диаграмму по масштабу и в соответствии с уравнением.

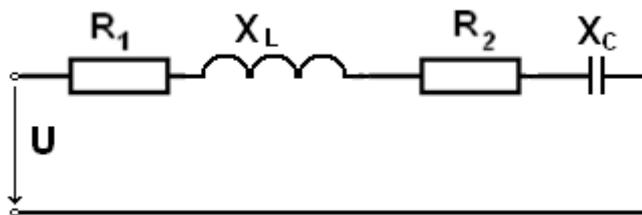
ПРИМЕЧАНИЕ:

- a) первым всегда строят ток I ;
- b) вектор U_R всегда идет параллельно току;
- c) вектор U_L перпендикулярно току вверх;
- d) U_C перпендикулярно току вниз;
- e) итоговый вектор U соединяет начало первого вектора с концом последнего.

Проверка: длина вектора U в сантиметрах, измеренная по линейке, должна совпадать с расчетной величиной.

Задание

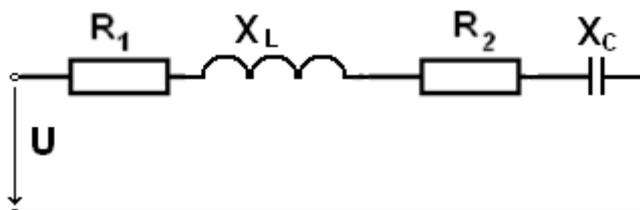
Неразветвленная цепь переменного тока содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице. Кроме того, известна одна из дополнительных величин. Определить следующие величины, если они не заданы в таблице вариантов: полное сопротивление цепи; напряжение, приложенное к цепи; силу тока в цепи; активную, реактивную и полную мощности; $\cos \varphi$; $\sin \varphi$.



Вариант	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	Дополнительная величина
1	8	4	18	2	$I = 10\text{ А}$
2	10	20	50	10	$P = 120\text{ Вт}$
3	3	1	5	2	$P_2 = 100\text{ Вт}$
4	12	20	30	6	$U_1 = 72\text{ В } I = 1\text{ А}$
5	4	8	18	2	$U = 40\text{ В}$
6	2	1	4	8	$Q_1 = -96\text{ вар}$
7	1	3	2	5	$Q_{C1} = -125\text{ вар}$
8	1	2	8	4	$S = 80\text{ В}\cdot\text{А}$
9	20	10	10	50	$Q = -640\text{ вар}$
10	8	4	6	22	$P_1 = 32\text{ Вт}$

Порядок выполнения расчета

1. Начертить исходную схему.



Вариант	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	X _L , Ом	X _C , Ом	Дополнительная величина
1	2	6	12	6	Q = 150 вар

2. Найти реактивное сопротивление:

$$X = X_L - X_C = 12 - 6 = 6 \text{ Ом}$$

3. Найти полное сопротивление цепи:

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \\ &= \sqrt{(2 + 6)^2 + (12 - 6)^2} = 10 \text{ Ом} \end{aligned}$$

4. Найти ток:

$$I = \sqrt{\frac{Q}{X}} = \sqrt{\frac{150}{6}} = 5 \text{ А}$$

5. Найти напряжения:

$$\begin{aligned} U_{R1} &= IR_1 = 5 \cdot 2 = 10 \text{ В} & U_{R2} &= IR_2 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В} \\ U_L &= IX_L = 5 \cdot 12 = 60 \text{ В} & U_C &= IX_C = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В} \\ U &= IZ = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В} \end{aligned}$$

6. Найти cosφ и sinφ:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R_1 + R_2}{Z} = \frac{2 + 6}{10} = 0,8 \quad \sin \varphi = \frac{X}{Z} = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{12 - 6}{10} = 0,6$$

7. Найти мощности:

активная

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0,8 = 200 \text{ Вт}$$

реактивная

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0,6 = 150 \text{ вар}$$

полная

$$S = U \cdot I = 50 \cdot 5 = 250 \text{ В} \cdot \text{А}$$

8. Построить векторную диаграмму:

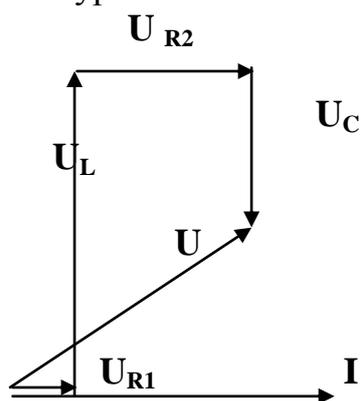
а) Векторно сложить соответствующие напряжения в порядке схемы

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

б) Выбрать масштаб, т.е. поделить все значения напряжений на одно число, чтобы результат деления было удобно строить в сантиметрах.

$U_{R1} = 10 \text{ В}$		1 см
$U_L = 60 \text{ В}$		6 см
$U_{R2} = 30 \text{ В}$: 10	3 см
$U_C = 30 \text{ В}$		3 см
$U = 50 \text{ В}$		5 см
<hr/>		
$I = 5 \text{ А}$: 1	5 см

с) Построить векторную диаграмму по масштабу и в соответствии с уравнением.



Описание:

1. Первым строят ток I , горизонтально, длиной 5 см;
2. Вектор U_{R1} идет параллельно току, длиной 1 см;
3. Вектор U_L перпендикулярно току вверх, от конца вектора U_{R1} , длиной 6 см;
4. Вектор U_{R2} идет параллельно току, от конца вектора U_L , длиной 3 см;
5. U_C перпендикулярно току вниз, от конца вектора U_{R2} , длиной 3 см;
6. Итоговый вектор U соединяет начало первого вектора U_{R1} с концом последнего U_C .

Проверка: длина вектора U в сантиметрах, измеренная по линейке, равна 5 см, что совпадает с расчетной величиной.

Практическая работа №10 «Расчет трехфазных цепей»

Цель: закрепить знания методов расчета параметров трехфазных цепей переменного тока.

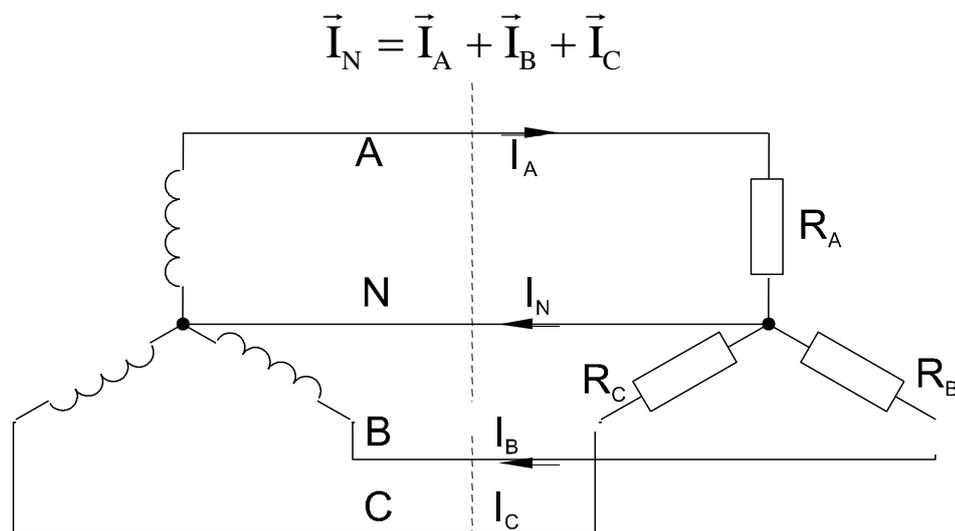
Теоретические сведения

Электрические цепи, которые состоят из совокупности переменных ЭДС одной частоты и сдвинутых по фазе друг относительно друга на треть периода называют трехфазной системой переменного тока. Однофазная цепь, входящая в систему данной многофазной цепи называется *фазой*.

В трехфазных системах обмотки генератора и электроприемника соединяют по схемам «звезда» или «треугольник». Если нагрузки (приемники) соединены в трехфазную цепь по схеме «звезда», то к сопротивлениям нагрузки приложены фазные напряжения. Линейные токи равны фазным и определяются по закону Ома:

$$I_A = \frac{U_A}{R_A}; \quad I_B = \frac{U_B}{R_B}; \quad I_C = \frac{U_C}{R_C},$$

а ток в нейтрали равен векторной сумме этих токов:

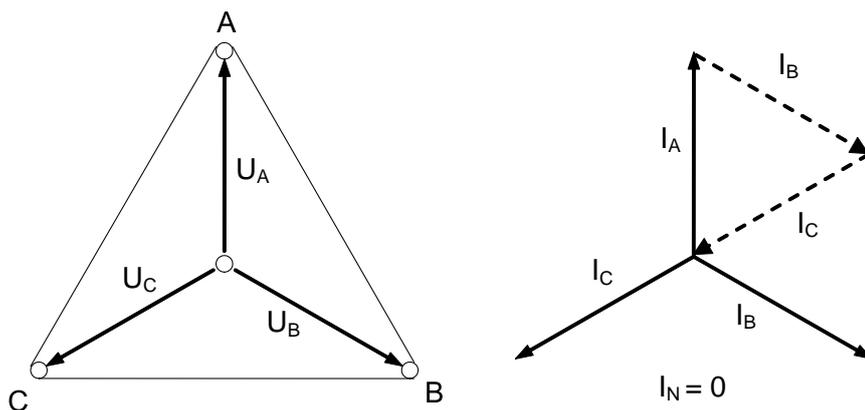


При симметричных напряжениях U_A, U_B, U_C и одинаковых сопротивлениях $R_A = R_B = R_C = R$ токи I_A, I_B, I_C также симметричны и их векторная сумма (I_N) равна нулю. Тогда

$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R}; \quad I_N = 0$$

а напряжение
$$U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$$

Векторные диаграммы имеют вид:



Мощность трёхфазной нагрузки складывается из мощностей фаз:

$$\sum P = P_A + P_B + P_C$$

Когда нагрузка симметричная и чисто резистивная, имеем

$$\sum P = P_A + P_B + P_C = 3P_\phi = 3U_\phi \cdot I_\phi$$

При смешанной (активно-индуктивной или активно-емкостной) нагрузке:
активная мощность

$$\sum P = 3U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos\phi = \sqrt{3}U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \cos\phi$$

реактивная мощность

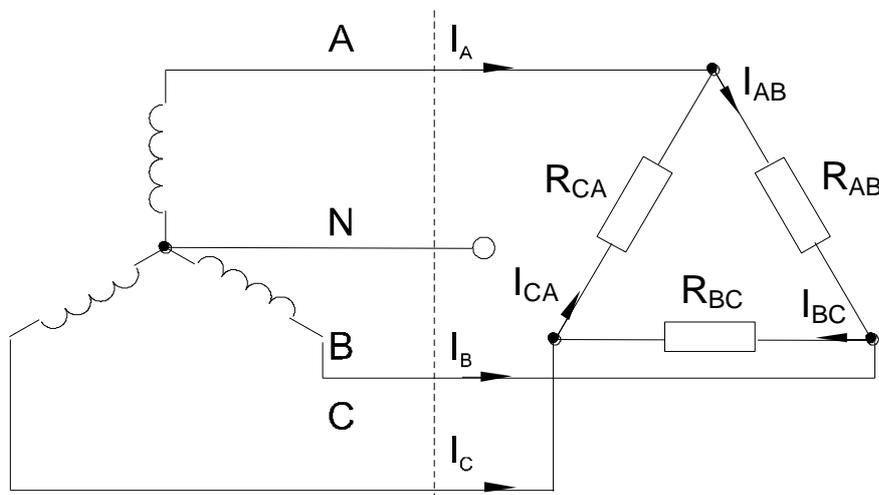
$$\sum Q = 3U_\phi \cdot I_\phi \cdot \sin\phi = \sqrt{3}U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \sin\phi$$

полная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_\phi \cdot I_\phi = \sqrt{3}U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}}$$

Если нагрузки (приемники) соединены в трехфазную цепь по схеме «треугольник», нагрузка R_{AB} , R_{BC} и R_{CA} каждой фазы включается на полное линейное напряжение, которое равно фазному:

$$U_{\text{л}} = U_\phi$$



Фазные токи I_{AB} , I_{BC} и I_{CA} определяются по закону Ома:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}; \quad I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_{BC}}; \quad I_{CA} = \frac{U_{CA}}{R_{CA}},$$

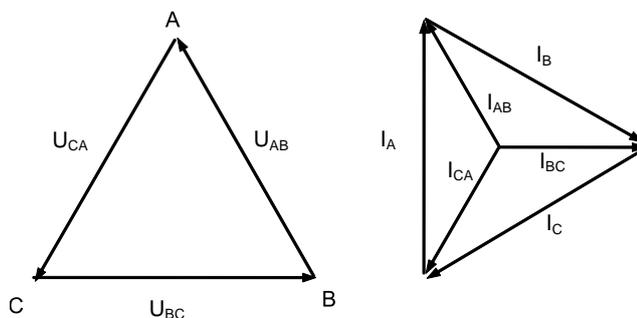
Линейные токи определяются по первому закону Кирхгофа:

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

При симметричных напряжениях U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и одинаковых нагрузках фаз $R_{AB} = R_{BC} = R_{CA} = R$ токи также симметричны:

$$I_{л} = \sqrt{3}I_{\phi} = \sqrt{3} \frac{U_{\phi}}{R}$$

Векторные диаграммы имеют вид:



Мощность, потребляемая трехфазной нагрузкой при ее соединении в «треугольник», складывается из мощностей фаз

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

При симметричной или чисто активной нагрузке

$$\sum P = 3P_{\phi} = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi}$$

При смешанной (активно-индуктивной или активно-емкостной) нагрузке:
активная мощность

$$\sum P = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos\phi = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos\phi$$

реактивная мощность

$$\sum Q = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin\phi = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л} \cdot \sin\phi$$

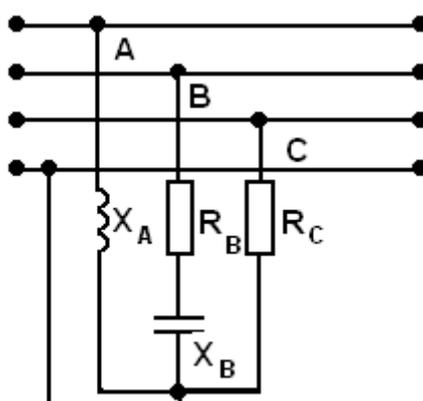
полная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л}$$

Задание

1. В трехфазную четырех проводную сеть включили звездой несимметричную нагрузку: в фазу А – индуктивный элемент с индуктивностью L_A , в фазу В – резистор с сопротивлением R_B , и емкостный элемент с емкостью C_B , в фазу С – резистор с сопротивлением R_C . Линейное напряжением сети $U_{НОМ}$. Определить фазные токи I_A, I_B, I_C , активную мощность цепи P , реактивную мощность Q и полную мощность S .

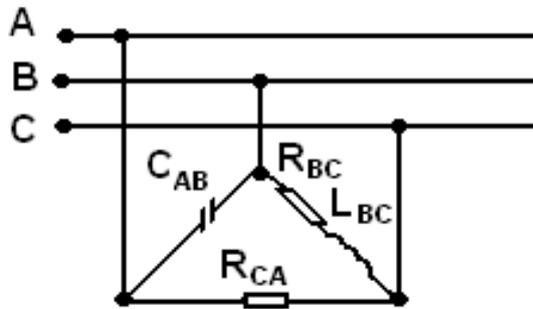
Вариант	R_B , Ом	R_C , Ом	L_A , мГн	C_B , мкФ	U_H , В	f , Гц
1	25	5	10	100	380	50
2	5	10	20	200	220	50
3	10	15	15	300	380	50
4	15	20	25	400	220	50
5	20	25	12	500	380	50
6	25	5	24	600	220	50
7	5	10	22	700	380	50
8	10	15	14	800	220	50
9	15	20	18	900	380	50
10	20	25	30	100	220	50



2. В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку. В фазу АВ – емкостный элемент C_{AB} , в фазу ВС – индуктивный элемент с активным сопротивлением R_{BC} и индуктивностью L_{BC} , в фазу С – резистор с сопротивлением R_{CA} . Линейное напряжением сети U_H . Определить фазные токи I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} , активную мощность цепи P , реактивную мощность Q и полную мощность трехфазной цепи S .

Вариант	R_{BC} , Ом	R_{CA} , Ом	L_{BC} , мГн	C_{AB} , мкФ	U_H , В	f , Гц
1	4	10	10	320	220	50

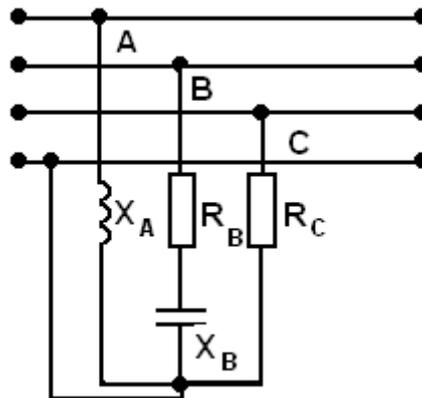
2	2	5	12	310	127	50
3	6	15	14	300	220	50
4	8	20	16	280	127	50
5	12	15	18	330	220	50
6	8	10	20	325	127	50
7	6	5	18	290	220	50
8	4	20	10	310	127	50
9	2	15	14	315	220	50
10	4	5	12	270	127	50



Порядок выполнения расчета

Задание 1

1. Начертить исходную схему



Вариант	R_B , Ом	R_C , Ом	L_A , мГн	C_B , мкФ	U_H , В	f , Гц
1	8	5	31,8	600	380	50

2. Определить фазные напряжения:

$$U_{\phi} = U_A = U_B = U_C; \quad U_H = U_{л}$$

В четырехпроводной цепи при любой нагрузке фаз выполняется соотношение:

$$U_{\phi} = U_A = U_B = U_C = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{В}$$

3. Определить сопротивление индуктивного элемента L_A :

$$X_A = 2\pi \cdot f \cdot L_A = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 31,8 \cdot 10^{-3} = 100 \text{ Ом}$$

4. Определить сопротивление емкостного элемента C_B :

$$X_B = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_B} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 600 \cdot 10^{-6}} = 60 \text{ Ом}$$

5. Определить полное сопротивление в фазе В:

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + (-X_B)^2} = \sqrt{8^2 + (-6)^2} = 10 \text{ Ом}$$

6. Найти фазные токи, применяя закон Ома для участка цепи:

$$I_A = \frac{U_A}{X_A} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}$$

$$I_C = \frac{U_C}{R_C} = \frac{220}{5} = 44 \text{ А}$$

7. Определить активную мощность фаз:

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A = 0 \text{ Вт}$$

$$P_B = I_B^2 \cdot R_B = 22^2 \cdot 8 = 3872 \text{ Вт}$$

$$P_C = I_C^2 \cdot R_C = 44^2 \cdot 5 = 9680 \text{ Вт}$$

$$\sum P = P_A + P_B + P_C = 3872 + 9680 = 13552 \text{ Вт}$$

8. Определить реактивную мощность фаз:

$$Q_A = I_A^2 \cdot X_A = 22^2 \cdot 10 = 4840 \text{ вар}$$

$$Q_B = I_B^2 \cdot X_B = 22^2 \cdot (-6) = -2904 \text{ вар}$$

$$Q_C = I_C^2 \cdot X_C = 0 \text{ вар}$$

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

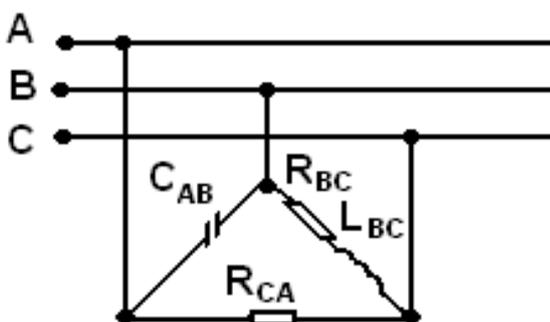
9. Полная мощность трехфазной цепи равна:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{13552^2 + 1936^2} = 13686 \text{ В} \cdot \text{А} = 13,7 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Задание 2

В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку. В фазу АВ – емкостный элемент C_{AB} , в фазу ВС – индуктивный элемент с активным сопротивлением R_{BC} и индуктивностью L_{BC} , в фазу С – резистор с сопротивлением R_{CA} . Линейное напряжением сети U_H . Определить фазные токи I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} , активную мощность цепи P , реактивную мощность Q и полную мощность трехфазной цепи S .

Вариант	R_{BC} , Ом	R_{CA} , Ом	L_{BC} , мГн	C_{AB} , мкФ	U_H , В	f, Гц
1	4	10	9,55	318,5	220	50



1. При соединении потребителей треугольником выполняется соотношение:

$$U_H = U_L = U_\phi = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 220 \text{ В};$$

2. Определить сопротивление емкостного элемента в фазе АВ:

$$X_{AB} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_{AB}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 318,5 \cdot 10^{-6}} = 100 \text{ Ом}$$

3. Определить сопротивление индуктивного элемента в фазе ВС:

$$X_{BC} = 2\pi \cdot f \cdot L_{BC} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 9,55 \cdot 10^{-3} = 30 \text{ Ом}$$

4. Определить полное сопротивление фазы ВС:

$$Z_{BC} = \sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ Ом}$$

5. Определить фазные токи:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{X_{AB}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}$$

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

$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{R_{CA}} = \frac{220}{10} = 22A$$

6. Определить активную мощность фаз:

$$P_{AB} = I_{AB}^2 \cdot R_{AB} = 0Вт$$

$$P_{BC} = I_{BC}^2 \cdot R_{BC} = 44^2 \cdot 4 = 7744Вт$$

$$P_{CA} = I_{CA}^2 \cdot R_{CA} = 22^2 \cdot 10 = 4840Вт$$

$$\sum P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 7744 + 4840 = 12584Вт$$

7. Определить реактивную мощность фаз:

$$Q_{AB} = I_{AB}^2 \cdot (-X_{AB}) = 22^2 \cdot (-10) = -4840вар$$

$$Q_{BC} = I_{BC}^2 \cdot X_{BC} = 44^2 \cdot 3 = 5808вар$$

$$Q_{CA} = I_{CA}^2 \cdot X_{CA} = 0вар$$

$$\sum Q = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = -4840 + 5808 = 968вар$$

8. Определить полную мощность трехфазной цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{12584^2 + 968^2} = 12638В \cdot А = 12,6кВ \cdot А$$