



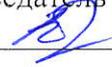
**ГБПОУ «Пермский политехнический колледж
имени Н.Г. Славянова»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

для реализации Программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности

09.02.06 Сетевое и системное администрирование
(технологический профиль профессионального образования)

Рассмотрено и одобрено на заседании
Предметной цикловой комиссией
*«Выпускающая студентов на
государственную итоговую
аттестацию*
Протокол №2
от 21 октября 2023 г.
Председатель ПЦК


С.В. Вепрева

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
ПРИЛОЖЕНИЕ	
Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ по учебным дисциплинам и междисциплинарным курсам	5

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки, являются формой организации учебного процесса, направленной на выработку у обучающихся практических умений для изучения последующих учебных дисциплин, профессиональных модулей и для решения профессиональных задач.

Выполнение обучающимся практических занятий направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам учебных дисциплин профессиональных модулей;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся в учебных кабинетах, лабораториях, мастерских. Необходимыми структурными элементами практического занятия, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также анализ и оценка выполненных работ и степени овладения студентами запланированными умениями.

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.

Содержание практического занятия определяется перечнем профессиональных умений по конкретной учебной дисциплине

(профессиональному модулю), а также характеристикой профессиональной деятельности выпускников, требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы.

По каждой учебной дисциплине и междисциплинарному курсу для обучающихся разработаны методические указания по выполнению практических работ.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

Формы организации студентов на практических занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется микро-группами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Оценки за выполнение практических работ являются показателями текущей успеваемости студентов по учебной дисциплине.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ по учебным дисциплинам и междисциплинарным курсам

Код	Наименование учебной дисциплины, профессионального модуля, междисциплинарного курса	№ Приложения
ОУД.01	Русский язык	1
ОУД.02	Литература	2
ОУД.03	Иностранный язык	3
ОУД.04	История	4
ОУД.05	Обществознание	5
ОУД.06	География	6
ОУД.07	Химия	7
ОУД.08	Биология	8
ОУД.09	Физическая культура	9
ОУД.10	Основы безопасности жизнедеятельности	10
ОУД.11	Математика	11
ОУД.12	Информатика	12
ОУД.13	Физика	13
ОУД.14	Основы исследовательской и проектной деятельности	14
ОУД.15	Введение в специальность	15
СГ.01	История России	16
СГ.02	Иностранный язык в профессиональной деятельности	17
СГ.03	Безопасность жизнедеятельности	18
СГ.04	Физическая культура	19
СГ.04	Адаптивная физическая культура	20
СГ.05	Основы бережливого производства	21
СГ.06	Основы финансовой грамотности	22
ОП.01	Элементы высшей математики	23
ОП.02	Дискретная математика с элементами математической логики	24
ОП.03	Теория вероятностей и математическая статистика	25
ОП.04	Основы алгоритмизации и программирования	26
ОП.05	Основы проектирования баз данных	27
ОП.06	Архитектура аппаратных средств	28
ОП.07	Операционные системы и среды	29
ОП.08	Информационные технологии	30
ОП.09	Правовое обеспечение профессиональной деятельности	31
ОП.10	Стандартизация, сертификация и техническое документоведение	32
ОП.11	Основы электротехники	33
ОП.12	Инженерная компьютерная графика	34
ОП.13	Технологии физического уровня передачи данных	35
МДК.01.01	Организация, принципы построения и функционирования компьютерных сетей	36

МДК.01.02	Настройка и техническое обслуживание объектов сетевой инфраструктуры	37
МДК.02.01	Администрирование сетевых операционных систем	38
МДК.02.02	Программное обеспечение компьютерных сетей	39
МДК.02.03	Организация администрирования компьютерных систем	40
МДК.03.01	Компьютерные сети	41
МДК.03.02	Безопасность компьютерных сетей	42
МДК.04.01	Проектирование и наладка беспроводных сетей	43
МДК.05.01	Веб-программирование	44

**Методические указания
для обучающихся по выполнению практических работ
по учебной дисциплине
ОП.11 Основы электротехники**

**Автор: Мазунина Зульфия
Хасимовна, ГБПОУ «Пермский
политехнический колледж имени Н.Г.
Славянова», преподаватель первой
квалификационной категории**

СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	2
2	Содержание практических занятий	3
	Практическая работа № 1 Расчёт электрических цепей постоянного тока при смешанном соединении резисторов	3
	Практическая работа № 2 Расчет неразветвленных цепей переменного тока	14
4	Список источников и литературы	20

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических занятий обучающимися по дисциплине **ОП.11 Основы электротехники** предназначены для обучающихся по специальности *09.02.06 Сетевое и системное администрирование*

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по дисциплине **ОП.11 Основы электротехники**

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по *09.02.06 Сетевое и системное администрирование*, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ПК 1.2. Поддерживать работоспособность аппаратно-программных средств устройств инфокоммуникационных систем

ПК 3.5. Модернизировать сетевые устройства информационно-коммуникационных систем

В результате выполнения практических занятий по дисциплине **ОП.11 Основы электротехники** обучающиеся должны:

уметь:

- выполнять расчеты электрических цепей;
- собирать электрические схемы и проверять их работу;
- выполнять измерения параметров цепей постоянного и переменного токов;

знать:

- основу теории электрических и магнитных полей;
- методы расчета цепей постоянного и переменного токов;
- схемы включения приборов для измерения тока, напряжения, энергии

Описание каждого практического занятия содержит: раздел, тему, количество часов, цели работы, что должен знать и уметь обучающийся, теоретическую часть, порядок выполнения работы, контрольные вопросы, учебно-методическое и информационное обеспечение.

На выполнение практических занятий по дисциплине **ОП.11 Основы электротехники** отводится *4 часа*.

Содержание практических занятий

Практическая работа №1

«Расчёт электрических цепей постоянного тока
при смешанном соединении резисторов»

Тема 1: Электрические цепи постоянного тока

Количество часов: 2

Цель: Научиться рассчитывать электрическую цепь постоянного тока и определять параметры при смешанном соединении резисторов;

Теоретическая часть:

- Электрической цепью называют совокупность устройств, предназначенных для получения, передачи, преобразования и использования электрической энергии. Электрическая цепь состоит из отдельных устройств: источников электрической энергии; потребителей электрической энергии; коммутационной аппаратуры для включения и отключения цепи; электроизмерительных приборов; проводов.
- Расчет электрической цепи производится для различного вида соединений методом «свертывания». Поставить на схеме узлы и токи, определить, как включены резисторы. Для определения эквивалентного сопротивления свернуть цепь по направлению к источнику питания. Ветвь, в которую включен источник, сворачивается в последнюю очередь.
- Ветвь электрической цепи — это участок, расположенный между двумя узлами.
- В процессе свертывания цепи (при замене группы резисторов одним резистором) строить схемы замещения. В каждой схеме замещения показывать сопротивление, узлы соединения. В конце свертывания определить эквивалентное сопротивление, общее напряжение в ветвях. Для определения токов в ветвях начинать двигаться от последней схемы к первой. Для определения токов в ветвях необходимо знать сопротивление и напряжение этой ветви (**нельзя** для определения напряжения брать напряжение, приложенное к цепи). Для определения напряжения в ветвях необходимо вернуться к предыдущей схеме, найти этот участок (ветвь) и определить там напряжение

Порядок выполнения работы: (содержит задания, ход работы и требования к оформлению задания).

Задание 1. На рисунке 1.1 задана электрическая цепь постоянного тока смешанного соединения, состоящая из 7 резисторов. Даны значения сопротивлений резисторов, и одна из величин, действующих на входе цепи: напряжение, ток или мощность. Исходные данные сведены в таблицу 1.1:

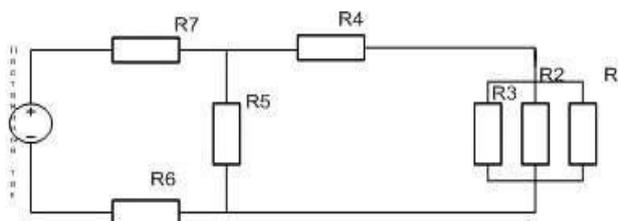


Рисунок 1.1 – Расчетная электрическая цепь

Таблица 1.1– Исходные данные для задачи 1

P	U	I	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Вт	В	А	Ом						
?	240	?	10	20	60	9	30	2	4

Определить:

$R_{экв}$ – эквивалентное сопротивление цепи,

P – мощность, потребляемая цепью,

$I_{вх}$ – силу тока на входе цепи, или напряжение источника, в зависимости от заданной величины,

U_i, I_i – токи и напряжения на всех элементах цепи, а также $W_{эл}$ – расход энергии за 8 часов работы цепи.

Задача относится к теме "Электрические цепи постоянного тока".

Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой ток в каждом резисторе: номер тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

Решение.

I. Определение эквивалентного сопротивления цепи:

Для определения эквивалентного сопротивления цепи применяется метод «свертывания» цепи.

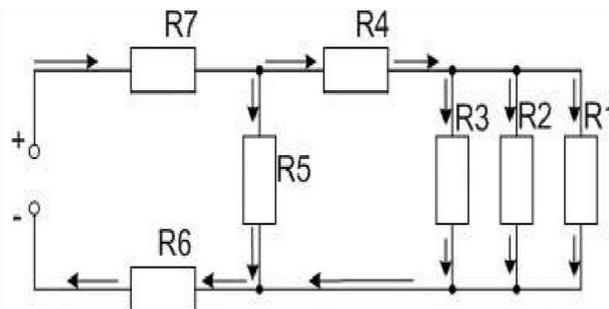


Рисунок 1.1(а) – Исходная заданная цепь.

Предполагаемое направление токов в элементах заданной цепи

«Свёртывание» цепи начинают с её конца.

1.1. В данном случае с группы резисторов R_1, R_2 и R_3 , включенных параллельно. При параллельном соединении складываются проводимости ветвей. Общее сопротивление группы определится как величина обратная суммарной проводимости:

1.2.

$$R_{123} = \frac{1}{g_{123}}, \text{ где: } g_{123} = g_1 + g_2 + g_3 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{6+3+1}{60} = \frac{10}{60} = \frac{1}{6} \text{ Ом}$$

Найдем обратную величину : $R_{123} = 6 \text{ .Ом}$

Сейчас 3 резистора можно заменить одним $- R_{123}$.

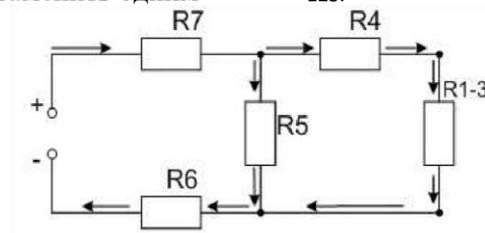


Рисунок 1.2

В полученной цепи резисторы R_{123} и R_4 соединены последовательно. При последовательном соединении общее сопротивление определяется суммой номиналов резисторов: $R_{1234} = R_{123} + R_4 = 6 + 9 = 15 \text{ .Ом}$.

Вновь преобразуем схему, заменив 2 резистора на один им эквивалентный:

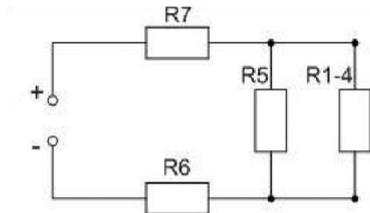


Рисунок 1.3 – 2 шаг упрощения цепи.

1.3. В новой схеме легко заменить образовавшуюся пару с параллельным включением R_{1234} и R_5 . Найдем их общее сопротивление, воспользовавшись формулой для двух параллельно включенных резисторов:

$$R_{\text{экр}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \cdot 15}{30 + 15} = 10 \text{ Ом}$$

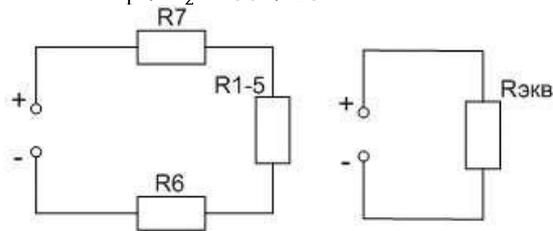


Рисунок 1.5 а) – 3 шаг упрощения цепи; б) – Упрощенная цепь.

1.4. После этого, схема преобразуется в схему цепи с простейшим соединением, а именно: R_7 , R_6 и R_{1-5} включены последовательно, сумма этих сопротивлений является последним шагом в определении эквивалентного сопротивления –

$R_{\text{экр}}$.

$$R_{\text{экр}} = R_7 + R_6 + R_{1-5} = 4 + 2 + 10 = 16 \text{ .Ом}$$

II. Определение тока на входе цепи

Для этого воспользуемся законом Ома: $I = \frac{U}{R}$
2.1

Так как напряжение $U = 240$ В приложено ко всей цепи имеющей эквивалентное сопротивление – $R_{\text{ЭКВ}} = 16$ Ом, тогда согласно закону Ома :

$$I_{\text{ВХ}} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}}, \quad I_{\text{ВХ}} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{240}{16} = 15 \text{ А}$$

III. Расчет токов и напряжений в каждом элементе цепи.

Последний этап решения задачи начинается от входных зажимов, поэтому вернёмся к начальной схеме.

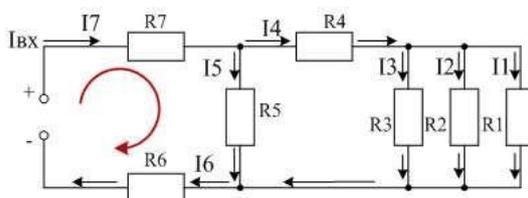


Рисунок 1.7 – Исходная заданная цепь. 1 контур

Запишем уравнение по 2-у закону Кирхгофа для первого от входных зажимов контура:

$$E = U_{\text{ВХ}} = I_7 \cdot R_7 + I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6$$

Учитывая, что «входной» ток равен «выходному», имеем: $I_{\text{ВХ}} = I_7 = I_6 = 15$ А, тогда, зная значение токов и величины сопротивлений, можно по закону Ома (для участка цепи) найти падения напряжения на резисторах R_7 и R_6 : $U_7 = I_7 \cdot R_7 = 15 \cdot 4 = 60$ В.

$$U_6 = I_6 \cdot R_6 = 15 \cdot 2 = 30 \text{ В.}$$

После чего, напряжение на R_5 можно определить из 2 закона Кирхгофа: $U_5 = U_{\text{ВХ}} - U_7 - U_6 = 240 - 60 - 30 = 150$ В.

Ток I_5 найдем по закону Ома: $I_5 = U_5 / R_5 = 150 / 30 = 5$ А.

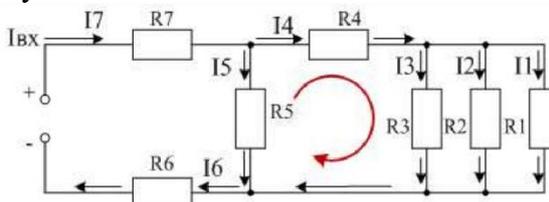


Рисунок 1.8 – Исходная заданная цепь. 2 контур

В исходной цепи по 2-у закону Кирхгофа для 2-го контура имеем:

$0 = U_4 + U_3 - U_5$, где: $U_3 = U_2 = U_1 = U_{123}$, действительно, цепочка из резистора R_4 и группы R_{123} (R_1, R_2, R_3) включена параллельно резистору R_5 .

Следовательно: $U_5 = (U_3 + U_4)$

Тогда: $U_3 + U_4 = 150$ В.

По 1 закону Кирхгофа запишем

Для узла А : $I_7 = I_5 + I_4$,

Для узла В: $I_4 = I_1 + I_2 + I_3$.

Найдем ток и напряжение на резисторе R_4 :

$$I_4 = I_7 - I_5 = 15 - 5 = 10 \text{ А}; \quad U_4 = I_4 \cdot R_4 = 10 \cdot 9 = 90 \text{ В}$$

3.4 Так как R_1, R_2 и R_3 , включены параллельно, то напряжения на каждом из них одинаковые $U_1 = U_2 = U_3 = U_{123}$ $U_{123} = U_5 - U_4 = 150 - 90 = 60$ В.

$$I_1 = U_{123} / R_1 = 60 : 10 = 6 \text{ А.}$$

$$I_2 = U_{123} / R_2 = 60 : 20 = 3 \text{ А.}$$

$$I_3 = U_{123} / R_3 = 60 : 60 = 1 \text{ А.}$$

Выполним проверку по первому закону Кирхгофа: $I_4 = I_1 + I_2 + I_3$.

$10A = 6A + 3A + 1A$ - равенство выполняется, следовательно, задача решена, верно. IV. Определение мощности и расхода энергии.

Мощность потребляемая цепью:

$$P = I \cdot U = 15 \cdot 240 = 3600 \text{ Вт}$$

$$\text{или } P = I^2 \cdot R_{\text{э.кв.}} = 15^2 \cdot 16 = 225 \cdot 16 = 3600 \text{ Вт}$$

Расход энергии цепью за восемь часов работы:

$$W_{\text{эл}} = P \cdot t = I \cdot U \cdot t = 15 \cdot 240 \cdot 8 = 28800$$

$$\text{Вт} \cdot \text{ч} = 28,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Результаты расчета записать в таблицу 1.3:

Таблица 1.3– Результаты расчета задачи 1.1

$R_{\text{э.кв}}$	$U_{\text{вх}}$	$I_{\text{вх}}$	U_1	I_1	U_2	I_2	U_3	I_3	U_4	I_4	U_5	I_5	U_6	I_6	U_7	I_7	P	W за 8 ч
Ом	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	кВт	кВт*ч
16	240	15	60	6	60	3	60	1	90	10	150	5	30	15	60	15	3,6	28,8

Ход работы

Рассчитать электрическую цепь постоянного тока по данным варианта.

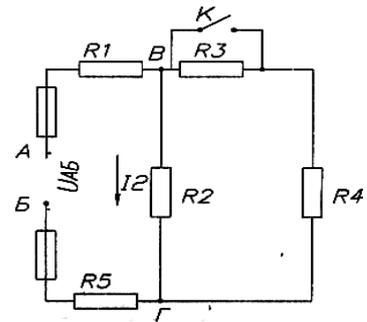
Вариант 1

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 20 ч

Дано: $R_1=8 \text{ Ом}$ $R_2=6 \text{ Ом}$ $R_3=8 \text{ Ом}$

$R_4=30 \text{ Ом}$ $R_5=10 \text{ Ом}$ $U_{\text{вг}}=20 \text{ В}$



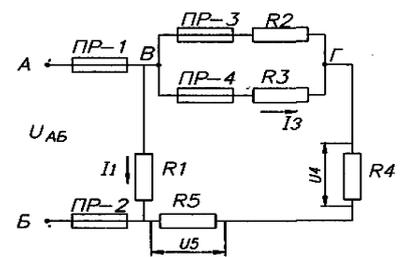
Вариант 2

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 10 ч

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$; $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=2 \text{ Ом}$;

$U_4 = 30 \text{ В}$.



Вариант 3

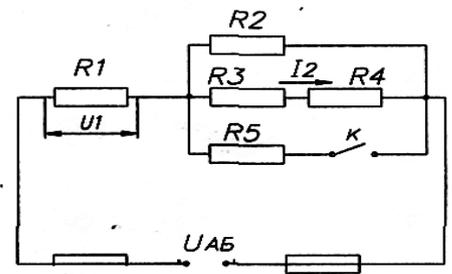
Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью, если 1 кВт ч стоит 4.00 руб.

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=11 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;

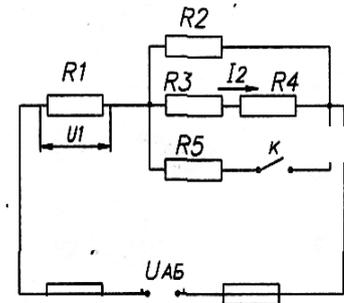
$R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=9 \text{ Ом}$; $U_{\text{общ}}=200 \text{ В}$

Вариант 4



Для цепи постоянного тока определить:

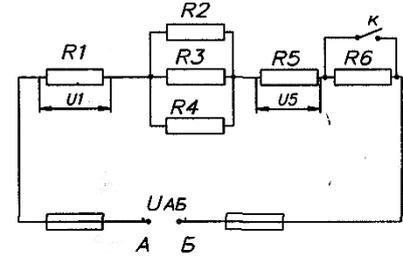
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 20 ч.
- Дано: $R_1=6 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=8 \text{ Ом}$;
 $R_4=7 \text{ Ом}$; $R_5=6 \text{ Ом}$;
 $U_{AB}=120 \text{ В}$



Вариант 5

Для цепи постоянного тока определить:

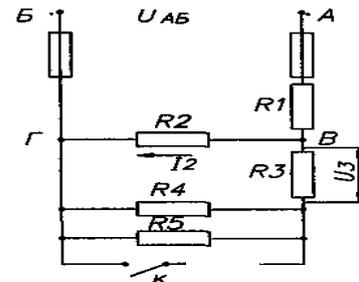
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Напряжения на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 100 ч., если 1 кВт ч стоит 4руб.
- Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$; $R_4=6 \text{ Ом}$; $R_5=7 \text{ Ом}$;
 $R_6=10 \text{ Ом}$; $U_1=45 \text{ В}$



Вариант 6

Для цепи постоянного тока определить:

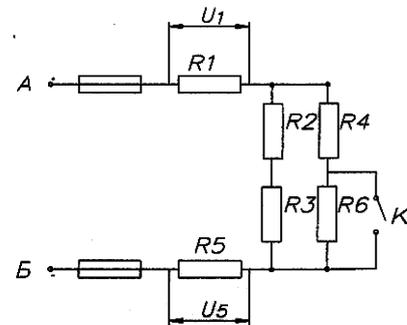
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Напряжения на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 50 ч.
- Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=15 \text{ Ом}$; $U_3=60 \text{ В}$



Вариант 7

Для цепи постоянного тока определить;

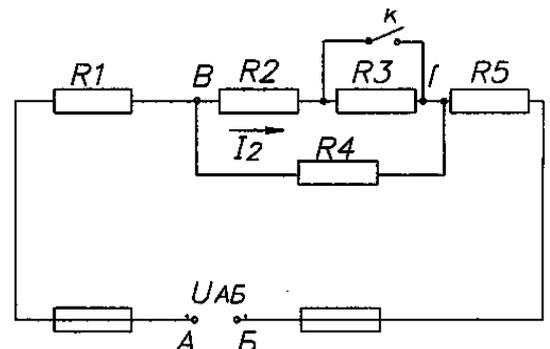
1. Эквивалентное сопротивление
 2. Токи в каждом сопротивлении
 3. Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 4. Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.
- Дано: $R_1=1 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=2 \text{ Ом}$;
 $R_4=15 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_{\text{общ}}=6 \text{ А}$.



Вариант 8

Для цепи постоянного тока определить:

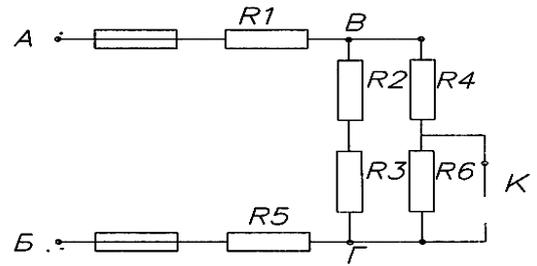
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 80 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.
- Дано: $R_1=3 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$; $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=4 \text{ Ом}$;
 $R_6=10 \text{ Ом}$; $I_2=4 \text{ А}$.



Вариант 9

Для цепи постоянного тока определить:

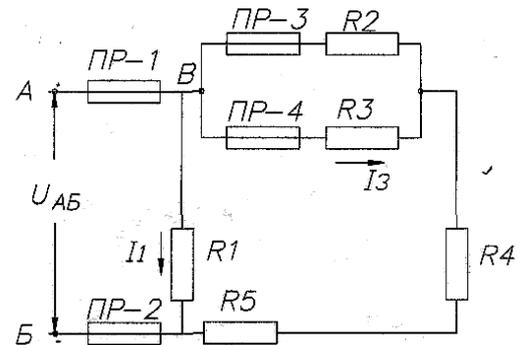
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.,
- Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_5=6 \text{ А}$.



Вариант 10

Для цепи постоянного тока определить:

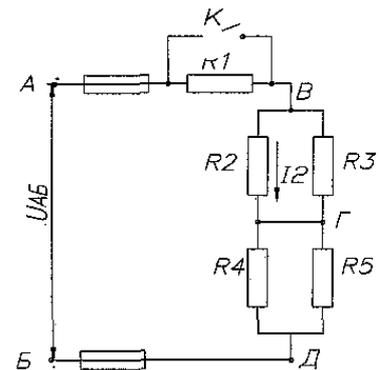
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 100 ч
- Дано: $R_1=12 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=20 \text{ Ом}$; $I_3=4 \text{ А}$



Вариант 11

Для цепи постоянного тока определить:

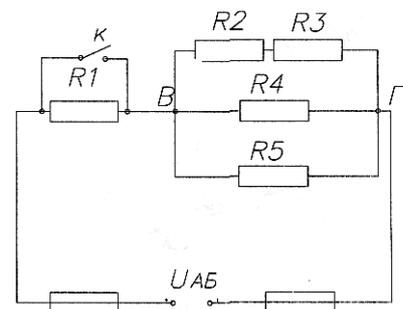
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Количество тепла, выделяемое на сопротивление R_2 за 10 ч
- Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=20 \text{ Ом}$; $R_3=5 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=12 \text{ Ом}$; $U_{ДВ} = 12 \text{ В}$



Вариант 12

Для цепи постоянного тока определить:

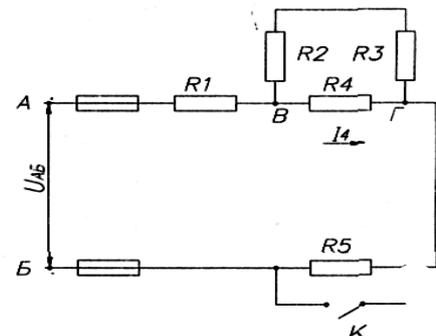
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Напряжения на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 300 ч., если 1 кВт ч стоит 4руб.
- Дано: $R_1=8 \text{ Ом}$; $R_2=12 \text{ Ом}$; $R_3=8 \text{ Ом}$;
 $R_4=5 \text{ Ом}$; $R_5=4 \text{ Ом}$; $I_{\text{общ}} = 10 \text{ А}$



Вариант 13

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 200 ч
- Дано: $R_1=80 \text{ Ом}$ $R_2=60 \text{ Ом}$ $R_3=80 \text{ Ом}$
 $R_4=300 \text{ Ом}$ $R_5=100 \text{ Ом}$ $U_{ВГ}=20 \text{ В}$

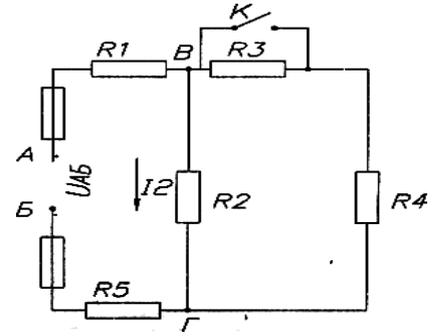


Вариант 14

Для цепи постоянного тока определить:

1. Эквивалентное сопротивление
2. Токи в каждом сопротивлении
3. Напряжения на каждом сопротивлении
4. Количество тепла, выделяемое на сопротивление R_2 за 100 ч

Дано: $R_1=2 \text{ Ом}$ $R_2=11 \text{ Ом}$ $R_3=4 \text{ Ом}$ $R_4=10 \text{ Ом}$ $R_5=40 \text{ Ом}$
 $I_{\text{общ}}=4 \text{ А}$

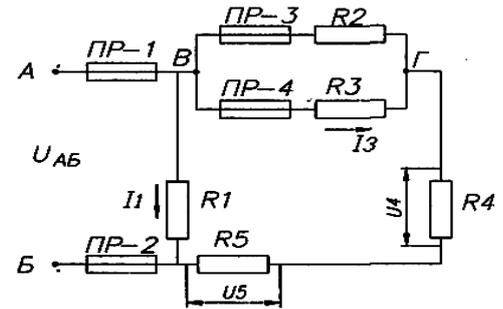


Вариант 15

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 100 ч

Дано: $R_1=12 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=20 \text{ Ом}$; $I_3=4 \text{ А}$

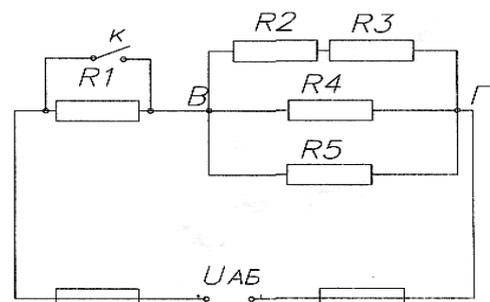


Вариант 16

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 100 ч

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=2 \text{ Ом}$; $U_{AB} = 30 \text{ В}$.

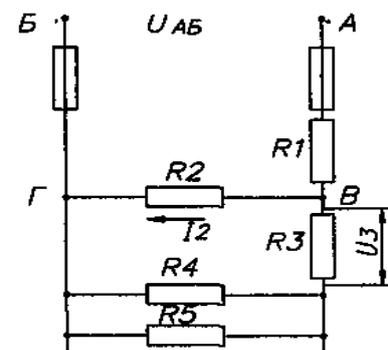


Вариант 17

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 100 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=6 \text{ Ом}$; $R_5=7 \text{ Ом}$; $R_6=10 \text{ Ом}$; $U_3=45 \text{ В}$

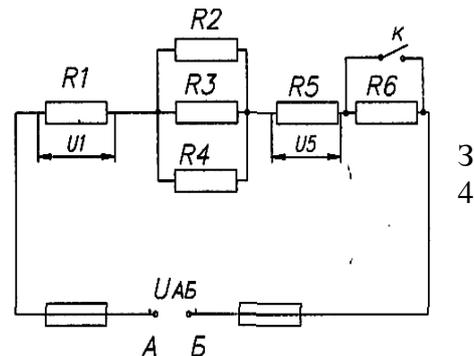


Вариант 18

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 50 ч.

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=15 \text{ Ом}$; $U_1=60 \text{ В}$

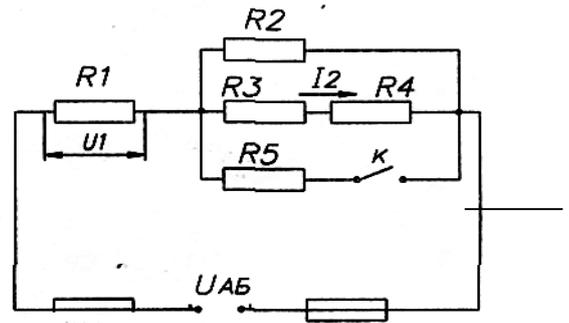


Вариант 19

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью, если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=11 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=9 \text{ Ом}$; $U=200 \text{ В}$.

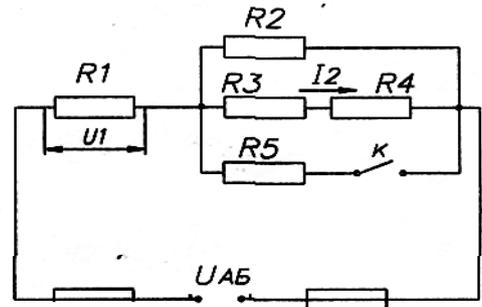


Вариант 20

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 20 ч.

Дано: $R_1=6 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=8 \text{ Ом}$;
 $R_4=7 \text{ Ом}$; $R_5=6 \text{ Ом}$; $U_{AB}=120 \text{ В}$

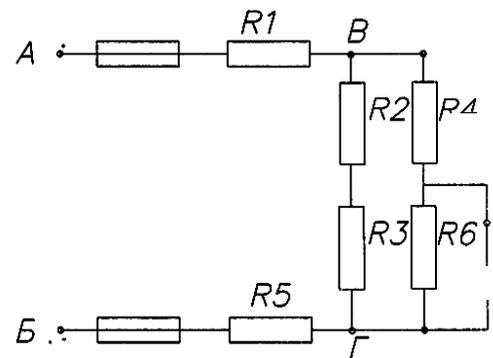


Вариант 21

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_5=6 \text{ А}$.

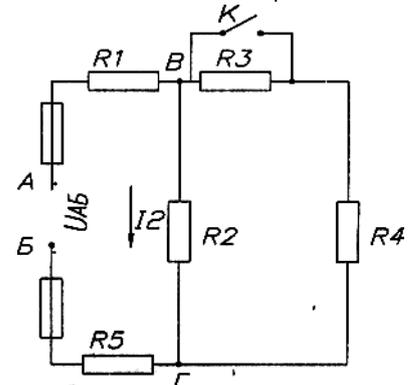


Вариант 22

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Количество тепла, выделяемое на сопротивление R_2 за 10 ч

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=20 \text{ Ом}$; $R_3=5 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=12 \text{ Ом}$; $U_{дв} = 12 \text{ В}$.

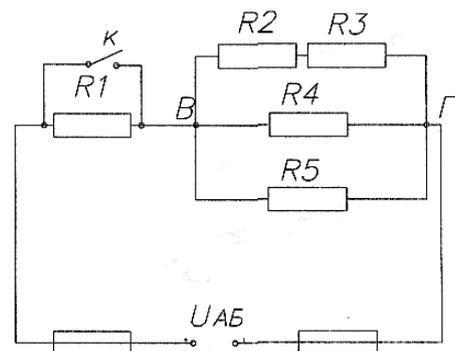


Вариант 23

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=1 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=2 \text{ Ом}$;
 $R_4=15 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_{общ}=4 \text{ А}$.

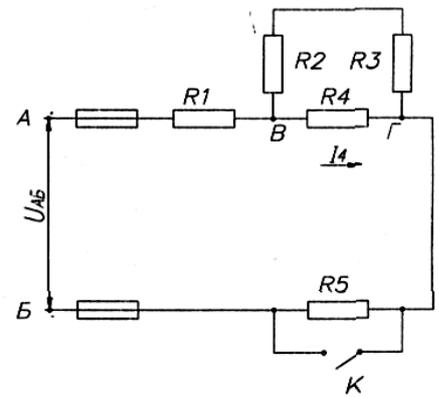


Вариант 24

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 200 ч

Дано: $R_1=80 \text{ Ом}$ $R_2=60 \text{ Ом}$ $R_3=80 \text{ Ом}$
 $R_4=300 \text{ Ом}$ $R_5=100 \text{ Ом}$ $U_{\text{вг}}=20 \text{ В}$

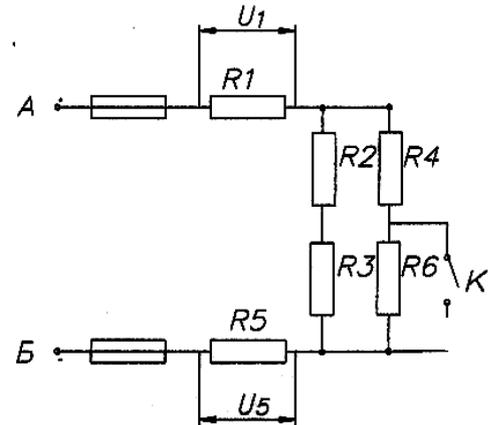


Вариант 25

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 100 ч

Дано: $R_1=12 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=20 \text{ Ом}$; $I_3=4 \text{ А}$



Контрольные вопросы:

1. Схема замещения – это?
2. Какое соединение называется последовательным? параллельным?
3. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.
4. Что такое мощность? Ее единица измерения.
5. Сформулируйте второй закон Кирхгофа.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.

Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> (дата обращения: 22.11.2023). — Текст : электронный.
2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696> (дата обращения: 22.11.2023). — Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679> (дата обращения: 22.11.2023). — Текст : электронный.

информационно-справочные и поисковые системы

Практическая работа №2

«Расчет неразветвленных цепей переменного тока»

Тема 4: Электрические цепи переменного тока

Количество часов: 2

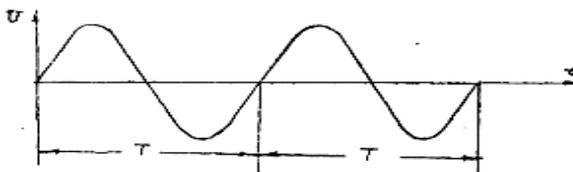
Цели:

1. Получить навыки расчета цепей переменного тока.
2. Научится строить векторные диаграммы для расчета и проверки решения.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Построить векторную диаграмму электрической цепи переменного тока;
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть: В науке и технике важную роль играет переменный ток, который меняет значение направление определенное число раз в секунду. Условное графическое изображение представлено на рисунке.



При прохождении переменного тока через катушку индуктивности в ней возникает ЭДС самоиндукции, которая по правилу Ленца носит реактивный характер, т.е. препятствует изменению тока в цепи. Кроме преодоления активного сопротивления проводника катушки, необходимо преодолеть и противодействующую ЭДС самоиндукции. Поэтому для получения такой же силы переменного тока, как и постоянного, необходимо увеличить приложенное к катушке напряжение. Это можно объяснить тем, что по отношению к переменному току катушка обладает некоторым добавочным сопротивлением, которое зависит от индуктивности катушки L и называется индуктивным сопротивлением X_L .

Следовательно, в цепи переменного тока с индуктивным сопротивлением ток в своих изменениях отстает от приложенного напряжения по фазе на 90° . так, как возникшая ЭДС самоиндукции препятствует изменению тока в цепи.

Чем выше частота f переменного тока, тем быстрее изменяется ток в цепи, и сильнее противодействует самоиндукция этим изменениям тогда индуктивное сопротивление больше. Индуктивное сопротивление X_L определяется по формуле $X_L=2\pi fL$. где f — частота переменного тока, Гц; L — индуктивность катушки, Гн; π — постоянная, равная 3,14.

В первую четверть периода, когда ток в цепи нарастает, катушка запасает энергию, которая идет на создание магнитного поля. Во вторую четверть периода ток в цепи убывает, энергия, магнитного поля катушки возвращается в цепь, при этом возникают потери в проводах линии.

Поэтому индуктивное сопротивление и потребляемую им мощность называют реактивным. Реактивная мощность определяется по формуле $Q_L=I^2 \cdot X_L$ (вар).

В цепи переменного тока с активным сопротивлением R ток и напряжение совпадают по фазе. При этом потребляется активная мощность P ., которая характеризует

безвозвратную потерю энергии, т.е. превращение энергии тока в другой вид энергии, например, тепловую, механическую, химическую.

Активная мощность определяется по формуле $P = I^2 \cdot R$ (Вт)

Полное сопротивление катушки в цепи переменного тока, активного R и индуктивного X_L , сопротивлений, определяется по формуле $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$.

Полная мощность $S = I^2 \cdot Z = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (В·А)

Конденсатор в цепи постоянного тока представляет собой бесконечно большое сопротивление (разрыв цепи), так, как состоит из двух пластин, между которыми имеется диэлектрик - изолятор. При подключении конденсатора к источнику постоянного тока в течение очень короткого, времени в цепи идет зарядный ток. Как только конденсатор зарядится до напряжения источника, ток в цепи прекратится.

В цепи переменного тока конденсатор будет периодически заряжаться, разряжаться и перезаряжаться, т.к. ток источника периодически меняет свою величину и направление. и опережает напряжение по фазе на 90° . Чем больше емкость конденсатора и частота переменного тока, тем больше ток заряда и разряда и меньше сопротивление. Емкостное сопротивление определяется по формуле $X_c = 1/2\pi fC$.

Из формулы видно, что с увеличением частоты f и емкости C , емкостное сопротивление X_c уменьшается

Конденсатор так же, как и катушка является реактивным сопротивлением, и потребляет реактивную мощность Q , которая при заряде конденсатора потребляется от источника, а при его разряде возвращается в сеть. $Q_c = -I^2 X_c$ (вар).

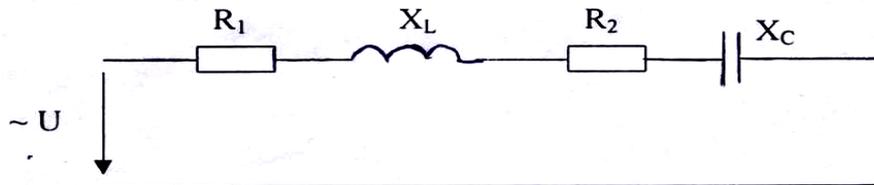
В цепи переменного тока могут быть участки с активным R , индуктивным X_L и емкостным X_c сопротивлением. Индуктивное сопротивление вызывает отставание по фазе тока от напряжения, а емкостное сопротивление дает обратный эффект, т.е. оба эти сопротивления действуют в противофазе. Это означает, что, когда конденсатор запасает энергию, катушка в этот момент ее отдает. В следующий момент- наоборот. Для того чтобы учесть эти противоположные действия индуктивного и емкостного сопротивлений, их складывают с разными знаками. Общее реактивное сопротивление цепи $X = X_L - X_c$.
Реактивная мощность цепи $Q = Q_L - Q_c$

Когда сопротивления $X_L = X_c$ равны, тогда действия этих сопротивлений взаимно компенсируются, для генератора эти сопротивления не существуют. Общее реактивное сопротивление цепи равно нулю, а полное сопротивление цепи $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2} = R$ становится минимальным и чисто активным $Z=R$., тогда наступает резонанс напряжения.

Порядок выполнения работы: (содержит задания (Задание №1, ...), ход работы и требования к оформлению задания).

Пример 1. Активное сопротивление катушки $R_1=4$ Ом, индуктивное сопротивление $X_L=12$ Ом. Последовательно с катушкой включен резистор с активным сопротивлением $R_2=2$ Ом и конденсатор с сопротивлением $X_c=4$ Ом. К цепи приложено напряжение $U=100$ В

- Определить:**
1. Полное сопротивление цепи Z (Ом);
 2. Ток в цепи I (А);
 3. Коэффициент мощности $\cos\varphi$;
 4. Активную мощность P (Вт);
 5. Реактивную мощность Q (вар);
 6. Полную мощность S (ВА)
 7. Построить векторную диаграмму



Решение:

1. Определяем полное сопротивление цепи по теореме Пифагора

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(4+2)^2 + (12-4)^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. Определяем ток в цепи

$$I = U/Z = 100/10 = 10 \text{ А}$$

3. Определяем $\cos\varphi = R_1 + R_2/Z = 4+2/10 = 0,6$.

По таблице Брадиса определяем угол $\varphi = 53^\circ$

4. Определяем активную, реактивную и полную мощности цепи:

4.1. Активная мощность

$$P = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 10^2 \cdot (4+2) = 600 \text{ Вт}$$

$$\text{или } P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600 \text{ Вт.}$$

4.2. Реактивная мощность

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 10^2 \cdot (12-4) = 800 \text{ вар}$$

$$\text{или } Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800 \text{ вар.}, \sin\varphi = X_L - X_C/Z = 12-4/10 = 0,8$$

4.3 Полная мощность

$$S = U \cdot I = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$S = I^2 \cdot Z = 10^2 \cdot 10 = 1000 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{600^2 + 800^2} = 1000 \text{ В} \cdot \text{А}$$

5. Для построения векторной диаграммы необходимо выбрать масштаб, (например $M : 1 \text{ см}$)

Определяем масштаб по напряжению и току (определить масштаб в 1 см)

$$U_R = I \cdot R;$$

$$U_L = I \cdot X_L;$$

$$U_C = I \cdot X_C$$

Задаем масштаб по току M_I (А/см) и напряжению M_U (В/см).

Определить длину векторов напряжений и тока с учетом масштаба $L_I = I/M_I$;

$$L_R = U_R/M_U; L_L = U_L/M_U; L_C = U_C/M_U$$

6. Построение диаграммы выполняется в следующей последовательности:

1) За начальный вектор принимаем вектор тока, поскольку ток является одинаковой величиной для всех участков цепи. Строим этот вектор горизонтально в масштабе.

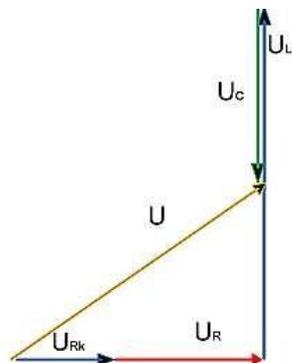
2) Напряжения на активных резисторах совпадают по фазе с током. Вектор этого напряжения I_R откладываем в масштабе вдоль вектора тока.

3) напряжения на индуктивных резисторах опережают по фазе ток на угол 90° . Поскольку положительное вращение векторов принято против часовой стрелки, вектор напряжения откладываем вверх относительно вектора тока, так как ток, а данном случае отстающий.

4) Напряжения на емкостных резисторах отстают по фазе от тока на угол 90° . Следовательно, вектор этого напряжения U_C откладываем вниз относительно вектора тока, так как ток в данном случае опережающий.

5) Геометрическим сложением векторов напряжений на активных, индуктивных и емкостных резисторах получим вектор приложенного напряжения:

Угол между векторами тока и общего (приложенного) напряжения обозначается (φ) называется углом сдвига фаз данной цепи.



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

$$U = U_{R1,2} + U_{L1,2} + U_{C1,2}$$

1) Проверка угла ϕ производится с помощью транспортира и сравнением полученной величины угла в градусах с расчетным в решении.

2) Проверка величины приложенного напряжения: $U = L_U \cdot M_U$, что соответствует условиям задачи. Значит, диаграмма построена, верно. В случае значительных расхождений при такой проверке следует найти ошибку. По виду векторной диаграммы можно определить характер нагрузки цепи.

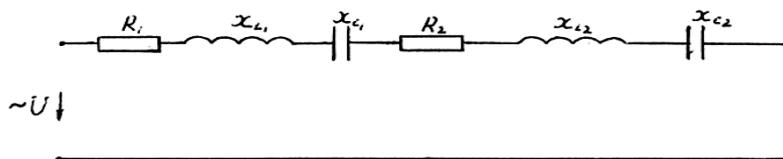
Ход работы

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно (рис.3). Данные для своего варианта взять из таблицы. 1.

1. Начертить схему цепи, включая, только те элементы (резисторы, индуктивности, емкости), величины которых заданы в табл. 1 для каждого варианта.

2. Определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы, как дополнительный параметр в табл.1;

- 3.1. Полное сопротивление цепи;
- 3.2. напряжение U , приложенное к цепи;
- 3.3. ток I ;
- 3.4. угол сдвига фаз ϕ (по величине и знаку);
- 3.5. активную P , реактивную O и полную S мощности.
3. 6. Построить векторную диаграмму.



Варианты	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{L2}	X_{C1} , Ом	X_{C2} , Ом	дополнительный параметр
01	4	-	6	-	3	-	$Q=48$ вар
02	6	2	3	-	9	-	$U=40$ В
03	-	6	-	12	-	4	$I=5$ А
04	6	2	12	-	6	-	$P=200$ В
05	4	4	-	6	12	-	$S=360$ В А
06	3	-	6	-	-	2	$I=3$ А
07	-	8	-	16	4	6	$P=200$ Вт

08	16	-	10	8	6	-	U=80 В
09	-	4	3	-	2	4	I=4 А
10	3	-	2	-	-	6	U=50 В
11	4	4	-	4	10	-	P=200 Вт
12	4	4	2	-	-	8	U=60 В
13	6	-	-	4	12	-	S=250 В А
14	8	8	-	8	8	-	I=5 А
15	-	4	5	-	5	3	P= 100 Вт
16	6	-	8	4	4	-	U=20В
17	-	8	-	12	4	2	S=160 В А
18	6	-	2	-	-	10	I=8 А
19	4	2	-	12	4	-	P=600 Вт
20	5	3	3	-	-	9	Q=54 вар
21	3	6	-	6	6	-	U=45В
22	-	4	8	4	3	6	S=125 В А
23	4	4	-	4	10	-	P=72 Вт
24	-	4	-	6	-	3	Q=300 вар
25	6	2	-	3	9	-	I=6 А
26	2	2	4	2	3	-	U=30 В
27	4	-	-	3	4	2	P=36 Вт
28	-	8	-	16	4	6	S=1 000 В А
29	-	3	6	8	2	-	I=10А
30	3	-	7	-	3	-	U=50В

Контрольные вопросы:

1. Каков характер движения электрических зарядов в проводнике при переменном токе?
2. Как связана частота вращения вектора изображающего синусоидальную величину с ее угловой скоростью?
В какую энергию преобразуется цепь с активным сопротивлением?
3. Укажите параметры переменного тока, от которого зависит индуктивное сопротивление катушки?
4. Какое сопротивление называется реактивным?
5. Что такое резонанс напряжений? токов?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.
Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Правильно начертил векторную диаграмму данной схемы.
Уверенно выполнил действия согласно условию задания.
- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания. Не выполнил построение векторной диаграммы.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Список источников и литературы

Основные печатные издания

1. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Кузовкин, В. В. Филатов. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 431 с. — (Профессиональное образование).
2. Немцов, М. В. Электротехника и электроника: учебник / М. В. Немцов, М. Л. Немцова. Изд. 3-е, испр. - М.: Издательский Центр «Академия», 2020.-480 с.

Основные электронные издания

1. Аполлонский, С. М., Электротехника : учебник / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617>. — Текст : электронный
2. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719>. — Текст : электронный.
3. Мартынова, И. О., Электротехника. Лабораторно-практические работы : учебное пособие / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301>. — Текст : электронный.
4. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник для спо / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-6756-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152467> ..
5. Основы электротехники : учебник для спо / Г. И. Кольниченко, Я. В. Тарлаков, А. В. Сиротов, И. Н. Кравченко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-8050-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171409>
6. Скорняков, В. А. Общая электротехника и электроника : учебник для спо / В. А. Скорняков, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-6758-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152469>.