



Профессиональное образовательное частное учреждение среднего профессионального образования

**«Высший юридический колледж:
экономика, финансы, служба безопасности»**

Пушкинская ул., д. 268, 426008, г. Ижевск. Тел.: (3412) 32-02-32. Тел./факс: 43-62-22. E-mail: mveu@mveu.ru, mveu.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

к выполнению практических работ

при изучении учебной дисциплины

ОП.03 Электротехника и электроника

для специальности

20.02.04 Пожарная безопасность

Ижевск, 2020

Практическая работа – небольшой научный отчет, обобщающий проведенную учащимся работу, которую представляют для защиты преподавателю.

В процессе практического занятия учащиеся выполняют одну или несколько практических работ (заданий) под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений - профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (умений решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и специальным дисциплинам; практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин. Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Государственных требований.

На практических занятиях учащиеся овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования и производственной (преддипломной) практики.

Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

К практическим работам предъявляется ряд требований, основным из которых является полное, исчерпывающее описание всей проделанной работы, позволяющее судить о полученных результатах, степени выполнения заданий и профессиональной подготовке учащихся.

I. Практические работы:

Практическая работа № 1

Тема: Расчет характеристик электрического поля. Закон Кулона.

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета основных характеристик электрического поля;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Характеристики электрического поля;
2. Основные расчетные формулы характеристик электрического поля и их единицы измерения.

Студент должен уметь:

Рассчитывать основные характеристики электрического поля. Использовать в расчетах закон Кулона.

Методические указания по ходу выполнения работы

Формула закона Кулона:

$$F = \frac{Q \cdot q}{R^2 \cdot 4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$$

Формула напряженности электрического поля:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{Q}{R^2 \cdot 4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$$

Формула потенциала электрического поля:

$$\varphi = \frac{A}{q} = \frac{Q}{R \cdot 4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$$

Расчетные задания:

1. Определить силу взаимодействия двух зарядов $3,5 \cdot 10^{-7}$ Кл и $6 \cdot 10^{-7}$ Кл, находящихся на расстоянии 5 см друг от друга в воде. Как изменится эта сила, если воду заменить трансформаторным маслом?
2. Определить расстояние между зарядами $1,6 \cdot 10^{-6}$ Кл и $8 \cdot 10^{-5}$ Кл, которые помещены в керосин и отталкиваются с силой 3,2 Н.
3. На расстоянии 1,5 см от заряда, находящегося в воздухе, напряженность поля 650 кВ/м. Определите этот заряд.

4. Напряженность электрического поля $5 \cdot 10^{-2} \text{В/м}$. Определить силу, с которой поле действует на заряд $1,6 \cdot 10^{-3} \text{Кл}$, и работу по перемещению этого заряда в точку поля с потенциалом 45В .
5. Два разноименных заряда $5 \cdot 10^{-6} \text{Кл}$ и $2,8 \cdot 10^{-6} \text{Кл}$ находятся в воде на расстоянии $0,5 \text{м}$. Определить напряженность посередине между ними.

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать закон Кулона.
2. Записать значение электрической постоянной.
3. Дать понятие напряженности электрического поля, указать ее единицы измерения.
4. Дать понятие потенциал электрического поля, указать его единицы измерения.
5. Дать понятие напряжения, указать единицы измерения.

Список литературы:

1. Миленина, С. А. Электротехника : учебник и практикум для СПО / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 262 с. <https://www.biblio-online.ru>
2. Миленина, С. А. Электроника и схемотехника : учебник и практикум для СПО / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 208 с. <https://www.biblio-online.ru>

Практическая работа № 2

Тема: Расчет электрической емкости и энергии электрического поля

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета параметров конденсаторов и энергии электрического поля;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Назначение и основной параметр конденсаторов;
2. Основные расчетные формулы нахождения общей емкости при смешанном соединении конденсаторов.
3. Формулу расчета энергии электрического поля.

Студент должен уметь:

Рассчитывать основные параметры конденсаторов и сворачивать схемы со смешанным соединением, рассчитывать энергию поля.

Методические указания по ходу выполнения работы

1. Электрическая емкость конденсатора: $C = \frac{Q}{U} (\Phi)$ $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}{d}$
2. Емкость параллельного соединения конденсаторов: $C_{общ} = C_1 + C_2$
3. Емкость последовательного соединения конденсаторов: $C_{общ} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$
4. Энергия электрического поля: $W_{эл} = \frac{C \cdot U^2}{2} (Дж)$

Расчетные задания:

1. Определить емкость конденсатора, если он был заряжен до напряжения 250В, при этом заряд составил $2 \cdot 10^{-4}$ Кл.
2. Конденсатор заряжен от источника 100В. Энергия поля конденсатора $6 \cdot 10^{-3}$ Дж. Определить его емкость.
3. Определить емкость плоского воздушного конденсатора, имеющего площадь пластин 20 см^2 , расстояние между ними 0,8 см.
4. Три конденсатора емкостями 47 пФ, 18 пФ и 75 пФ соединены параллельно и к ним параллельно подключен конденсатор в 75 пФ, найти общую емкость соединения.
5. Общая емкость двух последовательно включенных конденсаторов 1,2 мкФ. Емкость одного из них 3 мкФ, найти емкость другого.

Контрольные вопросы:

1. Дать понятие электрической емкости, указав единицы измерения.
2. Что такое конденсатор, для чего его используют в электрических цепях?
3. Как на схеме обозначается конденсатор?
4. Записать формулы последовательного и параллельного соединения конденсаторов и энергии электрического поля.

Список литературы:

1. Миленина, С. А. Электротехника : учебник и практикум для СПО / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 262 с. <https://www.biblio-online.ru>
2. Миленина, С. А. Электроника и схемотехника : учебник и практикум для СПО / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 208 с. <https://www.biblio-online.ru>

Практическая работа № 3

Тема: Расчет цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета параметров цепей постоянного тока;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Основные параметры цепей постоянного тока.
2. Законы цепей постоянного тока.
3. Основные расчетные формулы для нахождения общего сопротивления при смешанном соединении резисторов.

Студент должен уметь:

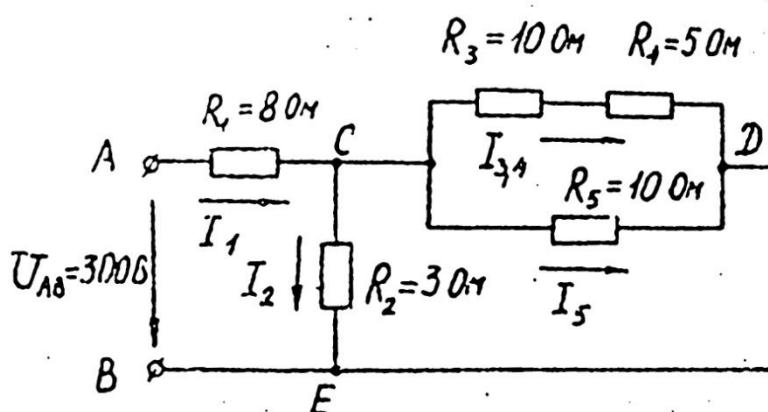
1. Рассчитывать основные параметры цепей постоянного тока.
2. Сворачивать схемы со смешанным соединением резисторов.
3. Использовать в расчете закон Ома и законы Кирхгофа.

Методические указания по ходу выполнения работы

Решение задач этой группы требует знание законов Ома, для всей цепи и ее участков, первого и второго законов Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность и работу электрического тока.

Для схемы заданной на рисунке №1а, определить эквивалентное сопротивление цепи R_{AB} и токи в каждом резисторе, а также расход электрической энергии цепью за 8 часов работы.

а)



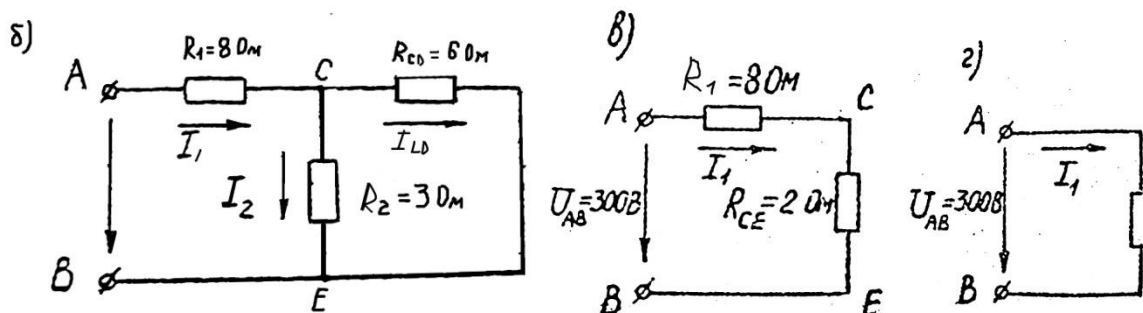


Рис. 1

Решение:

Задача относится к теме «Электрические цепи постоянного тока». Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой ток в каждом резисторе, индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

- 1) Определяем общее сопротивление разветвления CD, учитывая, что резисторы R_3 и R_4 соединены между собой последовательно, с резистором R_5 – параллельно (рис. 41, б):

$$R_{CD} = \frac{(R_3 + R_4) * R_5}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{(10 + 5) * 10}{10 + 5 + 10} = 6 \text{ Ом}$$

- 2) Определяем общее сопротивление цепи относительно зажимов CE (рис. 41, в).

Так как резистор R_{CD} и R_2 включены параллельно, то:

$$R_{CE} = \frac{R_{CD} * R_2}{R_{CD} + R_2} = \frac{6 * 3}{6 + 3} = 2 \text{ Ом}$$

- 3) Находим эквивалентное сопротивление всей цепи R_{AB} (рис. 1, г):

$$R_{AB} = R_1 + R_{CE} = 8 + 2 = 10 \text{ Ом}$$

- 4) Определяем ток в сопротивлениях цепи. Так как напряжение U_{AB} приложено ко всей цепи, а $R_{AB} = 10 \text{ Ом}$ то, согласно закону Ома:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{300}{10} = 30 \text{ А}$$

- 5) Расход энергии цепью за 8 часов работы:

$$W = Pt = U_{AB} * I_1 * t = 300 * 30 * 8 = 72000 \text{ Вт * ч} = 72 \text{ кВт * ч}$$

Расчетные задания по вариантам:

Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов определить:

- 1) Эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов АВ;
- 2) Ток в каждом резисторе;
- 3) Напряжение на каждом резисторе;
- 4) Мощность, потребляемую всей цепью;
- 5) Расход электрической энергии цепи за 8 часов работы

Номер рисунка и данные одного из заданных токов или напряжений приведены в таблице №1.

Индекс тока или напряжение совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует указанное напряжение.

Например, через резистор R_3 проходит ток I_3 и на нем действует напряжение U_3 .

Таблица №1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер рисунка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задаваемая величина	$I_1 = 12A$	$I_2 = 15A$	$U_2 = 30B$	$U_5 = 24B$	$I_5 = 10A$	$U_1 = 10,8B$	$I_6 = 4,8A$	$I_4 = 12A$	$I_3 = 5A$	$U_2 = 24B$

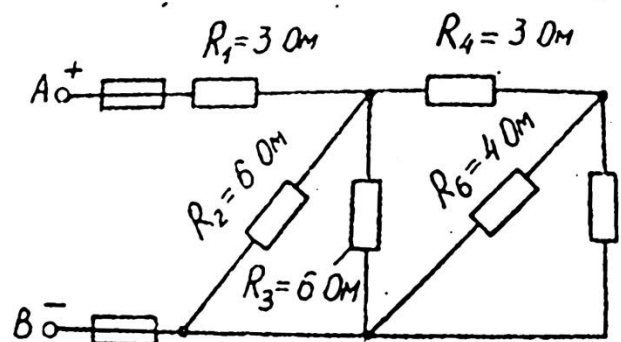
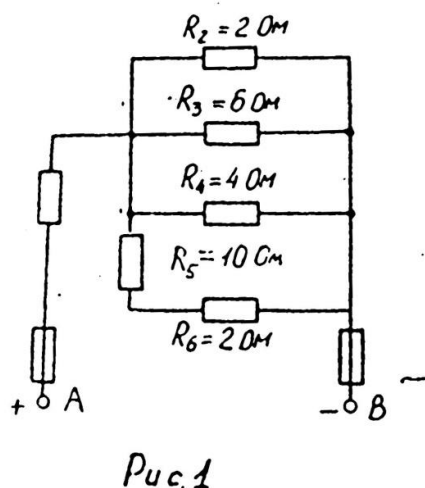


Рис. 4

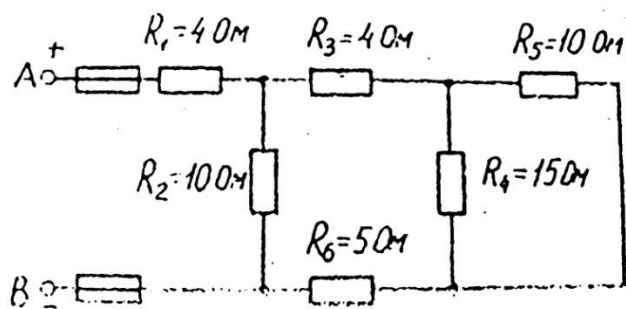


Рис. 2

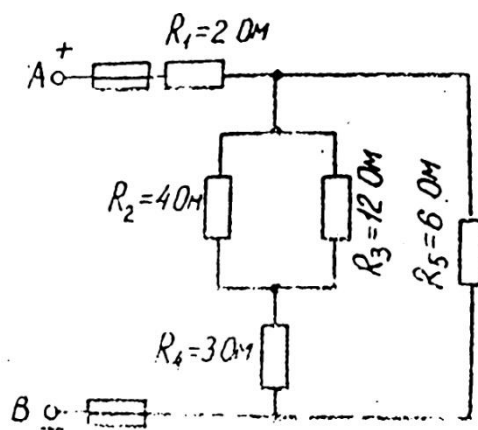


рис. 5

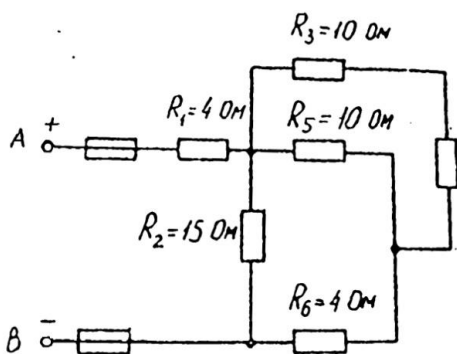


Рис. 3

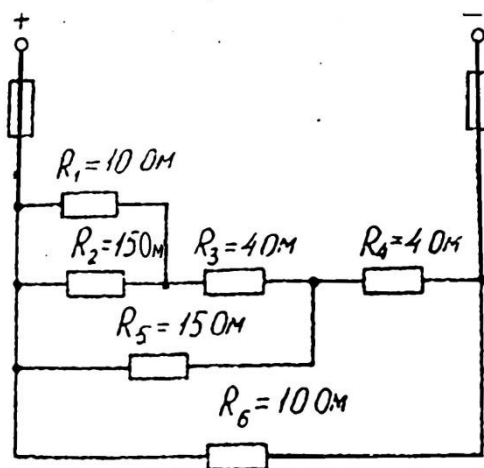


рис. 6

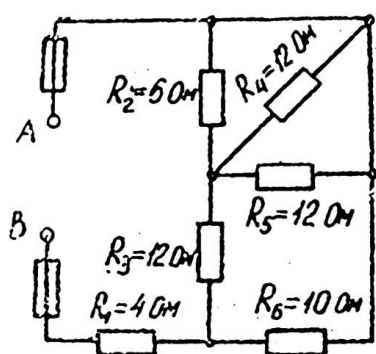


Рис. 7

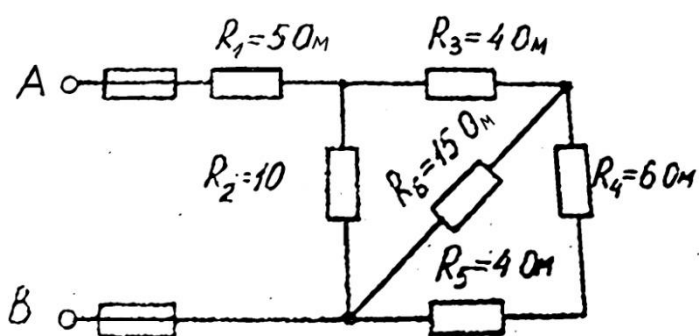


рис. 9

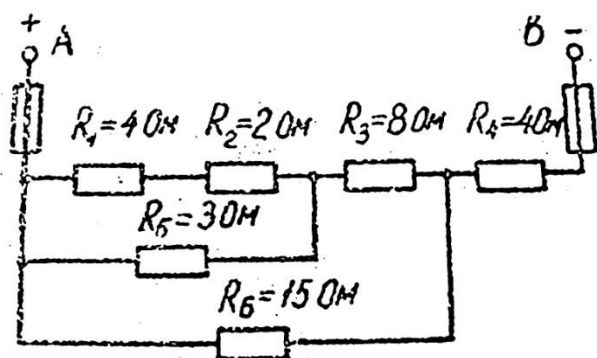


Рис. 8

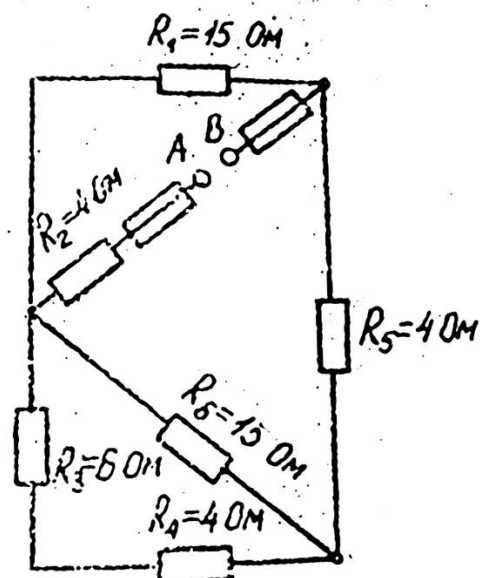


рис. 10

Практическая работа № 4

Тема: Расчет цепи переменного тока с последовательным соединением элементов

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета параметров однофазных неразветвленных цепей переменного тока;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Основные расчетные формулы для определения параметров однофазных цепей переменного тока.
2. Правила построения диаграмм.

Студент должен уметь:

1. Рассчитывать основные параметры однофазной неразветвленной цепи переменного тока и строить диаграмму напряжений.

Методические указания по ходу выполнения работы:

В неразветвленной цепи переменного тока $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $X_{L1} = 4 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 6 \text{ Ом}$, $X_{C1} = 2 \text{ Ом}$

Подведенное напряжение $U=40 \text{ В}$

Определить: полное сопротивление Z , ток I , коэффициент мощности $\cos \varphi$, активную P , реактивную Q и полную S мощности.

Построить в масштабе векторную диаграмму.

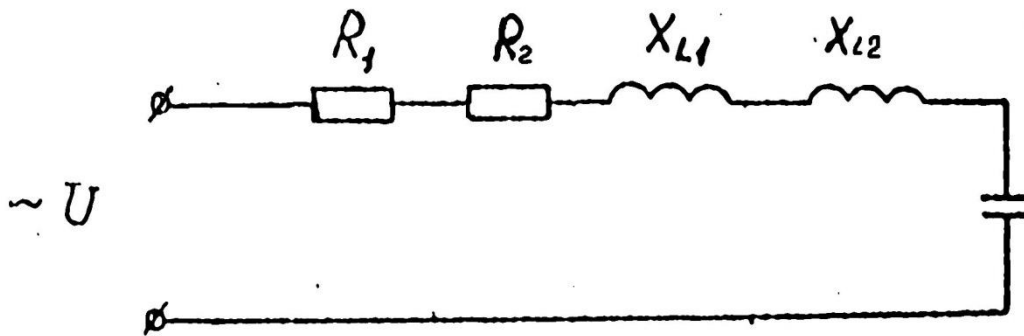


Рис. 42

Решение:

- 1) Полное сопротивление цепи определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Где: $R = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6 \text{ Ом}$ - суммарное активное сопротивление цепи.

$X = X_{L1} + X_{L2} - X_{C1} = 4 + 6 - 2 = 8 \text{ Ом}$ - сумма индуктивных и емкостных сопротивлений.

Тогда:

$$Z = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}$$

- 2) По закону Ома для цепи переменного тока находим ток цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{40}{10} = 4 \text{ А}$$

- 3) Коэффициент мощности $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$$

4) Определить полную мощность:

$$S = U * I = 40 * 4 = 160 \text{ В} * \text{А}$$

5) Активная мощность:

$$P = U * I * \cos \varphi = 40 * 4 * 0.6 = 96 \text{ Вт}$$

6) Реактивная мощность:

$$Q = U * I * \sin \varphi = 40 * 4 * 0.8 = 128 \text{ вар}$$

Для построения векторной диаграммы определим падение напряжений и сопротивлениях:

$$U_{R1} = I * R_1 = 4 * 2 = 8 \text{ В}$$

$$U_{R2} = I * R_2 = 4 * 4 = 16 \text{ В}$$

$$U_{XL1} = I * X_{L1} = 4 * 4 = 16 \text{ В}$$

$$U_{XL2} = I * X_{L2} = 4 * 6 = 24 \text{ В}$$

$$U_{XC1} = I * X_{C1} = 4 * 2 = 8 \text{ В}$$

Для рассматриваемого примера задаемся масштабом:

По току:

$$m_I = 1 \text{ А/см}$$

По напряжению:

$$m_U = 4 \text{ В/см}$$

Тогда длина вектора тока:

$$\ell = \frac{I}{m_I} = \frac{4}{1} = 4 \text{ см}$$

Длина векторов напряжений:

$$\ell_{U_{R1}} = \frac{U_{R1}}{m_U} = \frac{8}{4} = 2 \text{ см}$$

$$\ell_{U_{R2}} = \frac{U_{R2}}{m_U} = \frac{16}{4} = 4 \text{ см}$$

$$\ell_{U_{XL1}} = \frac{U_{XL1}}{m_U} = \frac{16}{4} = 4 \text{ см}$$

$$\ell_{U_{XL2}} = \frac{U_{XL2}}{m_U} = \frac{24}{4} = 6 \text{ см}$$

$$\ell_{U_{XC1}} = \frac{U_{XC1}}{m_U} = \frac{8}{4} = 2 \text{ см}$$

Поскольку ток является одинаковой величиной для всех сопротивлений, диаграмму относительно вектора тока.

- 1) Горизонтально в масштабе откладываем вектор тока.
- 2) Вдоль вектора тока откладываем векторы U_{R1} и U_{R2}
- 3) Под углом 90° откладываем векторы напряжения U_{XL1} и U_{XL2} в сторону опережения вектора тока (вверх), т.к. положительное вращение векторов принято против часовой стрелки.
- 4) Под углом 90° к вектору тока откладываем вниз вектор напряжения на емкостном сопротивлении.
- 5) Векторы U_{R1} , U_{R2} , U_{XL1} , U_{XL2} , U_{XC1} , определяем по правилу сложения векторов в результате получаем вектор приложенного напряжения

$$\vec{U} = \vec{U}_{R1} + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_{XL1} + \vec{U}_{XL2} + \vec{U}_{XC1}$$

Угол φ между векторами общего напряжения $\vec{U}$ и тока I называется углом сдвига фаз между током и напряжением.

По виду векторной диаграммы необходимо научиться определять характер нагрузки.

В нашем случае напряжение опережает ток: нагрузка имеет активно – индуктивный характер.

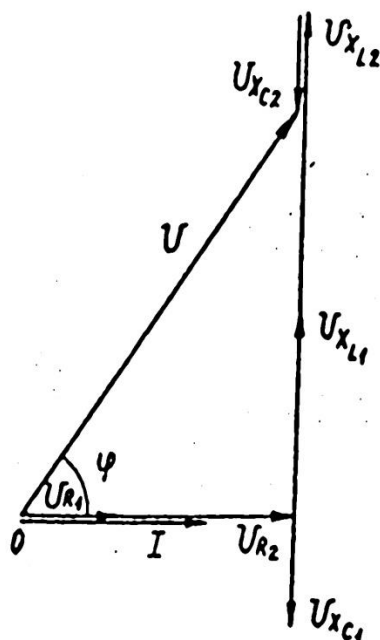


Рис. 43

Задания по вариантам:

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно. Схема цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка и значения сопротивлений всех элементов, а также один дополнительный параметр заданы в таблице №2.

Начертить схему цепи и определить следующие величины:

- 1) Полное сопротивление цепи Z ;
- 2) Напряжение U , приложенное к цепи;
- 3) Ток I ;
- 4) Угол сдвига фаз φ (по величине и знаку);
- 5) Активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Таблица №2

Номер варианта	Номер рисунка	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{L2} , Ом	X_{C1} , Ом	X_{C2} , Ом	Дополнительный параметр
1	11	12	-	4	-	12	8	$I = 4A$
2	12	6	2	6	-	-	-	$P_{R1} = 150Bт$
3	13	3	1	5	-	6	2	$S = 180 BA$
4	14	4	-	6	-	3	-	$Q_{L1} = 150вар$
5	15	4	2	12	-	4	-	$P=24Bт$
6	16	16	-	-	-	4	8	$Q = -300вар$
7	17	4	8	10	6	-	-	$Q = 64 вар$
8	18	3	-	10	12	26	-	$P_1 = 48Bт$
9	19	40	-	30	20	12	8	$S = 800 BA$
10	20	4	4,0	-	2,0	8	-	$I = 2 A$

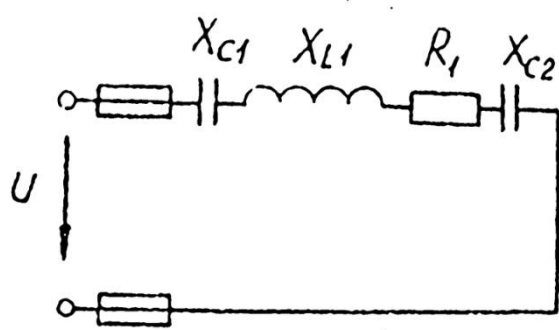


Рис.11

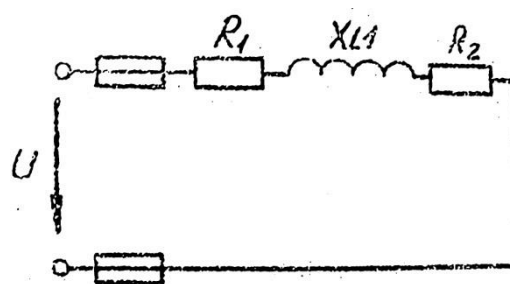
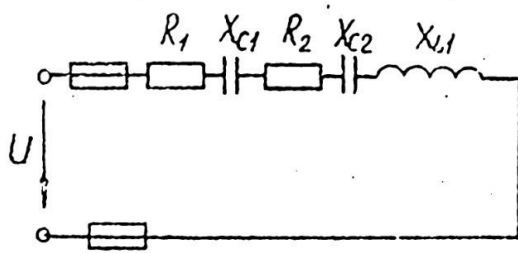
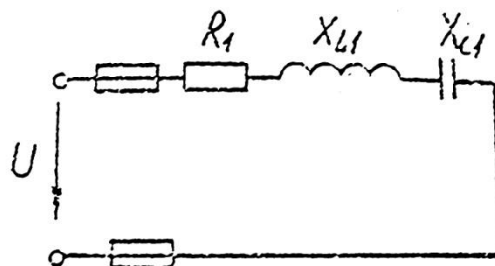


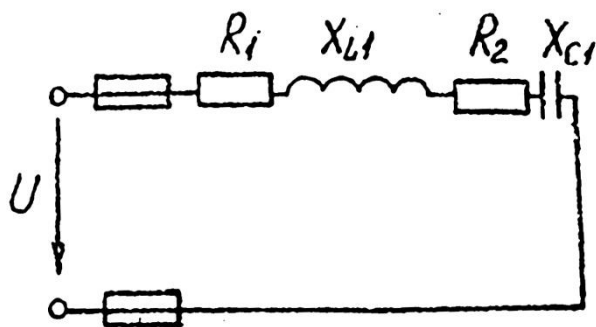
Рис.12



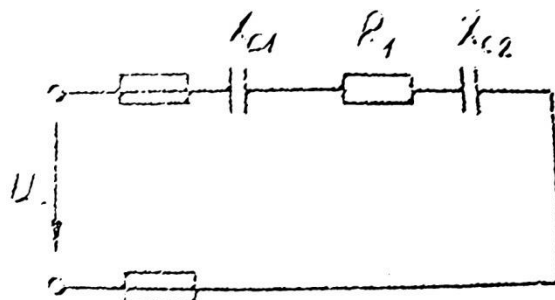
Puc. 13



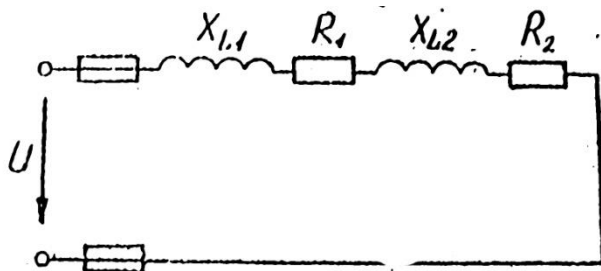
Puc. 14



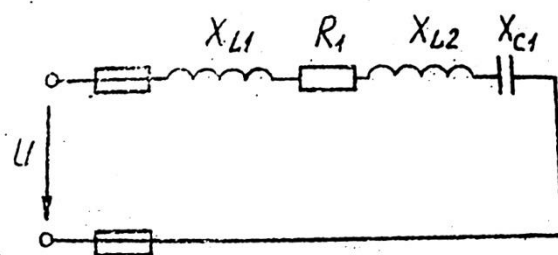
Puc. 15



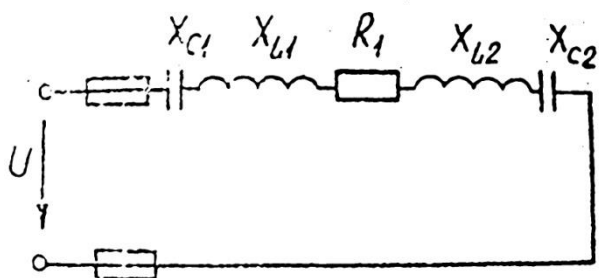
Puc. 16.



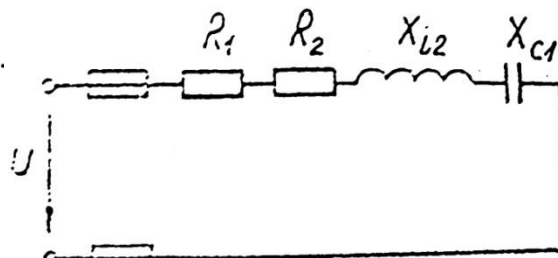
Puc. 17



Puc. 18



Puc. 19



Puc. 20

Практическая работа № 5

Тема: Расчет цепи переменного тока с параллельным соединением элементов

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета параметров однофазных разветвленных цепей переменного тока;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Основные расчетные формулы для определения параметров однофазных разветвленных цепей переменного тока.
2. Правила построения диаграмм.

Студент должен уметь:

1. Рассчитывать основные параметры однофазной неразветвленной цепи переменного тока и строить диаграмму напряжений.

Методические указания по ходу выполнения работы:

Катушка с активным сопротивлением $R_1=4$ Ом и индуктивным $X_{L1} = 3$ Ом соединена параллельно с конденсатором, емкостное сопротивление которого $X_{C2} = 8$ Ом и активным сопротивлением $R_2 = 6$ Ом. К цепи приложено напряжение $U = 60$ В. Определить: 1. Токи в ветвях и в неразветвленной части цепи; 2. Активные и реактивные мощности каждой ветви и всей цепи; 3. Полную мощность всей цепи; 4. Углы сдвига фаз между током и напряжением в каждой ветви и во всей цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму.

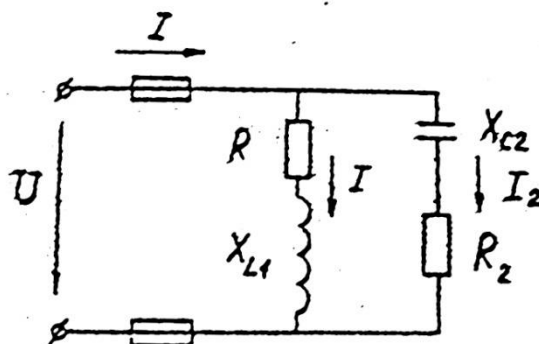


Рис. 44

Решение:

- 1) Определить ток в ветвях:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}} = \frac{60}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{60}{5} = 12 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_{C2}^2}} = \frac{60}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 6 \text{ A}$$

2) Углы сдвига фаз в ветвях:

$$\sin \varphi = \frac{X_{L1}}{Z_1} = \frac{X_{L1}}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}} = \frac{3}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

По таблицам Брадиса находим $\varphi_1 = 36^\circ 50'$, т. к. $\varphi_1 > 0$, то напряжение опережает ток:

$$\sin \varphi = \frac{X_{C2}}{Z_2} = \frac{X_{C2}}{\sqrt{R_2^2 + X_{C2}^2}} = \frac{8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = -0.8; \varphi_2 = -53^\circ 10',$$

т. е. напряжение отстает от тока, т. к. $\varphi_2 < 0$

По таблицам Брадиса находим:

$$\cos \varphi_1 = \cos * 36^\circ 50' = 0.8$$

$$\cos \varphi_2 = \cos * (-53^\circ 10') = -0.6$$

3) Определяем активные и реактивные составляющие токов в ветвях:

$$I_{a1} = I_1 * \cos \varphi_1 = 12 * 0.8 = 9.6 \text{ A}$$

$$I_{a2} = I_2 * \cos \varphi_2 = 6 * (-0.6) = -3.6 \text{ A}$$

$$I_{p1} = I_1 * \sin \varphi_1 = 12 * 0.6 = 7.2 \text{ A}$$

$$I_{p2} = I_2 * \sin \varphi_2 = 6 * (-0.8) = -4.8 \text{ A}$$

4) Определяем ток в неразветвленной части цепи:

$$I = \sqrt{(I_{a1} + I_{a2})^2 + (I_{p1} + I_{p2})^2} = \sqrt{(9.6 + 3.6)^2 + (7.2 - 4.8)^2} \\ = 13.4 \text{ A}$$

5) Определяем коэффициент мощности всей цепи:

$$\cos \varphi = \frac{I_{a1} + I_{a2}}{I} = \frac{9.6 + 3.6}{13.4} = \frac{13.2}{13.4} = 0.98$$

6) Определяем активные и реактивные мощности ветвей и всей цепи:

$$P_1 = U * I_1 * \cos \varphi_1 = 60 * 12 * 0.8 = 576 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U * I_2 * \cos \varphi_2 = 60 * 6 * 0.6 = 216 \text{ Вт}$$

$$P = P_1 + P_2 = 576 + 216 = 792 \text{ Вт}$$

$$Q_1 = U * I_1 * \sin \varphi_1 = 60 * 12 * 0.6 = 432 \text{ вар}$$

$$Q_2 = U * I_2 * \sin \varphi_2 = 60 * 6 * (-0.8) = -288 \text{ вар}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 432 + (-288) = 144 \text{ вар}$$

7) Определяем полную мощность всей цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{792^2 + 144^2} = 805 \text{ ВА}$$

Ток в неразветвленной части цепи можно определить и таким образом:

$$I = \frac{S}{U} = \frac{805}{60} = 13,4 \text{ А}$$

8) Для построения векторной диаграммы задаемся масштабом по току и напряжению:

$$1 \text{ см} - 2 \text{ А}$$

$$1 \text{ см} - 5 \text{ В}$$

Построение начинаем с вектора напряжения U .

Под углом φ_1 к нему (в сторону отставания) откладываем в масштабе вектор тока I_1 , под углом φ_2 (в сторону опережения) – вектор тока I_2 . Геометрическая сумма этих токов равна току в неразветвленной цепи.

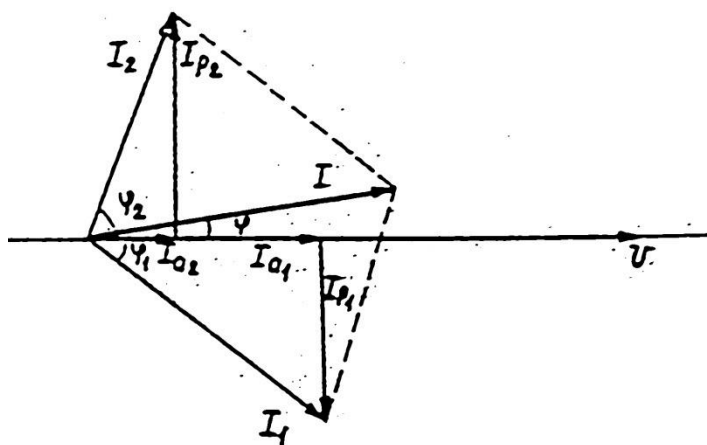


Рис. 45

Задания по вариантам:

Разветвленная цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей содержащих различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости). Номер рисунка, значения всех сопротивлений, а также один дополнительный параметр заданы в таблице №3. Индекс «1» у дополнительного параметра означает, что он относится к первой ветви: и индекс «2» - ко второй. Начертить схему цепи и определить следующие величины:

- 1) Полные сопротивления Z_1, Z_2 в обеих ветвях;
 - 2) Токи I_1 и I_2 в обеих ветвях;
 - 3) Ток I в неразветвленной части цепи;
 - 4) Напряжение U , приложенное к цепи;
 - 5) Активную P , реактивную Q и полную S мощности всей цепи.
- Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

Таблица №3

№ варианта	№ рисунка	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{L2} , Ом	X_{C1} , Ом	X_{C2} , Ом	Дополнительный параметр
1	21	2	3	-	-	-	4	$I_1 = 5A$
2	22	20	32	-	30	-	6	$P_2 = 128Вт$
3	23	2	-	-	-	-	4	$U = 8В$
4	24	9	4	-	6	-	-	$I_1 = 10A$
5	25	28	-	64	-	-	60	$U_{R1} = 144В$
6	26	4	4	-	3	-	-	$I_2 = 8A$
7	27	16	32	12	24	-	-	$U_{L1} = 48В$
8	28	8	6	-	8	6	-	$Q_{C1} = -150вар$
9	29	8	-	-	5	6	-	$U = 50 В$
10	30	12	32	-	30	16	6	$Q_{L2} = 120вар$

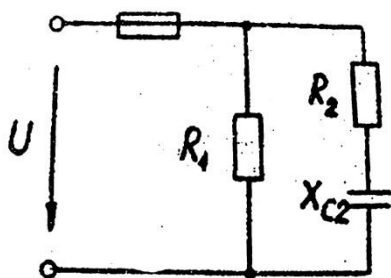


Рис. 21

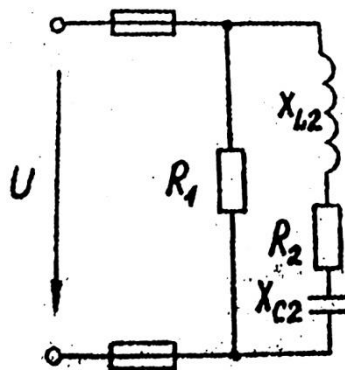


Рис. 22

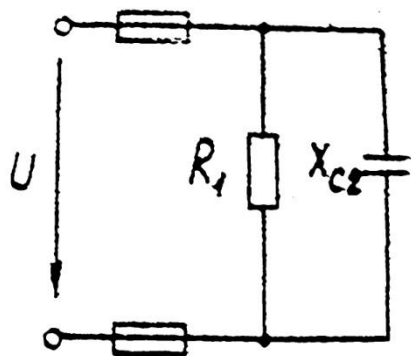


Рис. 23

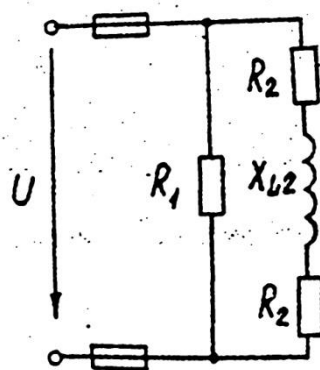


рис. 24

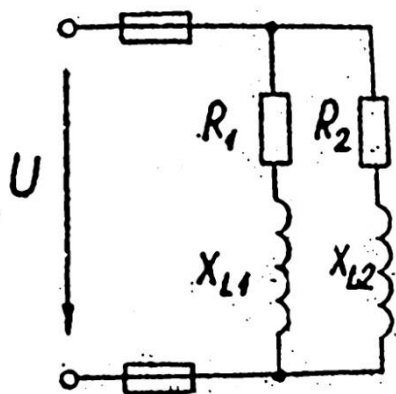
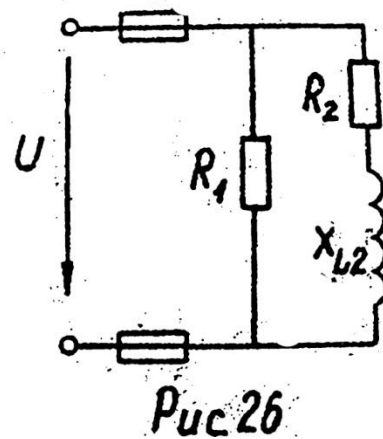
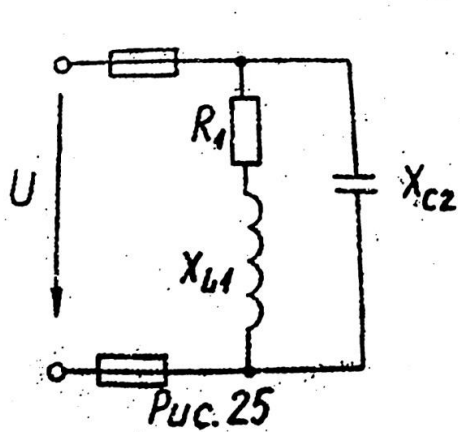


Рис. 27

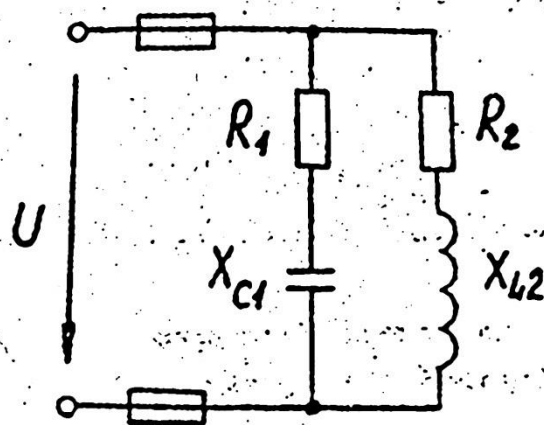


Рис. 28

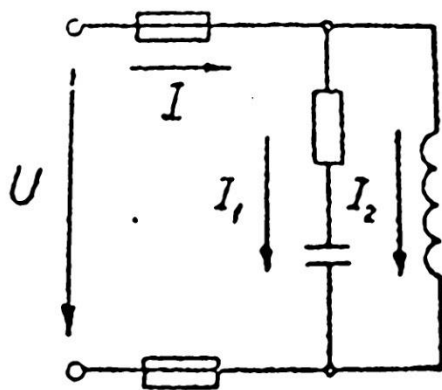


Рис. 29

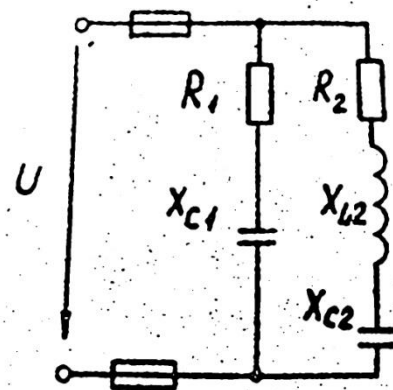


рис. 30

Практическая работа № 6

Тема: Расчет трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки треугольником

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета трехфазных цепей переменного тока при соединении по схеме треугольник;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Основные расчетные формулы для определения параметров трехфазных цепей переменного тока.
2. Правила построения векторной диаграммы и нахождение линейных токов по ней.

Студент должен уметь:

1. Рассчитывать основные параметры трехфазной цепи переменного тока при соединении треугольником и строить векторную диаграмму напряжений и токов

Методические указания по ходу выполнения работы:

В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку (рис. 48, а): в фазу АВ – конденсатор с емкостным сопротивлением $X_{AB} = 10 \text{ Ом}$; в фазу ВС – катушку с активным сопротивлением $R_{BC} = 4 \text{ Ом}$ и индуктивным $X_{BC} = 3 \text{ Ом}$; в фазу СА – активное сопротивление $R_{CA} = 10 \text{ Ом}$. Линейное напряжение сети $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$.

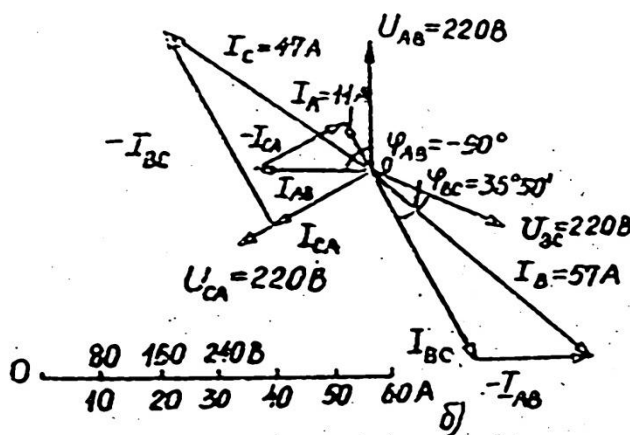
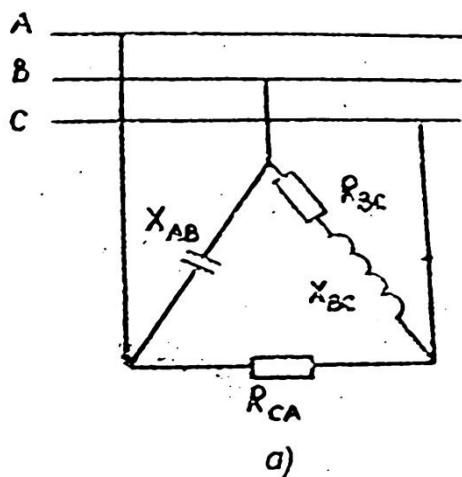


Рис. 48

Определить фазные токи, углы сдвига фаз и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовые значения токов.

Решение:

1) Определяем фазные токи и углы сдвига фаз:

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

$$I_{BC} = \frac{U_{\text{ном}}}{Z_{BC}} = \frac{220}{\sqrt{R_{BC}^2 + R_{BC}^2}} = \frac{220}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 44 \text{ A} \quad \cos \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Отсюда угол: $\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$

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

Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току: 1 см = 10 А, а по напряжению: 1 см = 80 В. Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных (линейных) напряжений U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} под углом 120° относительно друг друга (рис. 48, б). Под углом $\varphi_{AB} = -90^\circ$ к вектору напряжения U_{AB} откладываем вектор тока I_{AB} ; в фазе ВС вектор тока должен отставать от вектора напряжения U_{BC} на угол $\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$, а в фазе СА вектор тока I_{CA} совпадает с вектором напряжения U_{CA} . Затем строим векторы линейных токов на основании известных уравнений: $I_A = I_{AB} - I_{CA} = I_{AB} + (-I_{CA})$; $I_B = I_{BC} + (-I_{AB})$; $I_C = I_{CA} + (-I_{BC})$

Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь принятым масштабом находим значения линейных токов: $I_A = 11 \text{ A}$; $I_B = 57 \text{ A}$; $I_C = 47 \text{ A}$

Задания по вариантам:

В трехфазную трехпроводную сеть с линейным напряжением U_n включены угольником разные по характеру сопротивления элементы. Определить фазные и линейные токи, активную P , реактивную Q и полную S мощности потребляемой всей цепью. Начертить векторную диаграмму цепи и по ней определить числовые значения линейных токов.

Таблица №4

№ варианта	№ рисунка	$U_H, В$
1,6	36	380
2,7	37	220
3,8	38	380
4,9	39	220
5,10	40	220

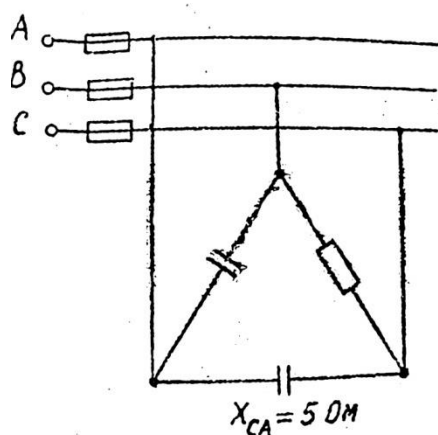


Рис. 36

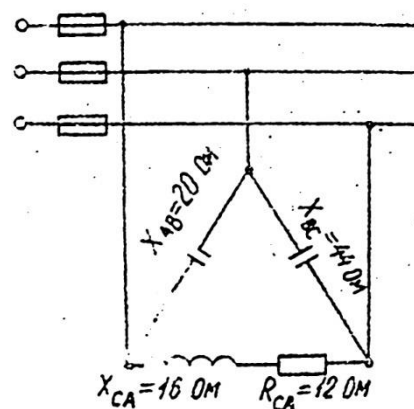


Рис.37

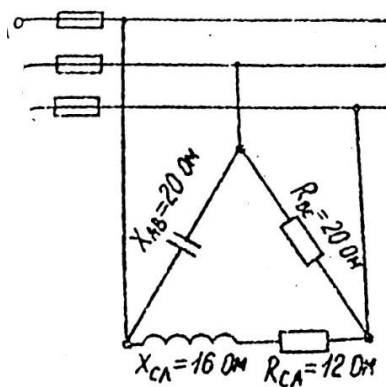


Рис. 38

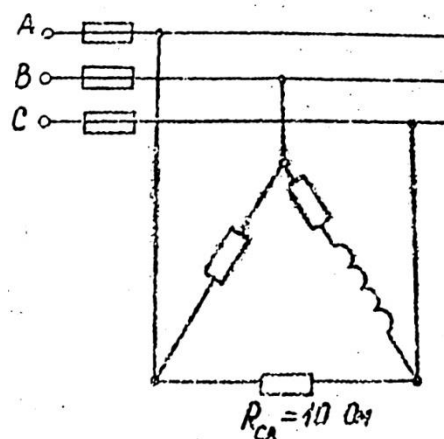
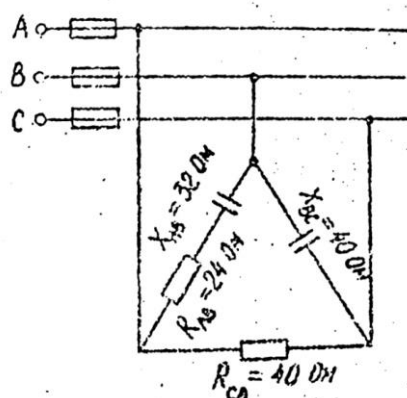


Рис. 39



Практическая работа № 7

Тема: Расчет трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки звездой

объем часов: 2 часа

Цели:

1. Закрепление теоретических знаний по теме;
2. Формирование практических навыков расчета трехфазных цепей переменного тока при соединении по схеме звезда;
3. Формирование общих компетенций: ОК 2, ОК4.

Студент должен знать:

1. Основные расчетные формулы для определения параметров трехфазных цепей переменного тока.
2. Правила построения векторной диаграммы и нахождение линейных токов по ней.

Студент должен уметь:

1. Рассчитывать основные параметры трехфазной цепи переменного тока при соединении звездой и строить векторную диаграмму напряжений и токов

Методические указания по ходу выполнения работы:

В трехфазную четырехпроводную сеть включили звездой несимметричную нагрузку: в фазу А – активное сопротивление $R_A = 11 \text{ Ом}$, в фазу В – емкостное сопротивление $X_B = 10 \text{ Ом}$, в фазу С – активное сопротивление $R_C = 8 \text{ Ом}$ и индуктивное $X_C = 6 \text{ Ом}$. Линейное напряжение сети $U_H = 380 \text{ В}$.

Определить фазные токи, активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью, значения фазных углов, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и найти графически ток в нулевом проводе.

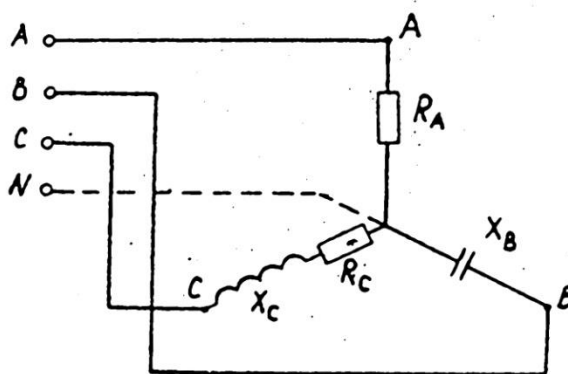


Рис. 46

Решение:

1) Определить фазные напряжения:

$$U_A = U_B = U_C = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ В}$$

2) Находим фазные токи:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{220}{11} = 20 \text{ А}$$

$$\text{Где: } Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_A^2} = R_A.$$

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

$$\text{Где: } Z_B = X_B$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{220}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 22 \text{ А}$$

3) Определяем значения фазных углов:

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} = \frac{11}{11} = 1 \quad \sin \varphi_A = 0 \quad \varphi_A = 0$$

$$\cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = 0 \quad \sin \varphi_B = \frac{X_B}{Z_B} = \frac{-10}{10} = -1 \quad \varphi_B = -90^\circ$$

$$\cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C} = \frac{8}{10} = 0,8 \quad \sin \varphi_C = \frac{X_C}{Z_C} = \frac{6}{10} = 0,6 \quad \varphi_C = 36^\circ 50'$$

4) Активные мощности в фазах:

$$P_A = U_A * I_A * \cos \varphi_A = 220 * 20 * 1 = 4400 \text{ Вт}$$

$$P_B = U_B * I_B * \cos \varphi_B = 220 * 22 * 0 = 0 \text{ Вт}$$

$$P_C = U_C * I_C * \cos \varphi_C = 220 * 22 * 0,8 = 3872 \text{ Вт}$$

5) Активная мощность всей цепи:

$$P = P_A + P_C = 4400 + 3872 = 8272 \text{ Вт}$$

6) Реактивные мощности в фазах:

$$Q_A = U_A * I_A * \sin \varphi_A = 220 * 20 * 0 = 0 \text{ вар}$$

$$Q_B = U_B * I_B * \sin \varphi_B = 220 * 22 * (-1) = -4840 \text{ вар}$$

$$Q_C = U_C * I_C * \sin \varphi_C = 220 * 22 * 0,6 = 2904 \text{ вар}$$

7) Реактивная мощность всей цепи:

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

8) Полная мощность всей цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{8272^2 + (-1936)^2} = 8510 \text{ ВА}$$

9) Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току и по напряжению:

$$1 \text{ см} = 10 \text{ А}$$

$$1 \text{ см} = 50 \text{ В}$$

Построение начинаем с векторных фаз напряжений U_A, U_B, U_C располагая их под углом 120° друг относительно друга.

Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных токов.

Ток I_A совпадает с напряжением U_A

Ток I_B опережает напряжение U_B на угол 90°

Ток I_C отстает от напряжения U_C на угол $36^\circ 50'$

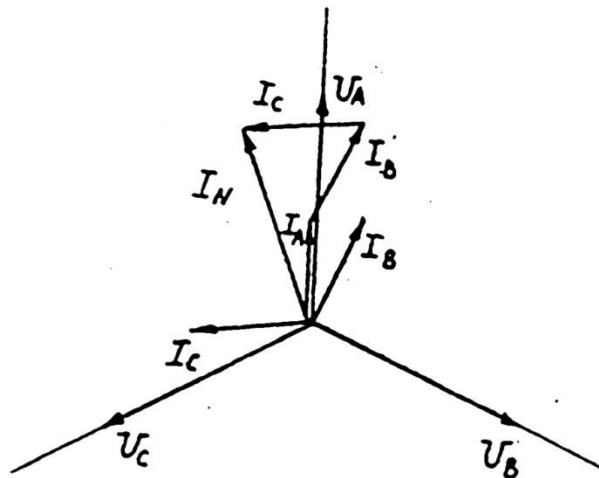


Рис. 48

Ток в нулевом проводе равен геометрической сумме трехфазных токов

$$I_0 = I_A + I_B + I_C$$

Измеряя длину вектора тока I_0 , которая оказалась равной 4 см, находим ток:

$$I_0 = 40 \text{ А}$$

Задания по вариантам:

В трехфазную четырехпроводную сеть с линейным напряжением U_n включили звездой разные по характеру сопротивления. Определить линейные токи начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовое значение тока в нулевом проводе.

Таблица №5

№ варианта	№ рисунков	$U_{\text{н}}, \text{В}$
1,6	31	380
2,7	32	660
3,8	33	380
4,9	34	220
5,10	35	380

Определить: Активную P , реактивную Q и полную S мощности потребляемой всей цепью.

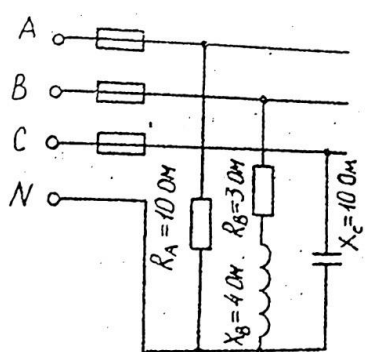


Рис. 31

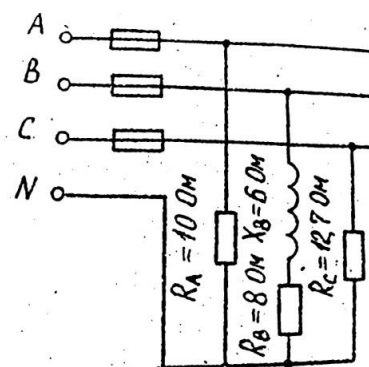


Рис. 34

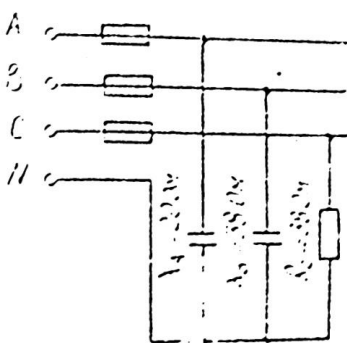


Рис. 32

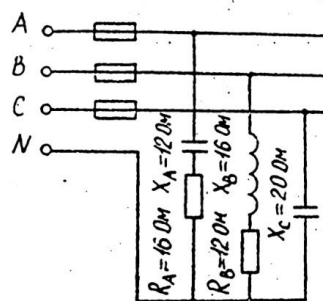


Рис. 35

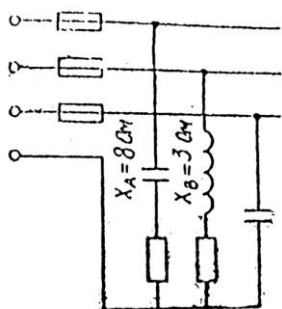


Рис. 33

II. Общие рекомендации

По всем вопросам, связанным с изучением дисциплины (включая самостоятельную работу), консультироваться с преподавателем.

III. Контроль и оценка результатов

Оценка за выполнение практической работы выставляется по пятибалльной системе и учитывается как показатель текущей успеваемости студента.

По пятибалльной системе:

Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений		Критерии оценки результата
балл (оценка)	вербальный аналог	
5	отлично	Представленные работы высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, выполнены все предусмотренные практической работой задания.
4	хорошо	Уровень выполнения работы отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные практической работой задания выполнены, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
3	удовлетворительно	Уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных практической работой заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
2	не удовлетворительно	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных практической работой заданий не выполнено.