

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ
государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Ставропольский строительный техникум»

Цикловая комиссия естественно-математических дисциплин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по дисциплине
«Основы электротехники»

для студентов очной формы обучения
специальности

08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Ставрополь, 2021

РАССМОТРЕНО

на заседании цикловой комиссии
естественно-математических дисциплин
Протокол № 1
«31» августа 2021 г.

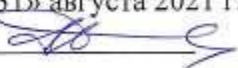
Председатель цикловой комиссии
 /Н. Б. Берлова/

УТВЕРЖДЕНО

Методическим советом
ГБПОУ ССТ
Протокол № 1
«31» августа 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Л. В. Белоусова,
заместитель директора по УМРК
«31» августа 2021 г.



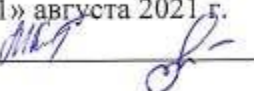
Рецензент:

Л. В. Печалова, методист ЦМКиМР ГБПОУ ССТ.
«31» августа 2021 г.



Авторы-разработчики:

М.В Катрич, О.В. Катрич,
преподаватели ГБПОУ ССТ.
«31» августа 2021 г.



Содержание

1. Указания к выполнению практических работ.....	4
1. Указания к решению практической работы №1	5
2. Указания к решению практической работы №2	10
2. Практические работы	
1. Практическая работа №1, варианты 1-10.....	16
2. Практическая работа №2, варианты 1-10.....	19
3. Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов.	21

Указания к выполнению практических работ

Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Основы электротехники» предназначены для студентов первого и второго курса очного отделения для специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» в период обучения с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Варианты практических работ индивидуальные и соответствуют номеру по списку в журнале.

Содержание условий этих задач дано по вариантам, а числовые данные - в таблицах, номера которых указаны в условиях задач.

Работы, выполненные не по своему варианту, не засчитываются.

Номер варианта учащегося	ПР 1 номер варианта задачи	ПР 2 номер варианта задачи
01	2	2
02	3	3
03	4	4
04	5	5
05	6	6
06	7	7
07	8	8
08	9	9
09	10	10
10	1	3
11	2	1
12	3	2
13	4	3
14	5	4
15	6	5
16	7	6
17	8	7
18	9	8
19	10	9
20	1	10
21	2	2
22	3	3
23	4	1
24	5	2

25	6	3
26	7	4
27	8	5
28	9	6
29	10	7
30	1	8

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Указания к решению практической работы №1

Решение ПР 1 требует знания основных законов постоянного тока, производных формул этих законов и умения их применять для расчета электрических цепей со смешанным соединением резисторов.

Перед решением задачи своего варианта рекомендуется еще раз ознакомиться с решением примеров 1, 2, 3 данного пособия и решить рекомендуемые задачи из пособия. При решении задач со смешанным соединением резисторов следует изучить последовательность решения:

1. Записать условия задачи, пояснив рисунком. Содержание условий задачи выписывать применительно к своему варианту.
2. Выписать из условий то, что дано и нужно определить в виде буквенных обозначений и числовых значений.
3. Продумать план решения и при необходимости подобрать справочный материал.

Порядок решения.

- 1). Находим эквивалентное сопротивление цепи.
- 2). Определяем токи I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , обозначив их на схеме стрелками.
- 4). Решение выполнять по этапам с нумерацией и кратким описанием действий. Именно так решены все типовые примеры пособия.

Отсутствие письменных пояснений действий приводит к неполному пониманию решения задач, быстро забывается.

- 5). Проверку выполнить следующими способами: а) логичность получения

такого результата; б) проверка результатов с применением первого и второго законов Кирхгофа, подсчетом баланса мощности; в) сравнение результатов решением задачи другими способами.

Объясним некоторые способы проверки результатов решения.

Применение первого закона Кирхгофа. Формулировка закона: алгебраическая сумма токов в узловой точке равна нулю. Математическая запись: $\sum I_n = 0$.

Подстановка числовых значений и проверка равенства.

Применение второго закона Кирхгофа. Формулировка закона: во всяком замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма э. д. с. $\sum E$ равна алгебраической сумме падений напряжений $\sum IR$ на отдельных сопротивлениях этого контура.

Подсчет баланса мощности. Общая мощность цепи равна сумме мощностей на отдельных резисторах.

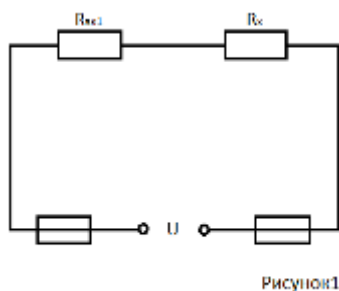
Для закрепления понимания методики решения задач со смешанным соединением резисторов рассмотрим примеры 1, 2, 3.

Пример 1. Электрическая цепь, состоящая из нескольких резисторов, имеет эквивалентное сопротивление $R_{\text{эк1}} = 10 \text{ Ом}$. Каким способом и какой по величине сопротивления резистор R_x следует подключить к цепи, чтобы увеличить эквивалентное сопротивление этой цепи до величины $R_{\text{эк2}} = 25 \text{ Ом}$?

Дано: $R_{\text{эк1}} = 10 \text{ Ом}$, $R_{\text{эк2}} = 25 \text{ Ом}$. Определить значение и способ подключения R_2 .

Решение: При последовательном соединении резисторов эквивалентное сопротивление равно сумме их сопротивлений. Так как эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{эк2}}$ по сравнению с прежним значением $R_{\text{эк1}}$ увеличивается, то резистор R_x надо включить в цепь последовательно:

$$R_{\text{эк2}} = R_{\text{эк1}} + R_x \rightarrow R_x = R_{\text{эк2}} - R_{\text{эк1}} = 25 - 10 = 15 \text{ Ом}$$



Ответ: $R_x = 15 \text{ Ом}$ (рисунок 1).

Пример 2. Электрическая цепь, состоящая из нескольких резисторов, имеет эквивалентное сопротивление $R_{эк1} = 10 \text{ Ом}$. Каким способом и какому по значению сопротивлению R_x резистор следует подключить, чтобы уменьшить эквивалентное сопротивление цепи до $R_{эк2} = 6 \text{ Ом}$?

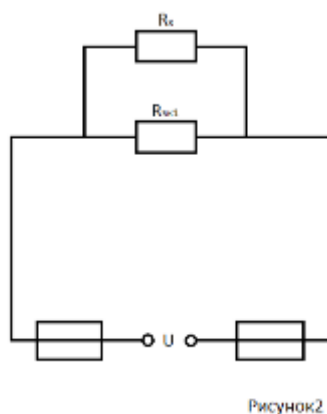
Дано: $R_{эк1} = 10 \text{ Ом}$, $R_{эк2} = 6 \text{ Ом}$.

Определить значение и способ подключения R_x .

Решение. При параллельном соединении резисторов обратное значение эквивалентного сопротивления цепи равно сумме обратных значений сопротивлений отдельных резисторов $1/R_{эк} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$ и будет меньше наименьшего сопротивления резисторов. Например, параллельно соединены резисторы сопротивлениями 100, 50, 10 и 0,5 Ом. Эквивалентное сопротивление такого соединения меньше 0,5 Ом.

По условию задачи, эквивалентное сопротивление $R_{эк2}$, меньше первоначального значение $R_{эк}$, поэтому резистор R_x подключается к цепи параллельно, а значение его сопротивления определяют следующим образом:

$$1/R_{эк} = 1/R_{эк1} + 1/R_x \rightarrow 1/R_x = 1/R_{эк2} - 1/R_{эк1} = 1/6 - 1/10 = 1/15.$$

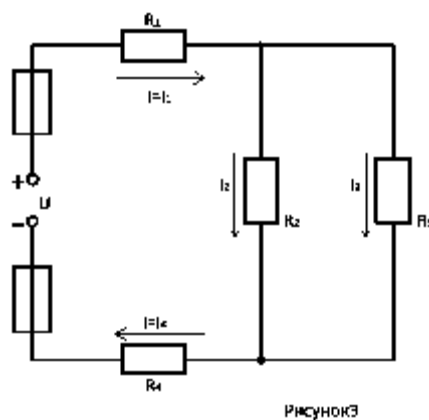


Ответ: $R_x = 15 \text{ Ом}$ (рисунок 2).

Пример 3. На рисунке 3 изображена электрическая цепь со смешанным соединением резисторов. Известны значения сопротивлений резисторов $R_1=3\text{ Ом}$, $R_2=10\text{ Ом}$, $R_3=15\text{ Ом}$, $R_4=1\text{ Ом}$, напряжение $U=110\text{ В}$ и время работы цепи $t=10\text{ ч}$. Определить токи, проходящие через каждый резистор I_1, I_2, I_3, I_4 , общую мощность цепи P и расход энергии W .

Дано: $R_1=3\text{ Ом}$, $R_2=10\text{ Ом}$, $R_3=15\text{ Ом}$, $R_4=1\text{ Ом}$, $U=110\text{ В}$, $t=10\text{ ч}$. Определить I_1, I_2, I_3, I_4, P, W .

Решение: 1. Обозначим стрелками токи, проходящие через каждый резистор с учетом их направления (рисунок 3).



2. Определим общее эквивалентное сопротивление цепи, метод подсчета которого для цепи со смешанным соединением резисторов сводится к последовательному упрощению схемы.

Сопротивления R_2 и R_3 соединены параллельно. Найдём общее сопротивление при таком соединении: $1/R_{2,3} = 1/R_2 + 1/R_3$, приводя к общему знаменателю, получим

$$R_{2,3} = R_2 R_3 / (R_2 + R_3) = 10 \cdot 15 / (10 + 15) = 150 / 25 = 6\text{ Ом}$$

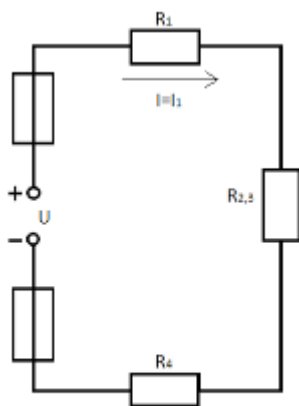


Рисунок 4

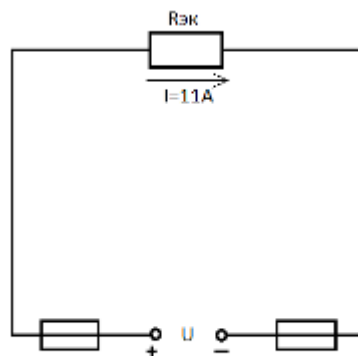


Рисунок 5

Схема примет вид рисунка 4.

Теперь резисторы $R_{2,3}$, R_1 , R_4 соединены последовательно, их общее сопротивление

$$R_{\text{эк}} = R_1 + R_{2,3} + R_4 = 3 + 6 + 1 = 10 \text{ Ом.}$$

Это общее сопротивление, включенное в цепь вместо четырех сопротивлений схемы (рисунок 3), при таком же значении напряжения не изменит тока в цепи. Поэтому это сопротивление чаще называется общим эквивалентным сопротивлением цепи или просто эквивалентным сопротивлением цепи (рисунок 5).

3. По закону Ома для внешнего участка цепи определим ток $I = U/R_{\text{эк}} = 110/10 = 11 \text{ А.}$

4. Для определения токов, проходящих через резисторы R_2 и R_3 , нужно найти напряжение на параллельном участке $U_{2,3}$. Это напряжение можно определить двумя способами:

а) $U_{2,3} = I/R_{2,3} = 11 \cdot 6 = 66 \text{ В}$ или

б) $U_{2,3} = U - IR_1 - IR_4 = U - I(R_1 + R_4) = 110 - 11 \cdot (3 + 1) = 66 \text{ В.}$

По закону Ома для параллельного участка цепи найдем

$$I_2 = U_{2,3}/R_2 = 66/10 = 6,6 \text{ А;}$$

$$I_3 = U_{2,3}/R_3 = 66/15 = 4,4 \text{ А.}$$

или, применяя первый закон Кирхгофа, получим

$$I_3 = I - I_2 = 11 - 6,6 = 4,4 \text{ А.}$$

5. Найдем общую мощность цепи:

$$P = UI = 110 \cdot 11 = 1210 \text{ Вт} = 1,21 \text{ кВт}.$$

6. Определим расход энергии:

$$W = Pt = 1,21 \cdot 10 = 12,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

7. Выполним проверку решения задачи описанными ранее способами:

а) проверим баланс мощности

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 = \\ &= 11^2 \cdot 3 + 6,6^2 \cdot 10 + 4,4^2 \cdot 15 + 11^2 \cdot 1 = 363 + 435,6 + 290,4 + 121 = 1210 \text{ Вт}; \\ 1210 \text{ Вт} &= 1210 \text{ Вт} \end{aligned}$$

б) для узловой точки А применим "первый" закон Кирхгофа

$$I = I_2 + I_3 = 11 = 6,6 + 4,4;$$

$$11 \text{ А} = 11 \text{ А};$$

в) составим уравнение по второму закону Кирхгофа, обходя контур цепи по часовой стрелке, $U = U_1 + U_{2,3} + U_4 = IR_1 + IR_{2,3} + IR_4 = 110 = 11 \cdot 3 + 11 \cdot 6 + 11 \cdot 1$. Анализ: $110 \text{ В} = 110 \text{ В}$.

Все способы проверки подтверждают правильность решения задачи

В вашем варианте достаточно использовать только тот способ, который предусмотрен условием.

Применяя описанную методику, рекомендуется решить задачи к которой даны ответы для контроля правильности решения.

Указания к решению практической работы №2

Решение этой задачи требует знания основных понятий о переменном токе: мгновенных и действующих значений токов, напряжений и э. д. с, периоде и частоте изменений переменных синусоидальных величин, начальной фазе и сдвиге фаз между током и напряжением. Необходимо также понимать физические процессы в неразветвленных цепях однофазного тока с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений, знать формулы для расчета таких цепей.

Рассмотрим примеры по расчету неразветвленных цепей переменного тока.

Индексы буквенных обозначений в задачах соответствуют индексам сопротивлений, так, например: P_1 — активная мощность первого сопротивления; U_{a1} — напряжение на первом активном сопротивлении; U_{L2} — напряжение на втором индуктивном сопротивлении и т. д.

Пример 4. В неразветвленной цепи переменного тока с сопротивлениями (рисунок 6) $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $X_{L1} = 4$ Ом, $X_{L2} = 5$ Ом, $X_{C1} = 4$ Ом, $X_{C2} = 2$ Ом подведенное напряжение $U = 220$ В.

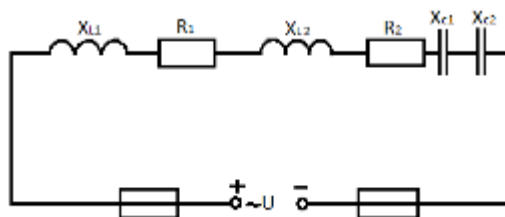


Рисунок 6

Определить: Z (полное сопротивление цепи), $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$, S , P и Q (полную, активную и реактивную мощности), I (ток цепи). Построить в масштабе векторную диаграмму.

Дано: $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $X_{L1} = 4$ Ом, $X_{L2} = 5$ Ом, $X_{C1} = 4$ Ом, $X_{C2} = 2$ Ом, $U = 220$ В. Определить: Z , $\cos \varphi$, $\sin \varphi$, I , S , P , Q .

Решение. 1. Находим полное сопротивление цепи по формуле:

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$, где $R = R_1 + R_2 = 2 + 2 = 4$ — арифметическая сумма всех активных сопротивлений, Ом; $X_L = X_{L1} + X_{L2} = 4 + 5 = 9$, $X_C = X_{C1} + X_{C2} = 4 + 2 = 6$ арифметические суммы однотипных индуктивного и емкостного сопротивлений, Подставляем полученные значения в формулу:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{4^2 + (9 - 6)^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ Ом}$$

Обратить внимание на последовательность записи решения: вначале пишем формулу, затем подставляем числовые значения электрических величин и после этого выполняем арифметические действия и пишем ответ. При такой записи удобно проверить все действия, старайтесь ее соблюдать!

2. По закону Ома для цепи переменного тока определим ток в цепи:

$$I = U/Z = 220/5 = 44 \text{ А.}$$

3. Из треугольника сопротивлений следует:

$$\cos \varphi = R/Z = 4/5 = 0,8 \text{ и } \sin \varphi = (X_L - X_C)/Z = (9 - 6)/5 = 3/5 = 0,6.$$

По таблицам тригонометрических величин найдем значение угла сдвига фаз: $\varphi = 36^\circ 50'$.

4. Подсчитаем значение мощностей:

$$\text{полная мощность } S = UI = 220 \cdot 44 = 9680 \text{ В} \cdot \text{А} = 9,68 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$\text{активная } P = S \cos \varphi = 9680 \cdot 0,8 = 7744 \text{ Вт} = 7,744 \text{ кВт};$$

$$\text{реактивная } Q = S \sin \varphi = 9680 \cdot 0,6 = 5808 \text{ вар} = 5,808 \text{ квар}.$$

При построении векторных диаграмм тока и напряжений следует исходить из следующих условий:

1) ток одинаков для любого участка цепи, так как разветвлений в ней нет;

2) на каждом сопротивлении при прохождении тока создается падение напряжения, значение которого определяют по закону Ома для участка цепи и называют напряжением на данном сопротивлении: $U_a = IR$ — на активном; $U_L = IX_L$ — на индуктивном;

$$U_C = IX_C \text{ — на емкостном.}$$

Построение векторной диаграммы.

1. Выписываем значение тока и напряжений:

$$I = 44 \text{ А}, U_{L1} = IX_{L1} = 44 \cdot 4 = 176 \text{ В}, U_{a1} = IR_1 = 44 \cdot 2 = 88 \text{ В}, U_{L2} = IX_{L2} = 44 \cdot 5 = 220 \text{ В}, U_{a2} = IR_2 = 44 \cdot 2 = 88 \text{ В}, U_{C1} = IX_{C1} = 44 \cdot 4 = 176 \text{ В}, U_{C2} = IX_{C2} = 44 \cdot 2 = 88 \text{ В}.$$

2. Исходя из размеров бумаги (миллиметровки или тетрадного листа в клеточку), задаемся масштабом по току и напряжению. Для рассматриваемого примера принимаем масштаб: по току $m_I = 10 \text{ А/см}$, по напряжению $m_U = 44 \text{ В/см}$. Тогда длины векторов l следующие:

$$\text{длина вектора тока: } l_I = I/m_I = 44 \text{ А}/10 \text{ А/см} = 4,4 \text{ см},$$

длины векторов напряжений:

$$l_{UL1} = U_{L1}/m_U = 176 \text{ В}/44 \text{ В/см} = 4 \text{ см};$$

$$l_{UL2} = U_{L2}/m_U = 220 \text{ В}/44 \text{ В/см} = 5 \text{ см};$$

$$l_{UC1} = U_{C1}/m_U = 176 \text{ В}/44 \text{ В/см} = 4 \text{ см};$$

$$l_{Ua1} = U_{a1}/m_U = 88 \text{ В}/44 \text{ В/см} = 2 \text{ см};$$

$$l_{U_{a2}} = U_{a2}/m_U = 88 \text{ В}/44 \text{ В/см} = 2 \text{ см};$$

$$l_{U_{C2}} = U_{C2}/m_U = 88 \text{ В}/44 \text{ В/см} = 2 \text{ см}.$$

3. Выполняем построение диаграммы в такой последовательности

а) за начальный принимается вектор тока, так как ток является одинаковым значением для всех участков цепи.

Строим этот вектор горизонтально в масштабе (рисунок 7).

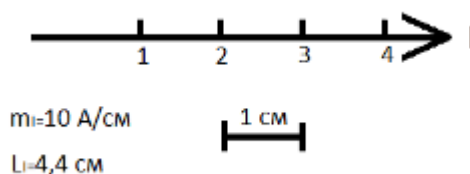


Рисунок 7

Далее следует строить векторы напряжений на каждом сопротивлении с учетом сдвига фаз относительно вектора тока. При этом целесообразно придерживаться последовательности расположения сопротивлений и напряжений на них $U_{L1} \rightarrow U_{a1} \rightarrow U_{L2} \rightarrow U_{a2} \rightarrow U_{C1} \rightarrow U_{C2}$

б) вектор напряжения на первом индуктивном сопротивлении U_{L1} строим от начала вектора тока под углом 90° в сторону опережения этого вектора (вверх) (рисунок 8);

в) вектор напряжения на первом активном сопротивлении U_{a1} строим от конца вектора U_{L1} параллельно вектору тока, так как между этими векторами I и U_{a1} сдвига фаз нет (рисунок 9);

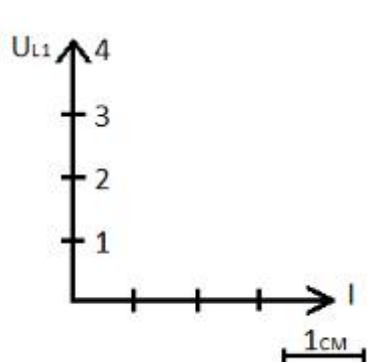


Рисунок 8

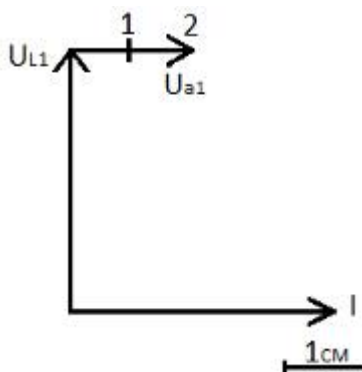


Рисунок 9

г) вектор напряжения на втором индуктивном сопротивлении U_{L2} строим от конца вектора U_{a1} в сторону опережения на 90° (вверх) (рисунок 10);

д) вектор напряжения на втором активном сопротивлении U_{a2} строим от конца вектора U_{L2} параллельно вектору тока аналогично построению вектора U_{a1} (рисунок 11);

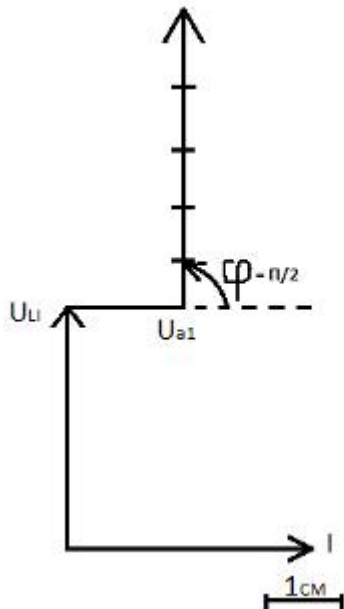


Рисунок 10

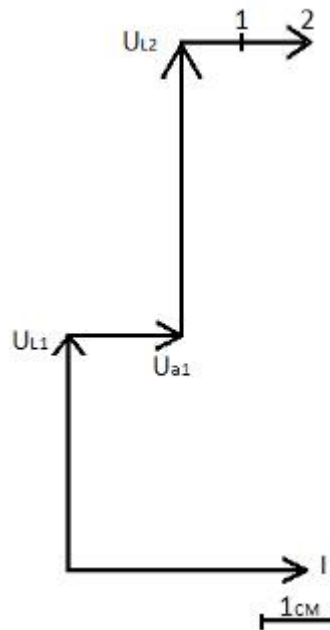


Рисунок 11

е) векторы напряжений на первом и втором емкостных сопротивлениях U_{c1} и U_{c2} строим от конца вектора U_{a2} под углом 90° в сторону отставания от вектора тока (вниз) (рисунок 12);

ж) вектор полного напряжения U находим геометрически сложением векторов по правилу многоугольника, начало принятого за первый вектор U_{L1} соединяем с концом последнего вектора U_{c2} (рисунок 13).

$$U = U_{L1} + U_{a1} + U_{L2} + U_{a2} + U_{c1} + U_{c2}$$

Угол между векторами тока I и общего (приложенного) напряжения U обозначают φ и называют углом сдвига фаз данной цепи.

Проверка. Следует проверить аналитическое решение и построение векторной диаграммы путем их сопоставления следующим образом.

1. Проверка угла φ производится с помощью транспортира и сравнением полученной величины угла в градусах с расчетным в п. 3 решения. В данном случае по расчету $\varphi = 36^\circ 50'$, по диаграмме этот угол также равен $\varphi = 36^\circ 50'$.

2. Проверка значения приложенного напряжения: по диаграмме длина

этого вектора $l_U = 5 \text{ см}$, значение напряжения $U = l_U m_U = 5 \text{ см} \cdot 44 \text{ В/см} = 220 \text{ В}$, что соответствует условиям задачи. Значит, диаграмма построена верно.

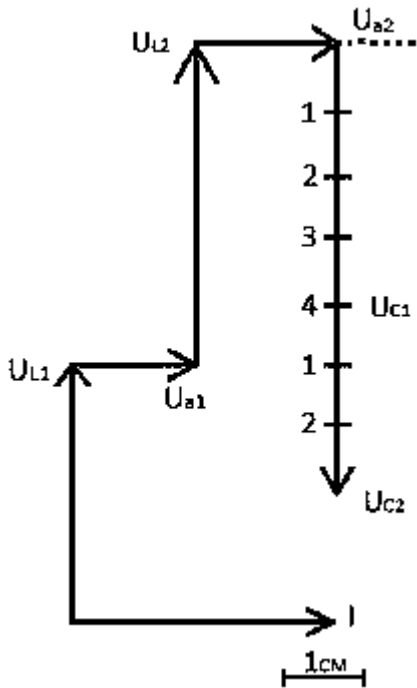


Рисунок 12

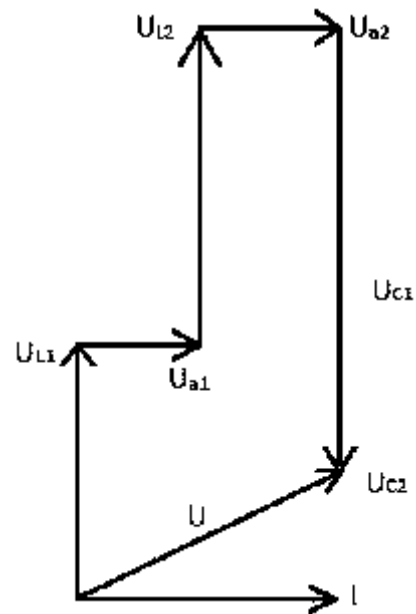


Рисунок 13

Практическая работа №1

Расчет электрических цепей постоянного тока

варианты 1-10.

Цепь постоянного тока со смешанным соединением состоит из четырех резисторов. В зависимости от варианта заданы: схема цепи (по номеру рисунка), величины сопротивлений резисторов R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , напряжение U , ток I или мощность P всей цепи.

Определить: 1) эквивалентное сопротивление цепи $R_{эк}$; 2) токи, проходящие через каждый резистор I_1 , I_2 , I_3 , I_4 .

Решение задачи проверить, применив первый закон Кирхгофа.

Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Таблица 1

Номер варианта задачи	Номер рисунка	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	U , I , P
1	1	3	4	2	3	$U=20\text{ В}$
2	2	15	10	4	15	$I=5\text{ А}$
3	3	12	2	4	4	$P=50\text{ Вт}$
4	4	6	30	6	20	$U=100\text{ В}$
5	5	20	40	30	5	$I=2\text{ А}$
6	6	10	15	35	15	$P=48\text{ Вт}$
7	7	30	20	4	2	$U=40\text{ В}$
8	8	50	40	60	12	$I=3\text{ А}$
9	9	10	11	90	10	$P=120\text{ Вт}$
10	10	4	2	20	5	$U=40\text{ В}$

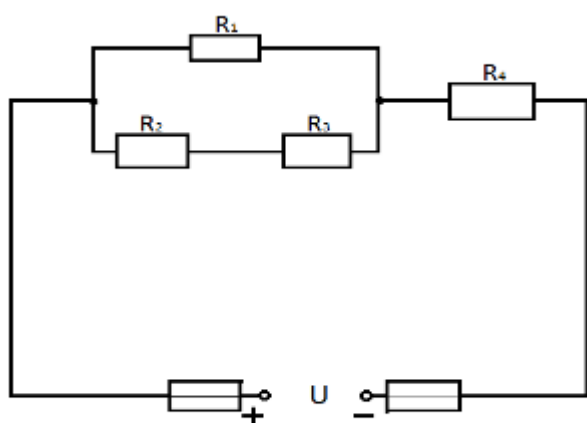


Рисунок 1

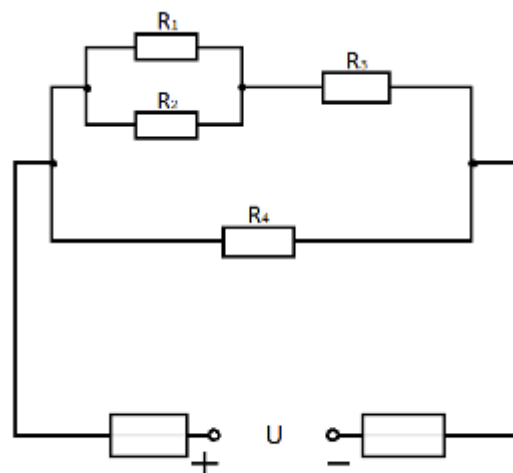


Рисунок 2

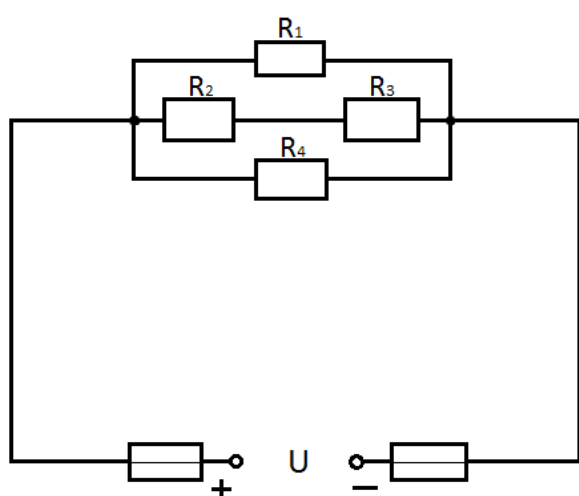


Рисунок 3

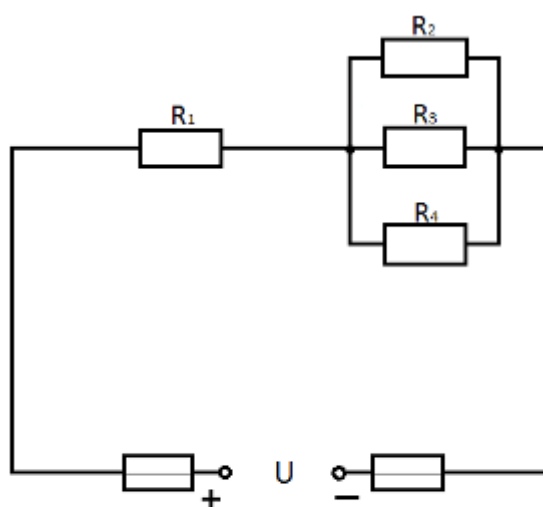


Рисунок 4

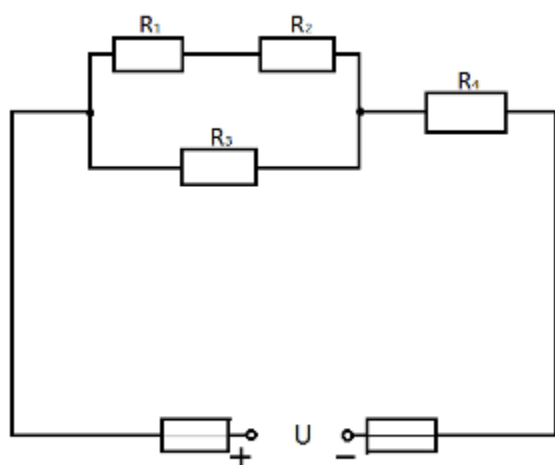


Рисунок 5

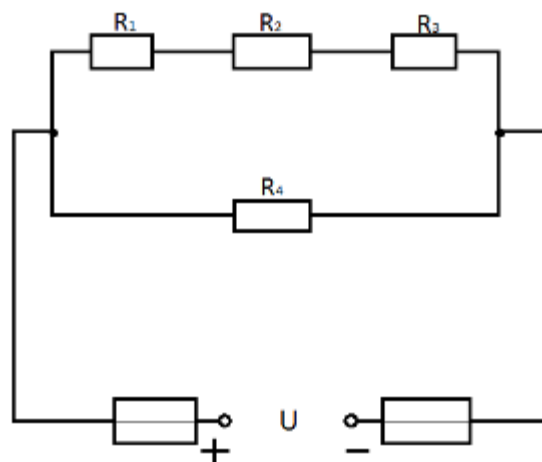


Рисунок 6

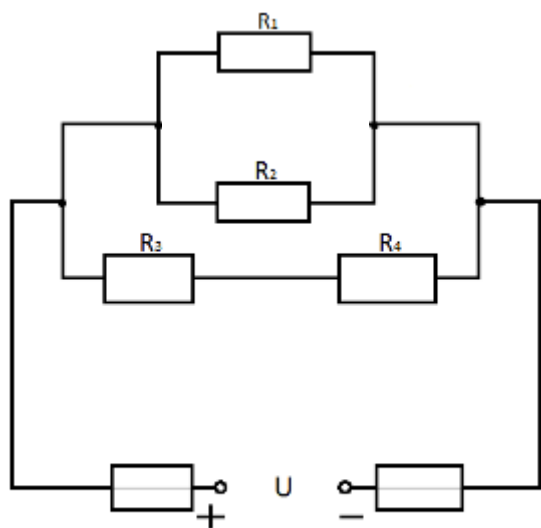


Рисунок 7

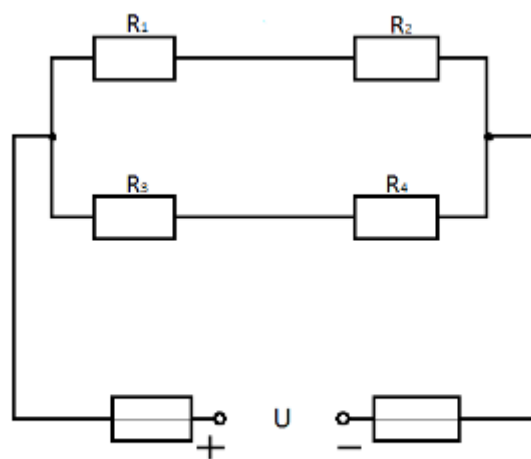


Рисунок 8

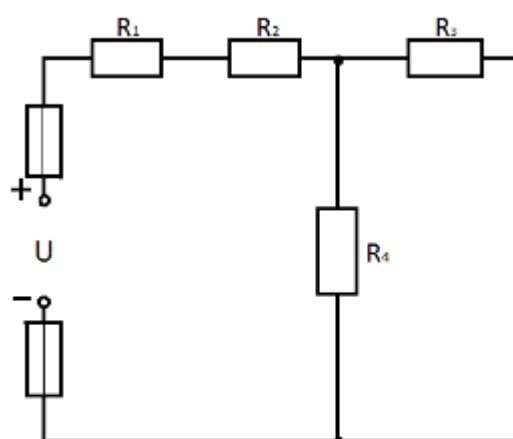


Рисунок 9

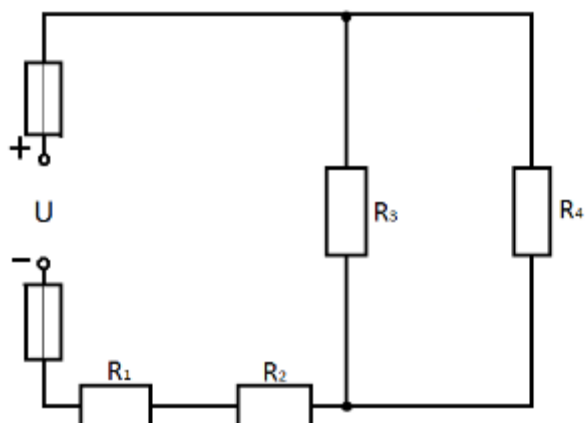


Рисунок 10

Практическая работа №2

Расчет однофазных цепей переменного тока

варианты 1-10.

Для неразветвленной цепи переменного тока с активными, индуктивными и емкостными сопротивлениями определить величины, которые не даны в условиях задачи: 1) Z — полное сопротивление цепи, Ом; 2) I — ток цепи, А; 3) U — напряжение, приложенное к цепи, В; 4) φ — угол сдвига фаз между током и напряжением; 5) S — полную, P — активную, Вт; Q — реактивную, вар, мощности цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму и кратко описать порядок ее построения, указав, в какую сторону и почему направлен каждый вектор. Числовые значения электрических величин, нужные для решения задачи, даны в таблице 3. Проверить решение задачи, сравнивая значения приложенного напряжения U и угла сдвига фаз цепи φ , полученные расчетным путем или заданные в условиях с результатами подсчета по векторной диаграмме. При расхождении найти ошибку.

Таблица 2

Номер варианта	Номер рисунка	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{L2} , Ом	X_{C1} , Ом	X_{C2} , Ом	U, I, S, P, Q
1	11	14	10	40	-	8	-	$U=80$ В
2	12	64	-	12	-	60	-	$I=2$ А
3	13	32	-	25	25	26	-	$U=160$ В
4	14	6	-	2	-	4	6	$S=40$ В*А
5	15	30	20	30	-	14	-	$U=100$ В
6	11	1	2	7	-	3	-	$I=10$ А
7	12	80	-	100	-	40	-	$U=200$ В
8	13	3	-	1	3	8	-	$Q=-16$ вар
9	14	12	-	3	-	8	4	$I=4$ А
10	15	40	10	4	-	10	-	$U=80$ В

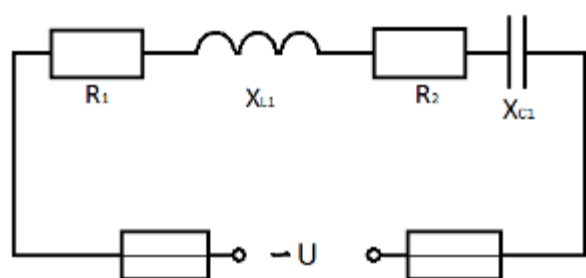


рисунок 11

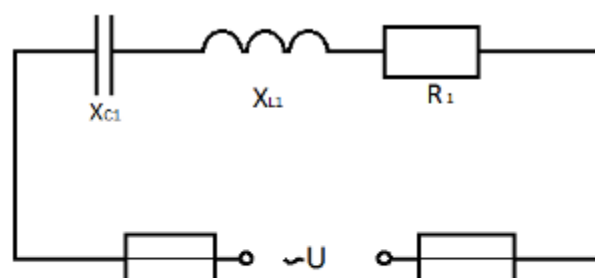


рисунок 12

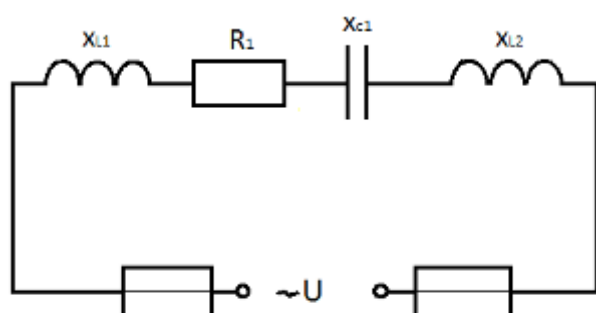


Рисунок 13

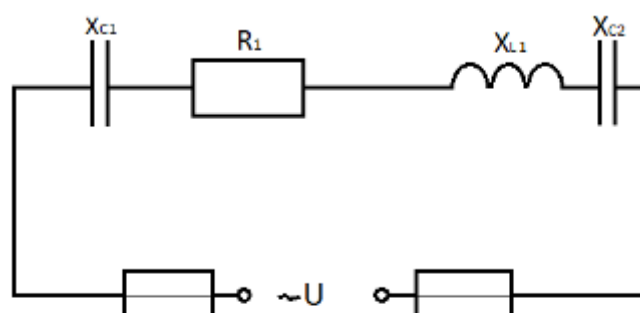


рисунок 14

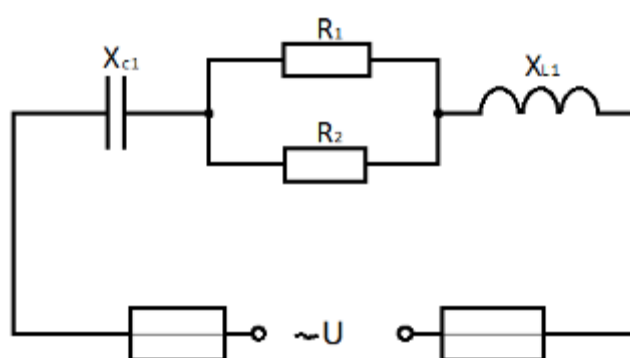


рисунок 15

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература:

1. Аполлонский, С.М. Электротехника. :учебник / Аполлонский С.М. — Москва: КноРус, 2019. — 292 с. — (СПО). — ISBN 978-5-406-07332-2. — URL: <https://book.ru/book/933657>
2. Аполлонский, С.М. Электротехника: практикум / Аполлонский С.М. — Москва: КноРус, 2018. — 318 с. — (СПО). — ISBN 978-5-406-05900-5. — URL: <https://book.ru/book/927853>
3. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учебное пособие. - Ростов н/Д: ООО "Феникс", 2018
4. Покотило С.А., Панкратов В.И. Электротехника и электроника: учебное пособие. - Ростов н/Д: ООО "Феникс", 2018

Дополнительная литература:

1. Зайцев В.Е. и Нестерова Т.А. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок-М.; АСАДЕМА, 2009.
2. Славинский, А. К. Электротехника с основами электроники : учеб. пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. — Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. — 448 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-106242-5. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/989315>