

Министерство образования и науки РТ  
ГАПОУ «Казанский радиомеханический колледж»

РАССМОТРЕНО

Предметной цикловой комиссией

Протокол № 1 от «1» 09 2022 г.

Председатель ПЦК свфз



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР

Н.А. Коклогина

2022 г.

**Комплект  
контрольно-оценочных средств  
по учебной дисциплине**

**ОП 02 «Основы электротехники»**

код и наименование

основной профессиональной образовательной программы (ОПОП)  
по ППССЗ/ППКРС

**09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»**

код и наименование

базовой

подготовки

базовой или углубленной (выбрать для ППССЗ)

Комплект контрольно-оценочных средств разработан на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по ППССЗ 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы» программы учебной дисциплины ОП 02 «Основы электротехники»

Разработчики:

ГАПОУ КРМК

\_\_\_\_\_

(место работы)

преподаватель  
(занимаемая должность)

Мурашов А.Ф.  
(инициалы, фамилия)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств
2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке
3. Оценка освоения учебной дисциплины:
  - 3.1. Формы и методы оценивания
  - 3.2. Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины
4. Контрольно-оценочные материалы для итоговой аттестации по учебной дисциплине
5. Приложения. Задания для оценки освоения дисциплины

## 1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств

В результате изучения обязательной части учебного цикла обучающийся должен **уметь:**

У1 применять основные определения и законы теории электрических цепей;

У2 учитывать на практике свойства цепей с распределенными параметрами и нелинейных электрических цепей;

У3 различать непрерывные и дискретные сигналы и их параметры.

**знать:**

З1 основные характеристики, параметры и элементы электрических цепей при гармоническом воздействии в установившемся режиме;

З2 свойства основных электрических RC и RLC-цепочек, цепей с взаимной индукцией;

З3 трехфазные электрические цепи;

З4 основные свойства фильтров;

З5 непрерывные и дискретные сигналы;

З6 методы расчета электрических цепей;

З6 спектр дискретного сигнала и его анализ;

З7 цифровые фильтры.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен освоить соответствующие общие/профессиональные компетенции (ОК/ПК):

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Выполнять требования технического задания на проектирование цифровых устройств.

ПК 3.1. Проводить контроль, диагностику и восстановление работоспособности компьютерных систем и комплексов.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине ОП 02 «Основы электротехники»**

п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Результаты (умения, знания)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1 Электрические цепи постоянного тока	У1-3 32, 34 37	
2	Раздел 2 Электрические цепи переменного тока.	У1 31-5	
3	Раздел 3 Электрические сигналы и их передача по проводным линиям.	У1-3 32,3,6	

## 2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

2.1. В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих результатов обучения:

**Контроль и оценка** результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных занятий, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий

Таблица 1

Результаты обучения:	Форма контроля и оценивания
<b>Умения</b>	
<p>У1 применять основные определения и законы теории электрических цепей;</p> <p>У2 учитывать на практике свойства цепей с распределенными параметрами и нелинейных электрических цепей;</p> <p>У3 различать непрерывные и дискретные сигналы и их параметры.</p>	<p>Практические занятия.</p> <p>Лабораторные занятия.</p> <p>Внеаудиторная самостоятельная работа.</p> <p>Выполнения индивидуальных заданий.</p> <p>Тестирование.</p>
<b>Знания</b>	
<p>31 основные характеристики, параметры и элементы электрических цепей при гармоническом воздействии в установившемся режиме;</p> <p>32 свойства основных электрических RC и RLC-цепочек, цепей с взаимной индукцией;</p> <p>33 трехфазные электрические цепи;</p> <p>34 основные свойства фильтров;</p> <p>35 непрерывные и дискретные сигналы;</p> <p>36 методы расчета электрических цепей;</p> <p>36 спектр дискретного сигнала и его анализ;</p> <p>37 цифровые фильтры.</p>	<p>Практические занятия.</p> <p>Лабораторные занятия.</p> <p>Внеаудиторная самостоятельная работа.</p> <p>Выполнения индивидуальных заданий.</p> <p>Тестирование.</p>

Результаты (освоенные профессиональные компетенции)	Основные показатели оценки результата	Формы и методы контроля и оценки
ПК 1.1. Выполнять	-организация рабочего места техника по	Текущий контроль в форме: контрольных

требования технического задания на проектирование цифровых устройств.	компьютерным системам в соответствии с требованиями охраны труда; -соблюдение правил безопасной работы и гигиены труда в соответствии с инструкциями.	работ по темам учебной дисциплины. Тестирование. Зачеты по темам учебной дисциплины. Экзамен или диф. зачет по темам учебной дисциплины.
ПК 3.1. Проводить контроль, диагностику и восстановление работоспособности компьютерных систем и комплексов.	- выбор мерительного инструмента в соответствии с выполняемой работой; - контролировать размеры в соответствии с правилами; - соблюдать размеры в пределах допустимых норм.	

<b>Результаты (освоенные общие компетенции)</b>	<b>Основные показатели оценки результата</b>	<b>Формы и методы контроля и оценки</b>
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	- демонстрация интереса к избранной профессии; - участие в групповых, колледжных, городских и краевых конкурсах профессионального мастерства; - посещение занятий кружка технического творчества, других форм внеучебной работы по профессии; - участие в работе научного общества.	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	Обоснованность и адекватность применения методов и способов решения профессиональных задач	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	Точность, быстрота и адекватность в стандартных и нестандартных ситуациях, а так же понимание ответственности за выполненные действия	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и	Быстрота и точность поиска, обоснованность выбора оптимальность и научность необходимой информации и применения современных технологий ее обработки	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при

личностного развития.		выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии профессиональной деятельности.	Рациональность и корректность использования информационных ресурсов в профессиональной и учебной деятельности	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	Адекватность взаимодействия с обучающимися, преподавателями	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	Способность проявлять ответственность за работу членов команды, результат выполнения задания	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	Способность организовывать самостоятельную работу при освоении профессиональных компетенций, проявление стремлений к самообразованию и повышению профессионального уровня	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.
ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	готовность быстро и самостоятельно принимать решения в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	Текущий контроль в форме устного опроса по теме, подготовки сообщений, ответов на контрольные вопросы. Экспертная оценка результатов деятельности обучающегося при выполнении домашних работ, тестирования.

### 3. Оценка освоения учебной дисциплины:

#### 3.1. Формы и методы оценивания

Предметом оценки служат освоенные умения и знания.

#### Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Таблица 2

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые результаты	Форма контроля	Проверяемые результаты	Форма контроля	Проверяемые результаты
<b>Раздел 1 Электрические цепи постоянного тока</b>			<i>тестирование</i>	У1-3 32, 34 37	<i>дифференцированный зачет</i>	У1-3 32, 34 37
<b>Тема 1.1</b> Начальные сведения об электрическом токе и электрические цепи постоянного тока.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1-3 32, 34 37			<i>дифференцированный зачет</i>	У1-3 32, 34 37
<b>Тема 1.2</b> Простые и сложные цепи постоянного тока.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1-3 32, 34 37			<i>дифференцированный зачет</i>	У1-3 32, 34 37
<b>Тема 1.3</b> Электрические цепи постоянного тока.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1-3 32, 34 37			<i>дифференцированный зачет</i>	У1-3 32, 34 37
<b>Тема 1.4</b> Нелинейные цепи постоянного тока.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1-3 32, 34 37			<i>дифференцированный зачет</i>	У1-3 32, 34 37
<b>Раздел 2 Электрические цепи переменного тока</b>			<i>тестирование</i>	У1 31-5	<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.1</b> Основные сведения о переменном синусоидальном электрическом токе. Однофазные электрические цепи переменного тока. Понятие о векторных диаграммах.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.2</b> Элементы и параметры электрических цепей переменного тока.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5

Неразветвленная цепь переменного тока.						
<b>Тема 2.3</b> Символический метод расчета цепей переменного тока. Разветвленная и неразветвленная цепь переменного тока.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.4</b> Резонанс в электрических цепях.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.5</b> Взаимная индуктивность. Цепи с взаимной индуктивностью.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.6</b> Трехфазные цепи.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.7</b> Переходные процессы в электрических цепях.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 2.8</b> Электрические цепи с несинусоидальным и токами и напряжениями.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1 31-5			<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Раздел 3 Электрические сигналы и их передача по проводным линиям.</b>			<i>тестирование</i>	У1-3 32,3,6	<i>дифференцированный зачет</i>	У1 31-5
<b>Тема 3.1</b> Электрические сигналы и их передача по проводным линиям.	<i>Практическая работа Самостоятельная работа</i>	У1-3 32,3,6			<i>дифференцированный зачет</i>	

### 3.2. Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины

#### 3.2.1. Тестовые занятия для проведения входного контроля

##### 1. Тепловое воздействие тока на тело человека проявляется в ...

1. ожогах, нагревании ткани
2. разрыве ткани
3. разложении организменной жидкости
4. изменении состава тканей.

##### 2. Наибольшее сопротивление электрическому току обладает:

1. кожа
2. кости

3. *жировая ткань*
4. *мышцы*
- 3. Что называется электрической проводимостью....**
  1. *величина, пропорциональная сопротивлению проводника*
  2. *величина, прямопропорциональная сопротивлению проводника*
  3. *величина, обратная сопротивлению проводника*
  4. *величина, равная сопротивлению проводника.*
- 4. Место соединения 3-х и более проводников, называется...**
  1. *узлом*
  2. *перекрестом*
  3. *наложением*
  4. *соединением.*
- 5. Направленный поток электронов – это...**
  1. *магнитное поле*
  2. *проводник*
  3. *электрический ток*
  4. *заряд.*
- 6. Источник тока характеризуется энергетической характеристикой, которая называется**
  1. *ЭДС*
  2. *импульс*
  3. *сила тока*
  4. *ЭСС*
- 7. Особый вид материи, который возникает в пространстве вокруг любого переменного электрического поля...**
  1. *магнитное поле*
  2. *электрическая волна*
  3. *УЗ волна*
  4. *материальное поле.*
- 8. Единица магнитного потока**
  1. *ньютон*
  2. *метр*
  3. *вебер*
  4. *ампер.*
- 9. Явление электромагнитной индукции было открыто**
  1. *Ньютоном*
  2. *Фарадеем*
  3. *Ленцем*
  4. *Гуком.*
- 10. Существует ли электрический ток в вакууме?**
  1. *ни при каких условиях*
  2. *существует*
  3. *да, при определенных условиях*
  4. *существует непродолжительное время.*

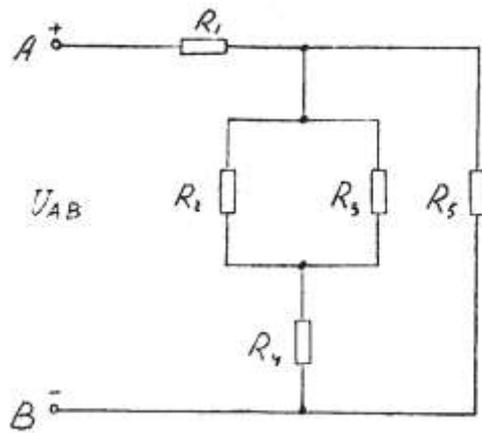
### 3.2.2. Типовые задания для проведения контрольных работ

#### Контрольная работа №1.

##### Вариант 1

Дана цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:  
 $U_5 = 30 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 4 \text{ Ом}$ .

**Найти:** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.

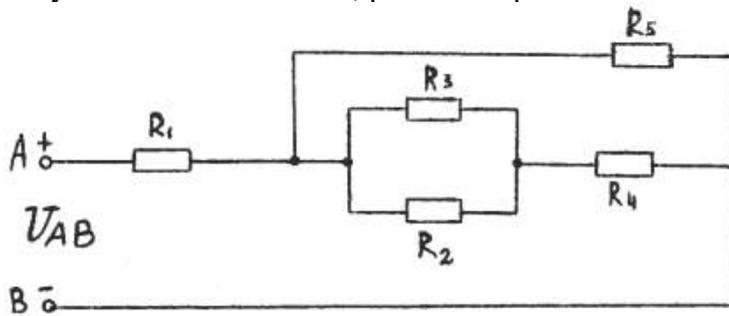


### Вариант 2

Дана цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:

$U_2 = 15 \text{ В}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

Найти: общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.

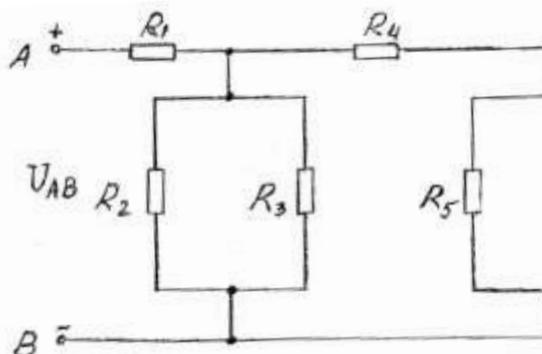


### Вариант 3

Дана цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:

$U_4 = 50 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 2 \text{ Ом}$ .

Найти: общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.

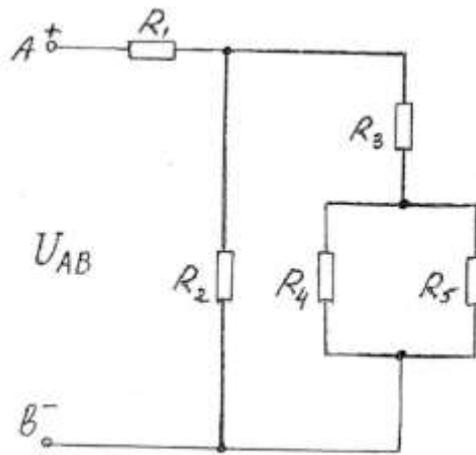


### Вариант 4

Дана цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:

$U_2 = 30 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 12 \text{ Ом}$ .

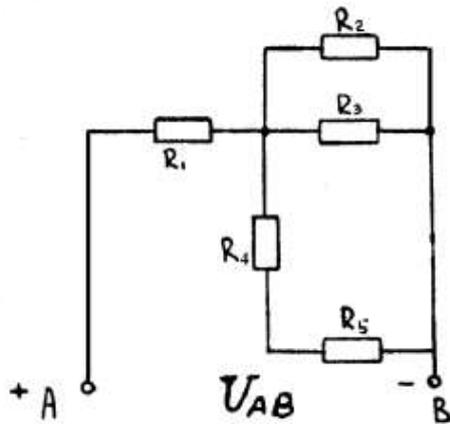
Найти: общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.



### Вариант 5

Дана цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:  
 $I_3 = 2 \text{ A}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

Найти: общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.

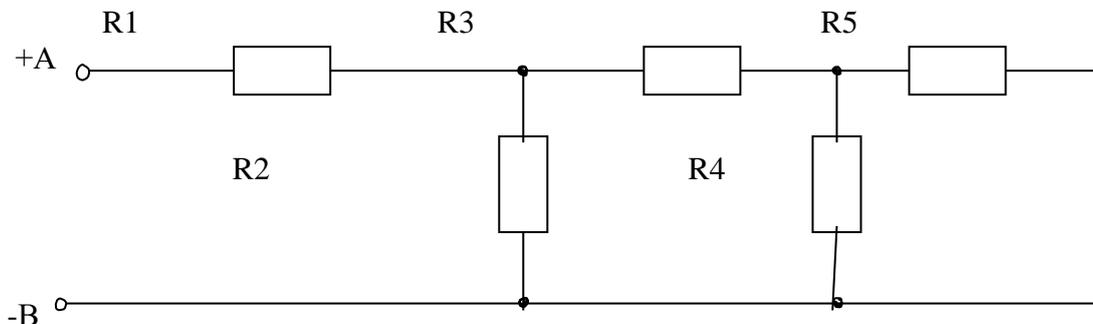


### Вариант 6

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

Дано:  $U_1 = 100 \text{ В}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

Определить общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

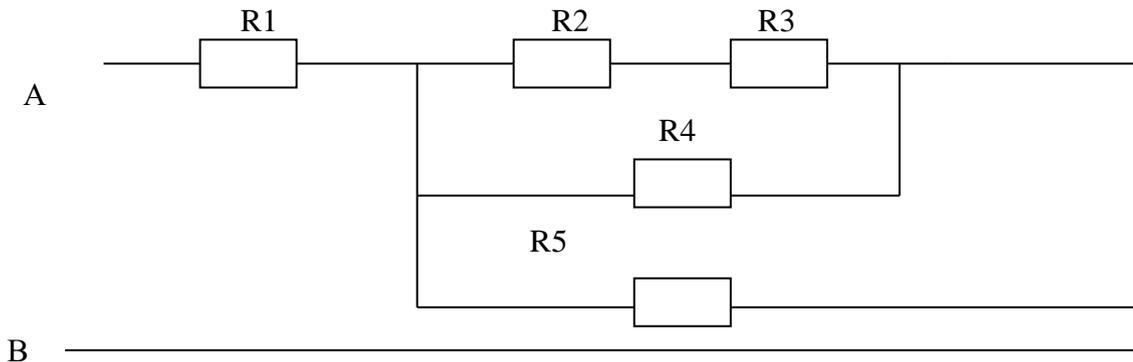


### Вариант 7

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

**Дано:**  $I_4 = 12 \text{ A}$ ;  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

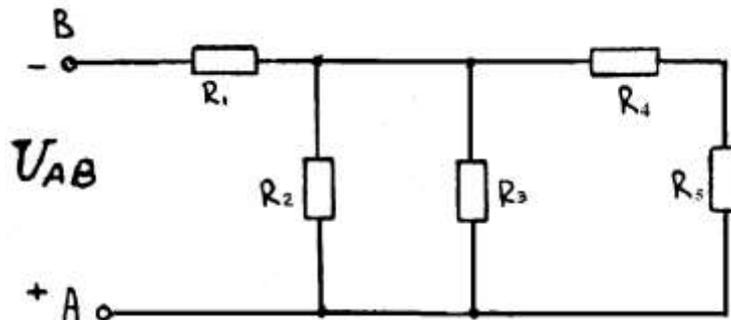


### Вариант 8

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_4 = 30 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 5 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

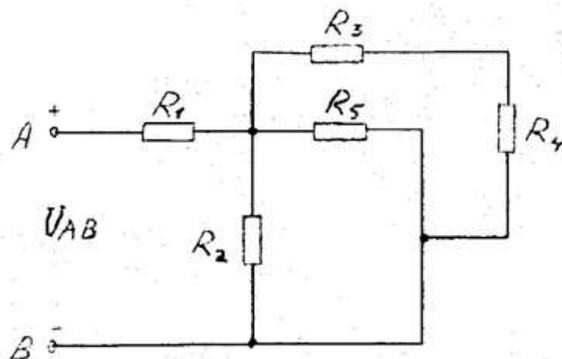


### Вариант 9

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_1 = 100 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 3 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

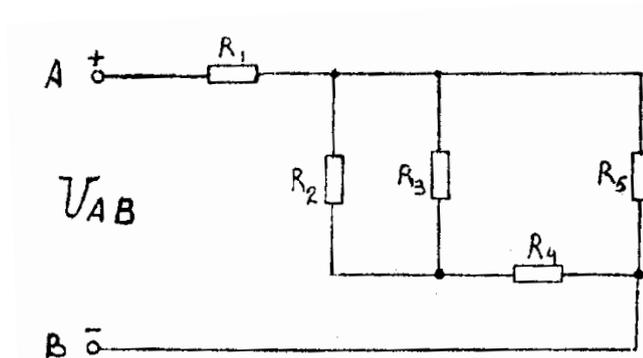


### Вариант 10

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

Дано:  $U_1 = 120 \text{ В}$ ;  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$

Определить общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

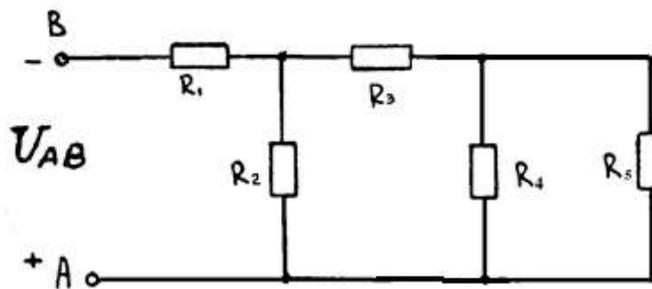


### Вариант 11

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

Дано:  $U_1 = 100 \text{ В}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

Определить общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

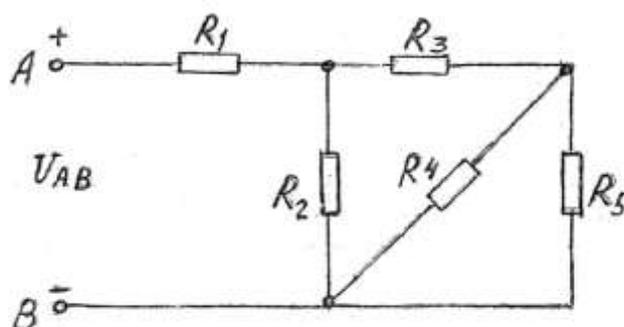


### Вариант 12

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

Дано:  $U_2 = 30 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

Определить общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.



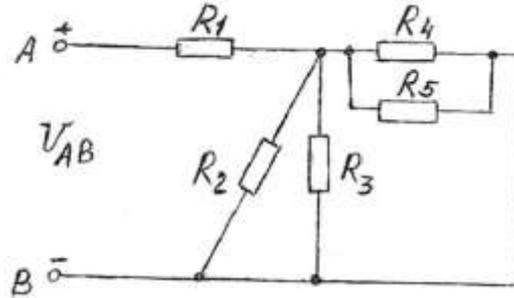
### Вариант 13

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом

резистора, по которому проходит ток  $I_3$  или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

**Дано:**  $U_3 = 48 \text{ В}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

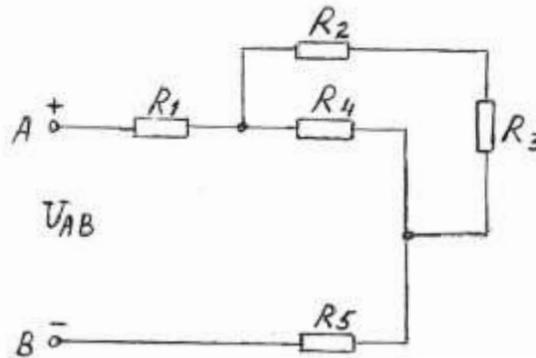


#### Вариант 14

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_2 = 80 \text{ В}$ ;  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 4 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

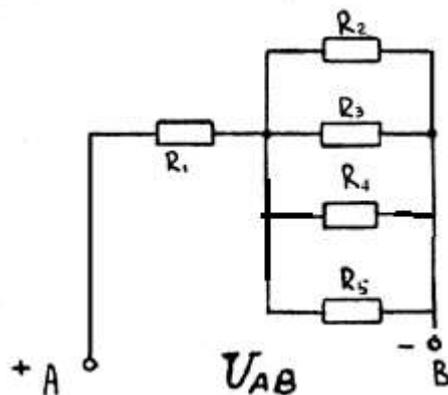


#### Вариант 15

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_3 = 420 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 3 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

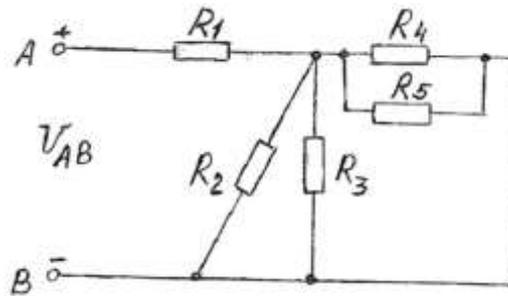


#### Вариант 16

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $I_4 = 20 \text{ A}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 2 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

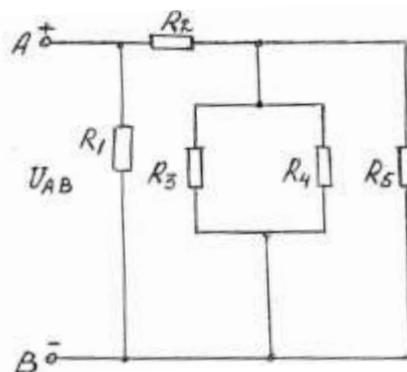


### Вариант 17

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $I_4 = 6 \text{ A}$ ;  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 3 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

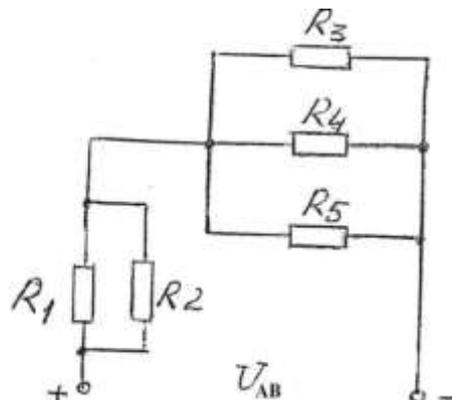


### Вариант 18

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_4 = 60 \text{ В}$ ;  $R_1 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 3 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

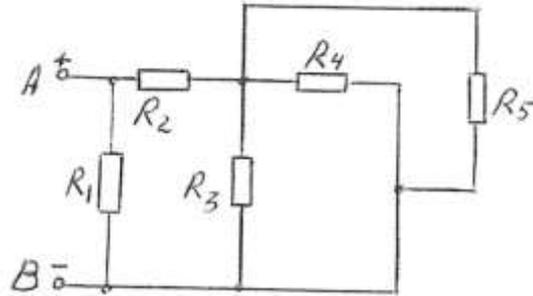


### Вариант 19

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_2 = 100 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

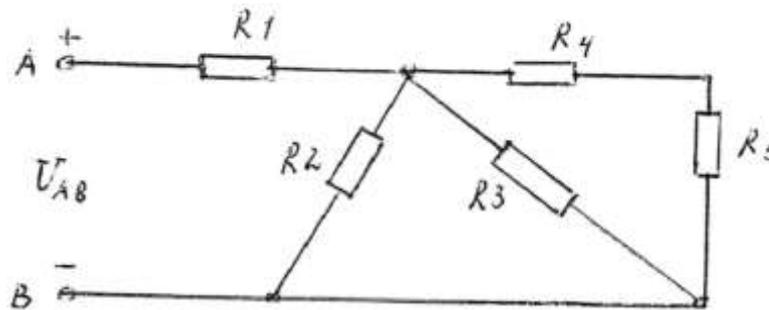


### Вариант 20

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

**Дано:**  $U_4 = 50 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 1 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

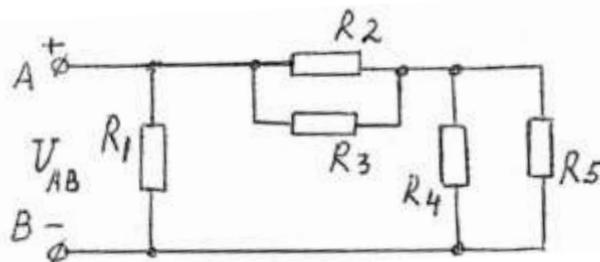


### Вариант 21

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

**Дано:**  $U_2 = 48 \text{ В}$ ;  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

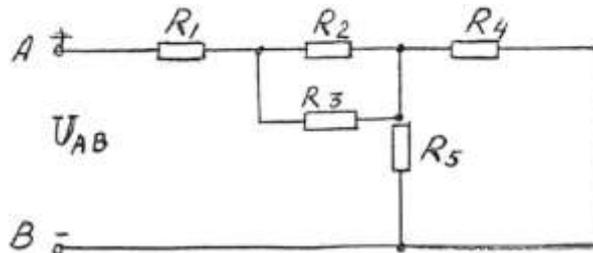


### Вариант 22

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

**Дано:**  $U_4 = 120 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

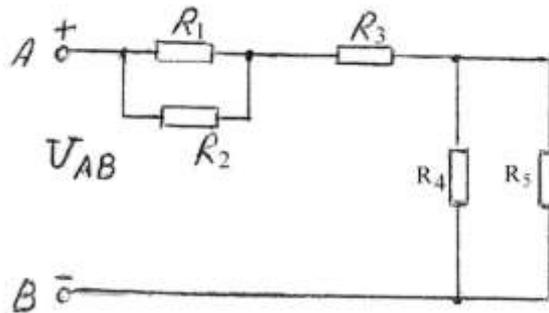


### Вариант 23

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$ , и на нем действует напряжение  $U_3$ .

**Дано:**  $U_3 = 60 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 15 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

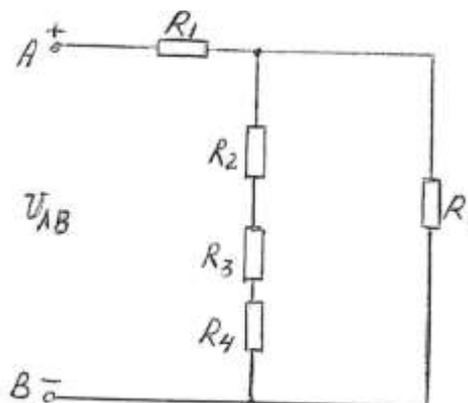


### Вариант 24

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_4 = 12 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

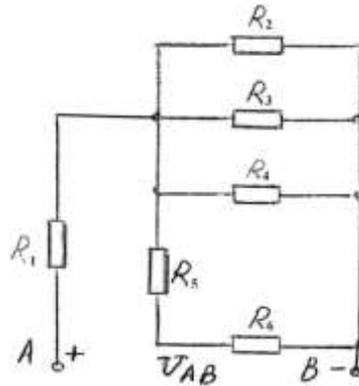


### Вариант 25

Цепь постоянного тока содержит резисторы, соединенные смешанно. Схема цепи с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение.

**Дано:**  $U_6 = 12 \text{ В}$ ;  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_6 = 4 \text{ Ом}$ .

**Определить** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; мощность, потребляемую всей цепью  $P$  и расход электрической энергии цепью за 10 часов работы.

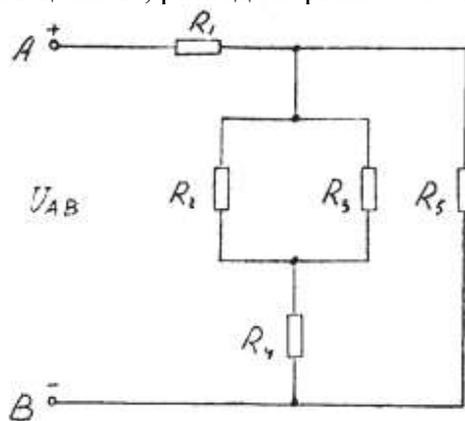


### Вариант 26

**Дана** цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:

$U_{AB} = 80 \text{ В}$ ;  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 4 \text{ Ом}$ .

**Найти:** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.

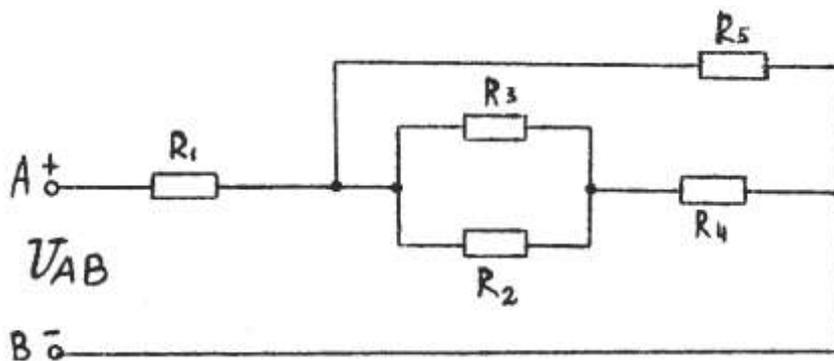


### Вариант 27

**Дана** цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:

$U_{AB} = 150 \text{ В}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

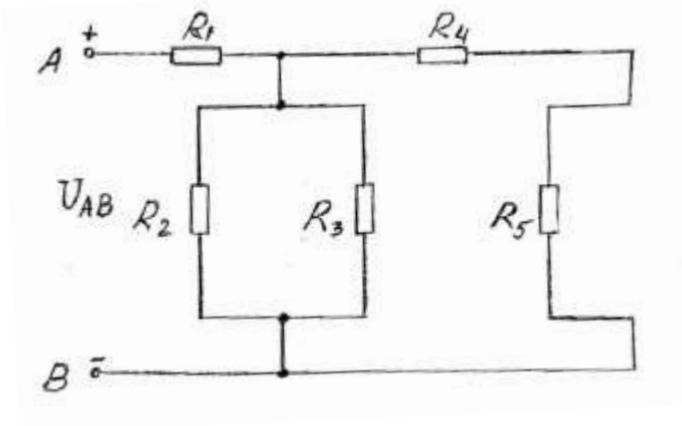
**Найти:** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.



### Вариант 28

**Дана** цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:  
 $U_{AB} = 150 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 14 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 2 \text{ Ом}$ .

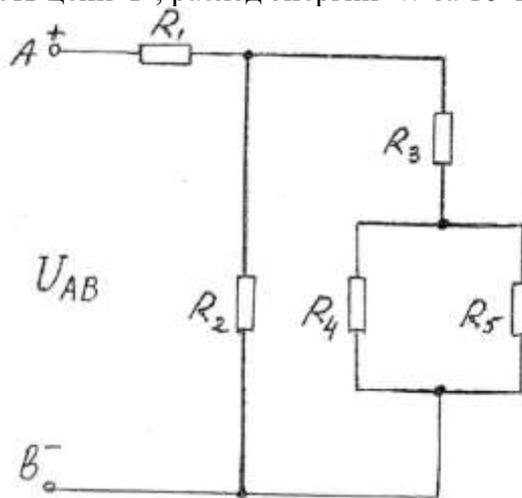
**Найти:** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.



### Вариант 29

**Дана** цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:  
 $U_1 = 30 \text{ В}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 15 \text{ Ом}$ .

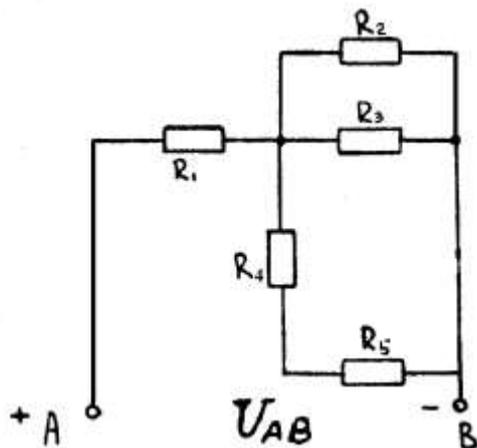
**Найти:** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.



### Вариант 30

**Дана** цепь постоянного тока, где резисторы соединены смешанно:  
 $U_3 = 5 \text{ В}$ ;  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 5 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ .

**Найти:** общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}$ ; токи во всех элементах; напряжения на каждом элементе; активную мощность цепи  $P$ ; расход энергии  $W$  за 10 часов работы схемы.

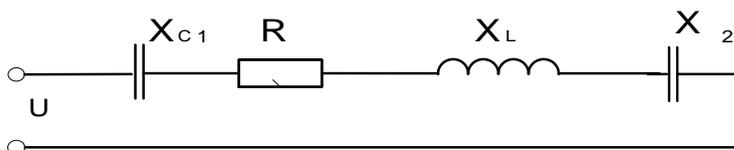


## Контрольная работа №2

### Вариант № 1

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 8 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C1} = 6 \text{ Ом}$   
 Индуктивное сопротивление  $X_{L1} = 15 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C2} = 3 \text{ Ом}$ ;  
 Реактивную ёмкостную мощность  $Q_{C2} = 54 \text{ Вар}$ .



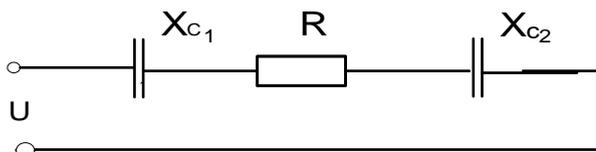
Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ;
- Ток протекающий по цепи  $I$  ;
- Активную мощность  $P$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ;
- Полную мощность  $S$  ;
- Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- В масштабе построить векторную диаграмму .

### Вариант № 2

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 6 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C1} = 5 \text{ Ом}$ ;  
 Ёмкостное сопротивление  $X_{C2} = 3 \text{ Ом}$ ; Напряжение на сопротивлении  $X_{C2}$  :  $U_{C2} = 9 \text{ В}$



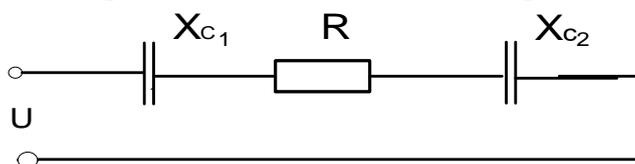
Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ;
- Ток протекающий по цепи  $I$  ;
- Активную мощность  $P$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ;
- Напряжение сети  $U$  ;
- Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- Полную мощность  $S$  ;
- В масштабе построить векторную диаграмму .

### Вариант № 3

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 12 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C1} = 10 \text{ Ом}$ ;  
Ёмкостное сопротивление  $X_{C2} = 6 \text{ Ом}$ ; Напряжение сети  $U = 20 \text{ В}$



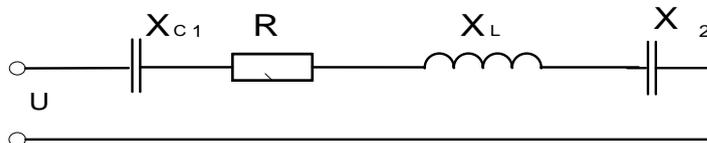
Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ; - Ток протекающий по цепи  $I$  ; - Активную мощность  $P$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ; - Напряжения на всех сопротивлениях :  $U_a$  ,  $U_{c1}$  ,  $U_{c2}$  ;
- Полную мощность  $S$  ; - Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- В масштабе построить векторную диаграмму .

### Вариант № 4

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 3 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C1} = 6 \text{ Ом}$ ;  
Индуктивное сопротивление  $X_L = 10 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C2} = 8 \text{ Ом}$ ;  
Реактивную индуктивную мощность  $Q_L = 40 \text{ ВАр}$ .



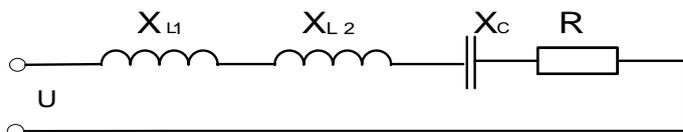
Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ; - Ток протекающий по цепи  $I$  ; - Активную мощность  $P$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ; - Полную мощность  $S$  ; - Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- В масштабе построить векторную диаграмму .

### Вариант № 5

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 8 \text{ Ом}$ ; Индуктивное сопротивление  $X_{L1} = 15 \text{ Ом}$ ;  
Индуктивное сопротивление  $X_{L2} = 6 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_C = 15 \text{ Ом}$ ;  
Напряжение на сопротивлении  $R$  :  $U_A = 48 \text{ В}$



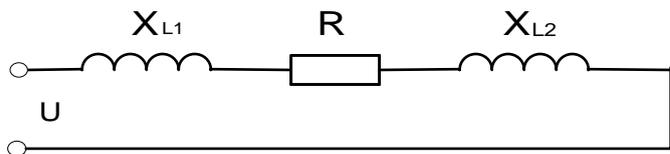
Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ; - Ток протекающий по цепи  $I$  ; - Активную мощность  $P$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ; - Полную мощность  $S$  ; - Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- В масштабе построить векторную диаграмму .

### Вариант № 6

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 6 \text{ Ом}$ ; Индуктивное сопротивление  $X_{L1} = 3 \text{ Ом}$ ;  
Индуктивное сопротивление  $X_{L2} = 5 \text{ Ом}$ ; Напряжение на сопротивлении  $X_{L2}$ :  $U_{L2} = 15 \text{ В}$



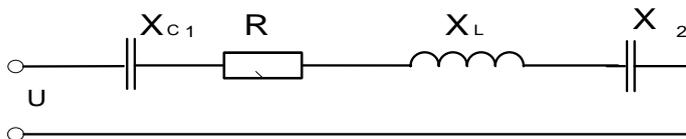
Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ; - Ток протекающий по цепи  $I$  ; - Напряжение в сети  $U$  ;
- Активную мощность  $P$  ; - Полную мощность  $S$  ; - Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ; - В масштабе построить векторную диаграмму .

### Вариант № 7

Неразветвлённая цепь переменного тока имеет следующие данные:

Активное сопротивление  $R = 8 \text{ Ом}$ ; Ёмкостное сопротивление  $X_{C1} = 3 \text{ Ом}$ ;  
Ёмкостное сопротивление  $X_{C2} = 1 \text{ Ом}$ ; Индуктивное сопротивление  $X_L = 10 \text{ Ом}$ ;  
Напряжение :  $U_A = 32 \text{ В}$



Для данной цепи определить :

- Полное сопротивление цепи  $Z$  ; - Ток протекающий по цепи  $I$  ; - Напряжение в сети  $U$  ;
- Активную мощность  $P$  ; - Полную мощность  $S$  ; - Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  ;
- Реактивную мощность  $Q$  ; - В масштабе построить векторную диаграмму .

### 3.2.3. Практические работы

#### Практическая работа № 1

**Тема:** Решение задач: 1) на смешанное соединение электрических сопротивлений; 2) сложных электрических цепей методом контурных токов. Расчёт баланса мощностей.

**Цель занятия:** 1.1. Изучить методы измерения тока, напряжения, мощности и сопротивления в электрических цепях постоянного тока с последовательным соединением резисторов.

1.2. Проверить экспериментальным и расчетным путем закон Ома, 2-е правило Кирхгофа и закон сохранения энергии (баланс мощностей).

Приобретаемые умения, знания и компетенции: У1 – 3; 31 – 9; ОК1 – 9; ПК2.1, 3.2

**Обеспечение занятия:** Объектом испытаний служит электрическая цепь (ЭЦ), содержащая последовательно включенные резисторы, смонтированные на плате (см. рис. П. 1 приложения) стендовой панели: Д, Щ, R6 — подстроечные ПЭВР-Ш с номинальным сопротивлением 100 Ом;

R5 — переменный ППБ-25Г с номинальным сопротивлением 100 Ом. Сопротивление этого резистора изменяется в зависимости от положения его движка и определяет значения токов  $I$ , падений напряжения  $U$ , мощностей  $P$  на всех участках ЭЦ.

В качестве измерительных приборов используются щитовые (миллиамперметр и вольтметр постоянного тока) и переносные (ваттметр и омметр) приборы.

Питание ЭЦ осуществляется от регулируемого источника постоянного напряжения ... 20 В (см. рис. П. 3 приложения).

**Продолжительность занятия:** 2 час.

Техника безопасности на рабочем месте:

1. Проводить работу на стенде разрешается группе студентов не менее двух человек. Работа на стенде одного студента разрешается в порядке исключения и только в присутствии преподавателя или лаборанта.

2. Перед сборкой схемы на рабочем месте студенты обязаны убедиться, что стенд лабораторной установки отключен от сети электропитания.

3. Сборку схемы разрешается производить только исправными изолированными проводами с наконечниками.

4. Подключать схему к электросети разрешается только с разрешения преподавателя или лаборанта.

5. Перед подключением схемы к электросети студенты должны обязательно убедиться, что никто не прикасается к токоведущим частям установки.

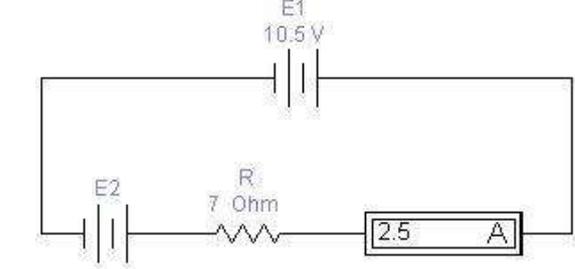
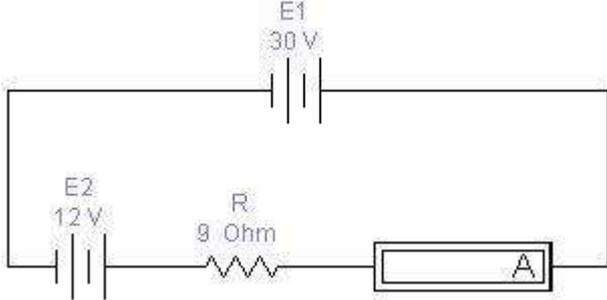
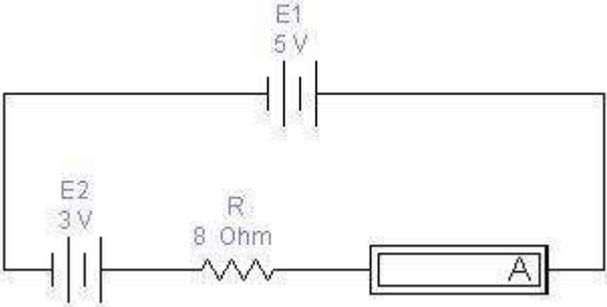
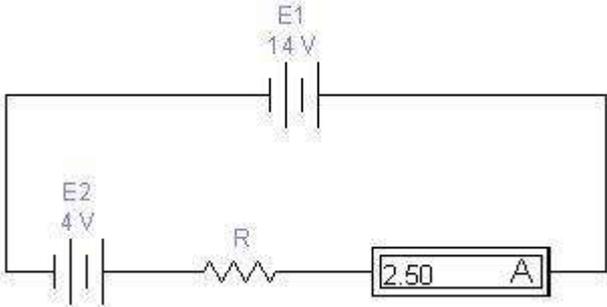
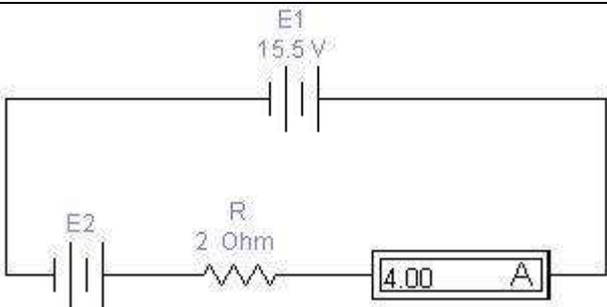
6. В случае необходимости каких-либо переключений или отключений элементов экспериментальной установки, находящейся под напряжением, установка должна быть отключена от сети.

7. Включение и отключение стенда от электросети должно производиться одним и тем же лицом. В случае ненормальной работы установки или угрозе поражения электрическим током кого-либо из работающих, отключение стенда от сети должно быть произведено немедленно любым из участников работы. О случившемся должно быть доложено руководителю работ или кому-либо из персонала лаборатории. Повторное включение установки может быть допущено только руководителем работ после ее проверки и устранения неисправностей.

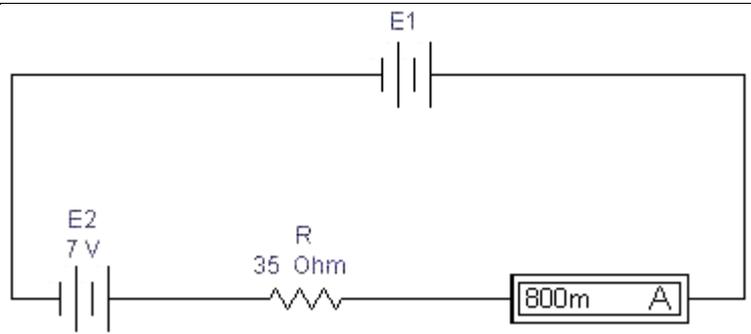
8. При временном прекращении работ на лабораторном стенде он должен быть отключен от сети.

# Теоретический материал

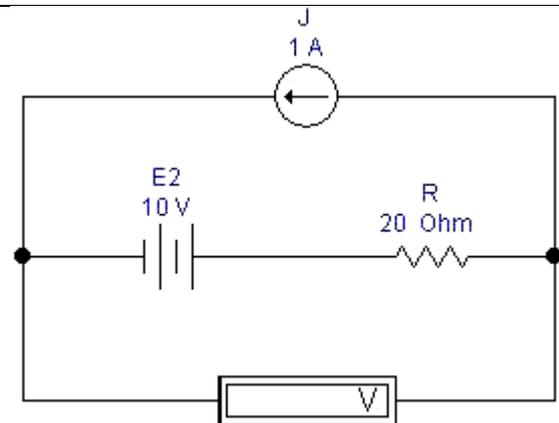
## Содержание работы

<p>Задача 1. Для приведенной схемы определите величину ЭДС <math>E_2</math>, при которой показание амперметра будет равно 2,5 А. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	
<p>Задача 2. Для приведенной схемы рассчитайте показания амперметра. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	
<p>Задача 3. Для приведенной схемы рассчитайте показания амперметра. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	
<p>Задача 4. Для приведенной схемы определите величину сопротивления <math>R</math>, при которой показание амперметра будет равно 2,5 А. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	
<p>Задача 5. Для приведенной схемы определите величину ЭДС <math>E_2</math>, при которой показание амперметра будет равно 4 А. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	

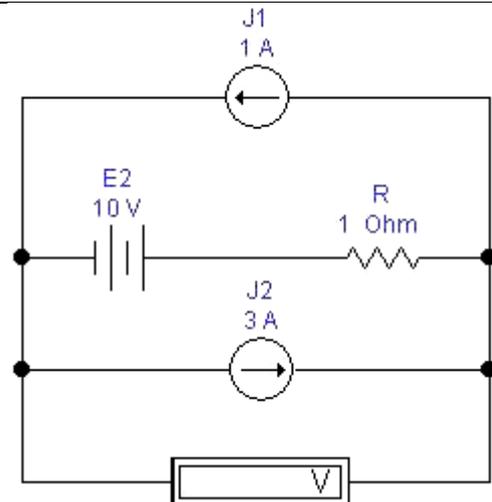
Задача 6. Для приведенной схемы определите величину ЭДС  $E_1$ , при которой показание амперметра будет равно 800 мА. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.



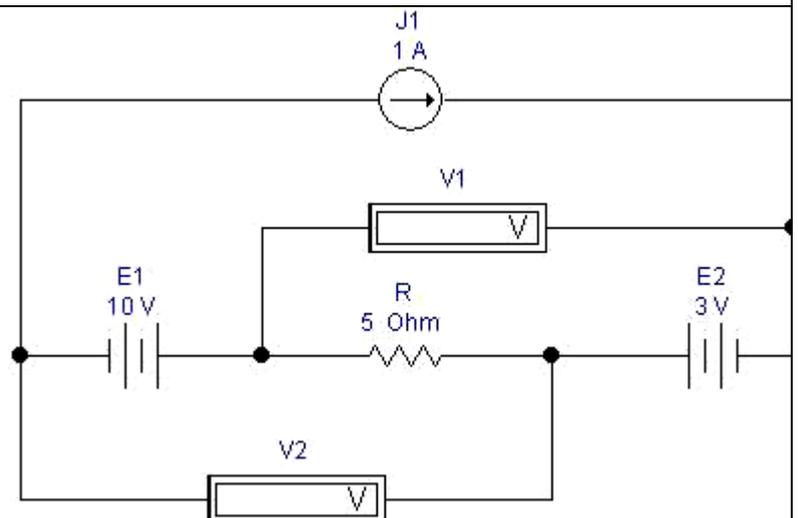
Задача 7. Для приведенной схемы рассчитайте показания вольтметра. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.



Задача 8. Для приведенной схемы рассчитайте показания вольтметра. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.



Задача 9. Для приведенной схемы рассчитайте показания вольтметров. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.



<p>Задача 10. Для приведенной схемы рассчитайте показания вольтметров. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	
<p>Задача 11. Для приведенной схемы рассчитайте показания вольтметров. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	
<p>Задача 12. Для приведенной схемы рассчитайте показания вольтметров. Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения.</p>	

#### Вопросы для контроля

1. Какой ток называется постоянным?
2. В каких единицах измеряются сила тока, напряжение, мощность, сопротивление?
3. Какими параметрами определяется сопротивление проводника?
4. Почему розетки и вилки электрических приборов могут нагреваться во время работы?

#### Домашнее задание

1. Приведите пример последовательного включения приемников электрической энергии.
2. Что произойдет с елочной гирляндой, если одна из ламп сгорит?
3. Что произойдет с елочной гирляндой, если одна из ламп окажется закороченной?

#### Список рекомендуемой литературы

1. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2015.
2. Электротехника: учебник / П.А. Бутырин. М.: Издательский центр «Академия», 2015 год. – 272 стр.

## Практическая работа №2

**Тема:** «Решение задач на расчёт добавочного сопротивления для расширения пределов измерений вольтметра и расчёт шунта для расширения пределов измерения амперметра».

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать значения добавочного сопротивления (шунтов) для расширения пределов измерения амперметра и вольтметра

Приобретаемые умения, знания и компетенции: У1 – 3; З1 – 9; ОК1 – 9; ПК2.1, 3.2

**Обеспечение занятия:** Амперметры, вольтметры, калькуляторы.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

Техника безопасности на рабочем месте:

1. Проводить работу на стенде разрешается группе студентов не менее двух человек. Работа на стенде одного студента разрешается в порядке исключения и только в присутствии преподавателя или лаборанта.

2. Перед сборкой схемы на рабочем месте студенты обязаны убедиться, что стенд лабораторной установки отключен от сети электропитания.

3. Сборку схемы разрешается производить только исправными изолированными проводами с наконечниками.

4. Подключать схему к электросети разрешается только с разрешения преподавателя или лаборанта.

5. Перед подключением схемы к электросети студенты должны обязательно убедиться, что никто не прикасается к токоведущим частям установки.

6. В случае необходимости каких-либо переключений или отключений элементов экспериментальной установки, находящейся под напряжением, установка должна быть отключена от сети.

7. Включение и отключение стенда от электросети должно производиться одним и тем же лицом. В случае ненормальной работы установки или угрозе поражения электрическим током кого-либо из работающих, отключение стенда от сети должно быть произведено немедленно любым из участников работы. О случившемся должно быть доложено руководителю работ или кому-либо из персонала лаборатории. Повторное включение установки может быть допущено только руководителем работ после ее проверки и устранения неисправностей.

8. При временном прекращении работ на лабораторном стенде он должен быть отключен от сети.

### Теоретический материал

#### Содержание работы

#### *Шунты и добавочные сопротивления*

Силу тока в цепи измеряют **амперметром**. Включается амперметр в цепь последовательно (рис. 1)

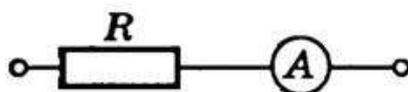


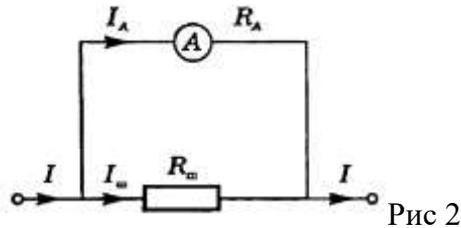
Рис. 1

Амперметр измеряет силу тока в цепи, и поэтому его сопротивление должно быть очень малым, т.е.  $R_A \ll R$ . При последовательном соединении проводников сила тока на каждом участке цепи одинакова, поэтому амперметр можно включать в любой участок цепи.

Каждый амперметр рассчитан на некоторую максимальную силу тока, при превышении которой прибор может перегореть. При измерении токов большей величины, чем те, на которую рассчитан амперметр, применяются шунты. Шунт — это сопротивление, которое включается последовательно в цепь измеряемого тока. Параллельно сопротивлению шунта присоединяют зажимы амперметра А (рис. 1); чтобы через амперметр прошла меньшая часть измеряемого тока, сопротивление шунта должно быть меньше сопротивления амперметра.

Найдем сопротивление  $R$  шунта, который необходимо подключить к амперметру для измерения силы тока в цепи, в  $n$  раз превышающей силу тока, на которую рассчитан прибор:  $I = n I_A$  ( $n$  –

коэффициент шунтирования). Сопротивление амперметра обозначим через  $R_A$ . При подключении шунта часть измеряемой силы тока  $I_{ш}$  пойдет по нему. Через амперметр должен идти ток, не превышающий  $I_A$  (рис. 2).



При параллельном соединении  $I = n I_A = I_A + I_{ш}$ , а напряжение на шунте и амперметре одинаково и, согласно закону Ома, равно:  $I_A R_A = I_{ш} R_{ш}$ . Исключая силу тока  $I_A$  из двух последних уравнений, получим

$$R_{ш} = \frac{1}{n - 1} R_A$$

Для измерения напряжения на участке цепи применяют вольтметры. Включают вольтметр параллельно тем точкам цепи, напряжение между которыми надо измерить (рис. 3). Вольтметр не должен изменять напряжение на измеряемом участке цепи, поэтому сила тока, проходящего через вольтметр, должна быть много меньше, чем сила тока в измеряемом участке.

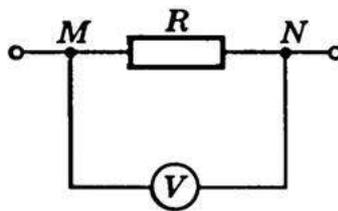


Рис. 3

Если сопротивление вольтметра  $R_v$ , то после включения его в цепь сопротивление участка будет равно  $R_x = \frac{R R_v}{R + R_v}$ , что меньше первоначального значения сопротивления участка цепи

Вследствие этого измеряемое напряжение на участке цепи уменьшится. Для того чтобы вольтметр не вносил заметных искажений в измеряемое напряжение, его сопротивление должно быть большим по сравнению с сопротивлением участка цепи, на котором измеряется напряжение, т.е.  $R > R_x >$

Любой вольтметр рассчитан на предельное напряжение  $U_v$ . С помощью подключения последовательно с вольтметром добавочного сопротивления  $R_{ш}$  можно измерять в  $n$  раз большие напряжения:  $U = n U_v$ . Найдем добавочное сопротивление, необходимое для измерения напряжений, в  $n$  раз больших тех, на которые рассчитан прибор.

При включении в цепь вольтметра добавочного сопротивления вольтметр по-прежнему измеряет напряжение  $U_v$ , но это составляет лишь  $\frac{1}{n}$  часть измеряемого напряжения.  $U_v = \frac{U}{n}$  Напряжение на добавочном сопротивлении  $U_{ш} = U - U_v$  (рис. 4). Поэтому пределы измерения увеличиваются в  $n$  раз, и во столько же раз увеличивается цена деления вольтметра, а следовательно, уменьшается его чувствительность.

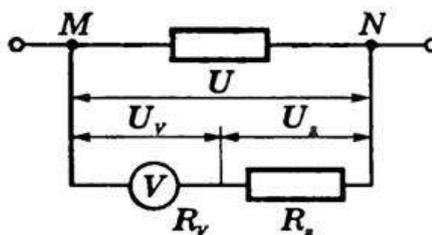


Рис. 4

В вольтметре и добавочном сопротивлении сила тока одинакова, так как они включены последовательно. Поэтому  $U_v = IR_v$ ,  $U_{ш} = IR_{ш}$  и  $U = nU_v = nIR_v$ .

При последовательном соединении напряжение на участке равно сумме напряжений на отдельных резисторах участка, т.е.  $U = U_v + U_{ш}$ . Следовательно,  $nIR_v = IR_v + IR_{ш}$ . Отсюда  $R_{ш} = R_v(n-1)$

#### Вопросы для контроля

1. Определить величину сопротивления шунта амперметра для расширения пределов измерения тока с 10 миллиампер до 10 Ампер. Внутреннее сопротивление амперметра равно 100 Ом.
2. Определить сопротивление шунта к амперметру с внутренним сопротивлением 0,016 ом, если показания прибора нужно увеличить в пять раз,
3. К амперметру включен шунт, сопротивление которого в 25 раз меньше сопротивления прибора. Какой ток протекает в цепи, если амперметр показал 3А?
4. Вольтметром на 15 В нужно измерить напряжение 120 В. Определить величину добавочного сопротивления, если внутреннее сопротивление вольтметра 2000 ом.
5. Амперметр с наружным шунтом 0,005Ом рассчитан на предел измерения 60А, его внутреннее сопротивление 15Ом. Определить ток полного отклонения измерительной катушки прибора
6. Предел измерения вольтметра электромагнитной системы составляет 7,5 В при внутреннем сопротивлении 200Ом. Определить добавочное сопротивление, которое необходимо включить для расширения предела измерения до 600В.
7. Амперметр с внутренним сопротивлением 0.016 Ом имеет коэффициент шунтирования 10. Определить сопротивление шунта

#### Домашнее задание

1. Магнитоэлектрический прибор с сопротивлением 100Ом и током полного отклонения 7,5мА может быть использован в качестве амперметра на 30 А. Определить сопротивление шунта
2. Предел измерения вольтметра составляет 10В при внутреннем сопротивлении 300 Ом. Определить добавочное сопротивление, которое необходимо включить для расширения предела измерения до 500В.
3. Амперметр с внутренним сопротивлением 0.015 Ом имеет коэффициент шунтирования 10. Определить сопротивление шунта.

#### Список рекомендуемой литературы

1. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2015.
2. Электротехника: учебник / П.А. Бутырин. М.: Издательский центр «Академия», 2015 год. – 272 стр.

#### Практическая работа №3

**Тема:** «Решение задач по вычислению реактивных сопротивлений. Способы решения задач с переменными электрическими величинами. Построение векторных диаграмм».

**Цель занятия:** Научиться вычислять проводимость, силу тока, активную, реактивную и полную мощность для параллельного соединения катушки индуктивности, конденсатора и резистора в цепях переменного тока.

Приобретаемые умения, знания и компетенции: У1 – 3; З1 – 9; ОК1 – 9; ПК2.1, 3.2

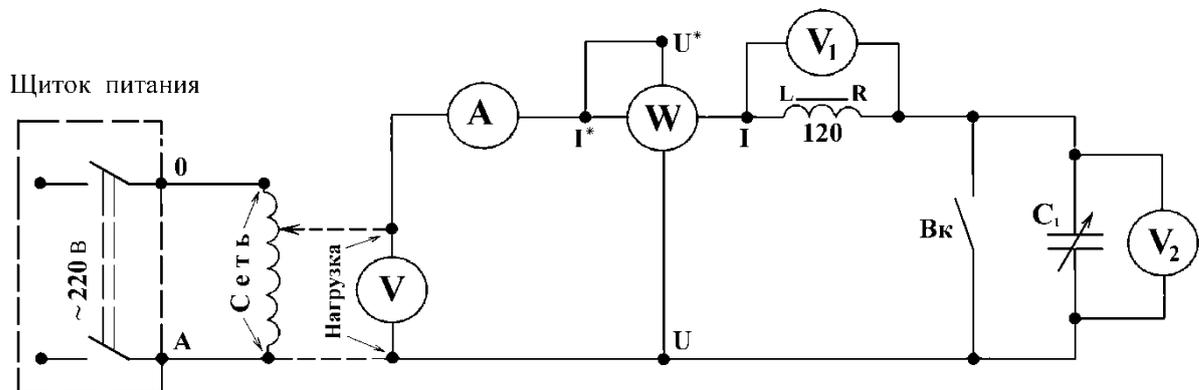
**Обеспечение занятия:** Амперметры, вольтметры, калькуляторы.

### Продолжительность занятия: 2 час.

Техника безопасности на рабочем месте:

1. Проводить работу на стенде разрешается группе студентов не менее двух человек. Работа на стенде одного студента разрешается в порядке исключения и только в присутствии преподавателя или лаборанта.
2. Перед сборкой схемы на рабочем месте студенты обязаны убедиться, что стенд лабораторной установки отключен от сети электропитания.
3. Сборку схемы разрешается производить только исправными изолированными проводами с наконечниками.
4. Подключать схему к электросети разрешается только с разрешения преподавателя или лаборанта.
5. Перед подключением схемы к электросети студенты должны обязательно убедиться, что никто не прикасается к токоведущим частям установки.
6. В случае необходимости каких-либо переключений или отключений элементов экспериментальной установки, находящейся под напряжением, установка должна быть отключена от сети.
7. Включение и отключение стенда от электросети должно производиться одним и тем же лицом. В случае ненормальной работы установки или угрозе поражения электрическим током кого-либо из работающих, отключение стенда от сети должно быть произведено немедленно любым из участников работы. О случившемся должно быть доложено руководителю работ или кому-либо из персонала лаборатории. Повторное включение установки может быть допущено только руководителем работ после ее проверки и устранения неисправностей.
8. При временном прекращении работ на лабораторном стенде он должен быть отключен от сети.

### Теоретический материал Содержание работы



Дано для данной схемы: $U = 10 \text{ В}$ ; $R = 3 \text{ Ом}$ ; $X_L = 8 \text{ Ом}$ ; $X_C = 4 \text{ Ом}$ .	
Задача 1. Определить ток через сопротивление $R_1$ . Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 2. Определить ток через катушку индуктивности $L_2$ . Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 3. Определить напряжение на сопротивлении	

R3. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 4. Определить напряжение на сопротивлении R2. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 5. Определить ток через сопротивление R2. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 6. Определить ток через катушку индуктивности L2. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 7. Определить напряжение на конденсаторе C3 . Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	
Задача 8. Определить напряжение на катушке индуктивности L2. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность. Провести экспериментальную проверку.	

#### Вопросы для контроля

В чём опасность резонанса напряжений для промышленных электроустановок?  
Написать и пояснить формулами условия возникновения резонанса напряжений.

#### Домашнее задание

Для всех случаев в масштабе построить векторные диаграммы.

#### Список рекомендуемой литературы

1. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2015.
2. Электротехника: учебник / П.А. Бутырин. М.: Издательский центр «Академия», 2015 год. – 272 стр.

#### Практическая работа №4

**Тема:** «Решение задач на соединение потребителей в "звезду". Определение характера цепи по величине тока в нейтральном проводе.

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать трехфазной цепи при соединении потребителя «Звездой».

**Приобретаемые умения, знания и компетенции:** У1 – 3; 31 – 9; ОК1 – 9; ПК2.1, 3.2

**Обеспечение занятия:** Амперметры, вольтметры, калькуляторы.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

Техника безопасности на рабочем месте:

1. Проводить работу на стенде разрешается группе студентов не менее двух человек. Работа на стенде одного студента разрешается в порядке исключения и только в присутствии преподавателя или лаборанта.
2. Перед сборкой схемы на рабочем месте студенты обязаны убедиться, что стенд лабораторной установки отключен от сети электропитания.
3. Сборку схемы разрешается производить только исправными изолированными проводами с наконечниками.
4. Подключать схему к электросети разрешается только с разрешения преподавателя или лаборанта.
5. Перед подключением схемы к электросети студенты должны обязательно убедиться, что никто не прикасается к токоведущим частям установки.
6. В случае необходимости каких-либо переключений или отключений элементов экспериментальной установки, находящейся под напряжением, установка должна быть отключена от сети.
7. Включение и отключение стенда от электросети должно производиться одним и тем же лицом. В случае ненормальной работы установки или угрозе поражения электрическим током кого-либо из работающих, отключение стенда от сети должно быть произведено немедленно любым из участников работы. О случившемся должно быть доложено руководителю работ или кому-либо из персонала лаборатории. Повторное включение установки может быть допущено только руководителем работ после ее проверки и устранения неисправностей.
8. При временном прекращении работ на лабораторном стенде он должен быть отключен от сети.

## Теоретический материал

### Содержание работы

Три группы сопротивлений соединили звездой с нулевым проводом и включили в трехфазную сеть переменного тока с линейным напряжением  $U_{\text{ном}}$ . Активные сопротивления в фазах А, В и С соответственно равны  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ ; реактивные –  $X_A$ ,  $X_B$ ,  $X_C$ . Характер реактивных сопротивлений указан в схеме цепи. Углы сдвига фаз в каждой фазе равны  $\varphi_A$ ,  $\varphi_B$ ,  $\varphi_C$ . Линейные токи в нормальном режиме равны  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ . Фазы нагрузки потребляют активные мощности  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$  и реактивные  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$ . В таблице вариантов указаны некоторые из этих величин и номер рисунка цепи. Для своего варианта необходимо: определить величины, отмеченные прочерками в таблице и начертить векторную диаграмму цепи в нормальном режиме и в аварийном режиме при отключении фазы А. Из векторных диаграмм определить графически токи в нулевом проводе в обоих режимах.

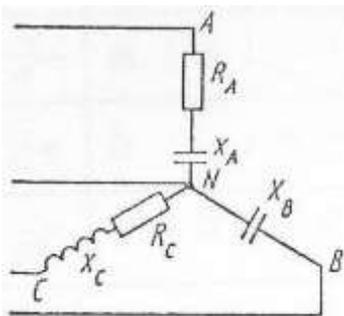


Рис.1

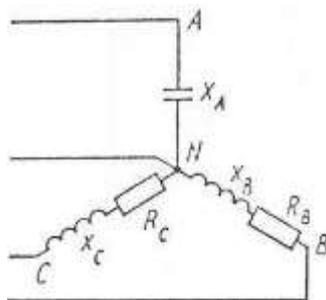


Рис.2

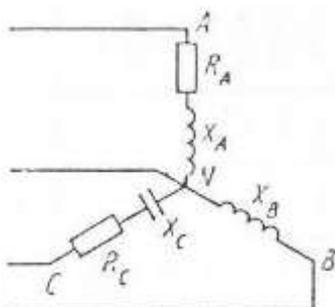
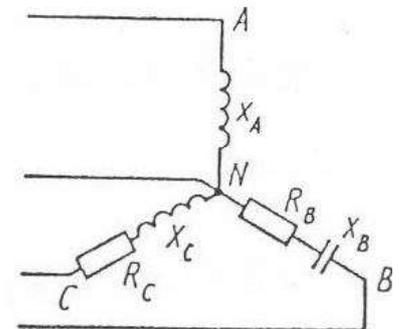


Рис.4

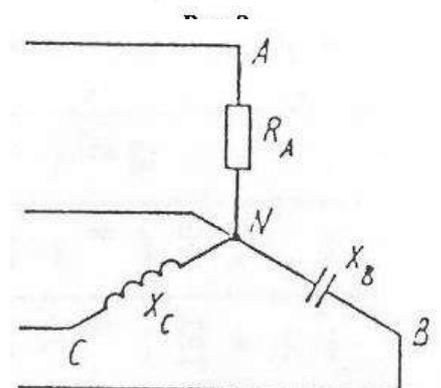


Рис.5

№ Ва р.	№ Ри с.	Уно м, В	Р А, О м	Р В, О м	Р С, О м	Х А, О м	Х В, О м	Х С, О м	І А, А	І В, А	І С, А	РА, Вт	РВ, Вт	РС, Вт	QA, BAP	QB, BAP	QC, BAP
1	1	380	-	не	-	-	-	-	-	-	-	290	нет	193	387	110	145
2	1	-	-	т	-	-	44	-	22	-	1	4	»	6	2	0	2
3	1	-	-	»	-	-	-	-	20	1	1	-	»	-	387	-	145
4	1	208	4	»	30	3	-	40	-	0	1	640	»	384	2	400	2
5	1	380	6	»	-	8	-	-	-	1	6	0	»	0	-	0	-
6	1	-	-	»	30	3	-	40	21	0	-	-	»	-	-	-	-
7	1	692	16	»	15	12	40	20	-	5	-	-	»	193	-	-	145
8	1	-	-	»	-	-	40	20	-	-	2,	-	»	6	-	120	2
9	1	208	4	»	-	3	-	16	-	-	4	-	»	-	-	0	-
10	1	-	-	»	-	-	-	-	20	1	-	640	»	-	480	-	-
11	2	660	не	»	-	-	-	-	-	0	-	0	867	-	0	-	512
12	2	-	т	-	4	-	8	3	-	1	-	-	0	-	-	-	0
13	2	104	»	-	6	15	3	8	-	0	1	640	-	384	-	400	900
14	2	-	»	4	-	8	-	-	4	1	6	0	-	0	361	0	-
15	2	-	»	-	4	-	-	3	95	0	-	нет	576	231	00	115	173
16	2	660	»	-	-	4	-	3	-	-	7	»	866	20	361	50	40
17	2	-	»	-	-	4	8	12	95	3	6	»	4	-	00	-	-
18	2	-	»	6	6	-	-	8	4	8	-	»	867	-	-	-	-
19	2	-	»	4	-	-	3	-	-	-	-	»	0	216	240	432	288
20	2	104	»	4	-	15	-	16	4	-	-	»	-	-	-	-	-
21	3	660	»	3	4	-	-	3	-	3	7	»	576	-	-	115	-
22	3	104	»	-	6	4	3	8	-	8	6	»	-	-	-	50	722
23	3	-	»	4	4	15	4	3	95	-	-	»	-	216	-	-	0
24	3	-	»	-	4	4	8	-	-	3	-	»	867	-	240	-	-
25	3	-	»	6	-	-	8	3	95	8	6	»	0	-	-	-	288
26	3	660	»	6	-	-	-	-	-	-	6	»	-	-	-	-	-
27	3	104	»	-	8	-	4	-	4	-	-	»	-	-	-	115	-
28	3	-	»	-	-	-	-	-	4	1	-	»	-	-	-	50	-
29	3	-	»	-	-	-	3	-	-	2	-	»	-	-	361	-	-
30	3	-	»	4	6	15	-	8	4	-	7	»	867	-	00	-	-
31	4	208	»	4	30	-	-	-	-	-	6	»	-	231	-	115	173
32	4	-	4	не	-	3	44	12	22	3	-	»	576	20	361	50	40
33	4	380	-	т	-	-	-	12	-	8	-	»	-	-	00	-	173
34	4	-	-	»	30	8	-	-	24	-	6	»	576	216	-	115	40
35	4	692	4	»	15	-	40	20	-	3	-	-	нет	-	240	50	-
36	4	-	16	»	-	12	-	-	20	8	6	-	»	216	240	-	288
37	4	380	-	»	-	-	-	-	-	-	-	-	»	-	-	432	288
38	4	-	-	»	-	-	40	20	-	1	2,	-	»	-	-	-	-
39	4	-	-	»	30	-	-	40	-	2	4	-	»	-	387	-	-
40	4	208	4	»	-	3	-	8	24	-	1	640	»	-	2	-	145
			-	»	-	3	-	-	-	-	1	0	»	-	-	-	2
				»								290	»	384	172	-	145
												4	»	0	8	120	2
												640	»	193	-	0	-
												0	»	6	-	-	-
												-	»	-	387	400	-
												-	»	-	2	0	145
												-	»	-	480	110	2
												-	»	-	0	0	512
												-	»	-	-	-	0
												-	»	-	120	0	-
												-	»	-	0	-	115
												-	»	-	-	-	2

## Вопросы для контроля

1. Какой принцип действия у трехфазного генератора?
2. В чем заключаются основные преимущества трехфазных систем?
3. Какие системы обладают свойством уравновешенности, в чем оно выражается?
4. Какие существуют схемы соединения в трехфазных цепях?
5. Какие соотношения между фазными и линейными величинами имеют место при соединении в звезду и в треугольник?

## Домашнее задание

1. Что будет, если поменять местами начало и конец одной из фаз генератора при соединении в треугольник, и почему?
2. Определите комплексы линейных напряжений, если при соединении фаз генератора в звезду начало и конец обмотки фазы С поменяли местами.

## Список рекомендуемой литературы

1. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2015.
2. Электротехника: учебник / П.А. Бутырин. М.: Издательский центр «Академия», 2015 год. – 272 стр.

## Практическая работа №5

**Тема:** «Решение задач при соединении потребителей в "треугольник".

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать трехфазной цепи при соединении потребителя «треугольником».

**Приобретаемые умения, знания и компетенции:** У1 – 3; З1 – 9; ОК1 – 9; ПК2.1, 3.2

**Обеспечение занятия:** Амперметры, вольтметры, калькуляторы.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

Техника безопасности на рабочем месте:

1. Проводить работу на стенде разрешается группе студентов не менее двух человек. Работа на стенде одного студента разрешается в порядке исключения и только в присутствии преподавателя или лаборанта.

2. Перед сборкой схемы на рабочем месте студенты обязаны убедиться, что стенд лабораторной установки отключен от сети электропитания.

3. Сборку схемы разрешается производить только исправными изолированными проводами с наконечниками.

4. Подключать схему к электросети разрешается только с разрешения преподавателя или лаборанта.

5. Перед подключением схемы к электросети студенты должны обязательно убедиться, что никто не прикасается к токоведущим частям установки.

6. В случае необходимости каких-либо переключений или отключений элементов экспериментальной установки, находящейся под напряжением, установка должна быть отключена от сети.

7. Включение и отключение стенда от электросети должно производиться одним и тем же лицом. В случае ненормальной работы установки или угрозе поражения электрическим током кого-либо из работающих, отключение стенда от сети должно быть произведено немедленно любым из участников работы. О случившемся должно быть доложено руководителю работ или кому-либо из персонала лаборатории. Повторное включение установки может быть допущено только руководителем работ после ее проверки и устранения неисправностей.

8. При временном прекращении работ на лабораторном стенде он должен быть отключен от

сети.

## Теоретический материал Содержание работы

Методика решения Задач при соединении нагрузки «треугольником».

В трехфазную сеть с  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$  включен соединенный треугольником трехфазный асинхронный двигатель мощностью  $P = 5 \text{ кВт}$ , КПД двигателя равен  $\eta_{\text{д}} = 90\%$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{д}} = 0,8$ . Определить фазные и линейные токи двигателя, параметры его схемы замещения  $R_{\text{ф}}$ ,  $X_{\text{ф}}$ , построить векторную диаграмму. Включить ваттметры для измерения активной мощности и найти их показания.

Двигатель является активно-индуктивным потребителем энергии, его схема замещения приведена на рис. 1

Схема цепи показана на рис. 1

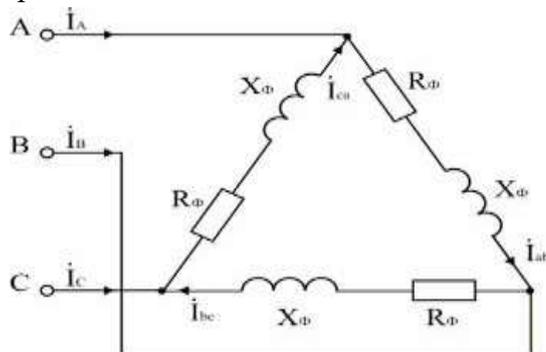


Рис. 1

Расчет активной мощности и токов, потребляемых двигателем из сети.

В паспорте двигателя указывается механическая мощность на валу; потребляемая активная мощность двигателя

$$P = P_{\text{н}} / \eta = 500 / 0,9 = 5560 \text{ Вт.}$$

Для симметричной нагрузки, какой является двигатель,

$$P = 3 U_{\text{ф}} I_{\text{ф}} \cos \varphi \text{ и } I_{\text{ф}} = P / (3 U_{\text{ф}} \cos \varphi).$$

$$I_{\text{ф}} = 5560 / (3 \cdot 380 \cdot 0,8) = 6,09 \text{ А.}$$

$$I_{\text{л}} = \sqrt{3} I_{\text{ф}} = \sqrt{3} \cdot 6,09 = 10,54 \text{ А.}$$

Расчет параметров схемы замещения двигателя.

$$Z_{\text{ф}} = U_{\text{ф}} / I_{\text{ф}} = 380 / 6,09 = 62,4 \text{ Ом; } R_{\text{ф}} = Z_{\text{ф}} \cos \varphi = 62,4 \cdot 0,8 = 49,9 \text{ Ом;}$$

$$X_{\text{ф}} = Z_{\text{ф}} \sin \varphi = 62,4 \cdot 0,6 = 37,4 \text{ Ом; } \cos \varphi_{\text{д}} = \cos \varphi_{\text{н}} = 0,8.$$

Построение векторной диаграммы.

Линейные напряжения строятся в виде симметричной звезды, они же являются в данном случае фазными напряжениями. Фазные токи отстают от напряжений на угол  $\varphi_{\text{ф}}$ , линейные токи строятся по фазным на основании уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа:

$$\dot{I}_{\text{А}} = \dot{I}_{\text{ab}} - \dot{I}_{\text{ca}}; \dot{I}_{\text{В}} = \dot{I}_{\text{bc}} - \dot{I}_{\text{ab}}; \dot{I}_{\text{С}} = \dot{I}_{\text{ca}} - \dot{I}_{\text{bc}}.$$

Векторная диаграмма показана на рис. 2

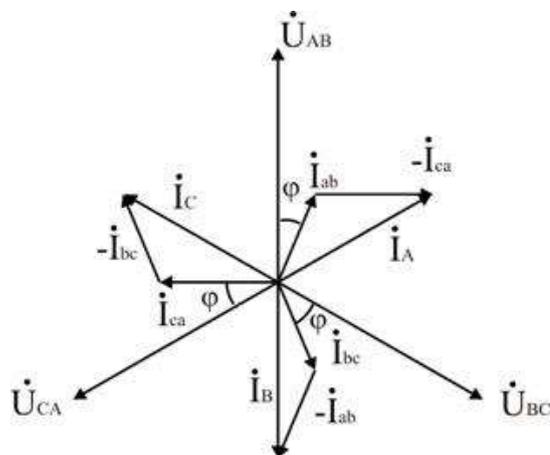


Рис. 2.

В трехпроводных сетях часто для измерения активной мощности применяется схема двух ваттметров, один из вариантов которой показан на рис. 3. Показания ваттметра определяются произведением напряжения, приложенного к его катушке напряжения, на ток в токовой катушке и косинус угла между ними:

$$P_1 = U_{AB} I_A \cos (\dot{U}_{AB} \wedge \dot{I}_A) = 380 \cdot 10,54 \cdot \cos (\varphi_{\Phi} + 30^{\circ}) = 1573 \text{ Вт};$$

$$P_2 = U_{CB} I_C \cos (\dot{U}_{CB} \wedge \dot{I}_C) = 380 \cdot 10,54 \cdot \cos (\varphi_{\Phi} - 30^{\circ}) = 3976 \text{ Вт}.$$

Активная мощность трехфазной цепи равна алгебраической сумме показаний приборов:

$$P = P_1 + P_2 = 1573 + 3976 = 5549 \text{ Вт}.$$

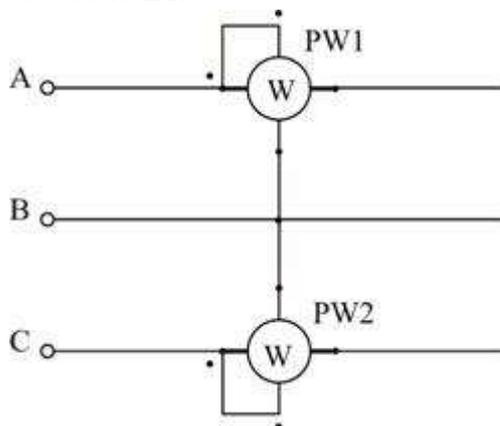


Рис. 3. Схема включения ваттметров

#### Вопросы для контроля

1. Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями при соединении фаз источника или приемника треугольником?
2. Как вычислить фазные и линейные токи приемника, соединенного треугольником, если известно линейное напряжение источника и сопротивление фаз приемника?
3. Каково соотношение между линейными и фазными токами симметричного приемника, соединенного треугольником?
4. Как вычислить активную, реактивную и полную мощности симметричной трехфазной нагрузки? Как вычисляются эти мощности при несимметричной нагрузке?

#### Домашнее задание

1. Сколько ваттметров нужно для измерения активной мощности трехфазной нагрузки в четырехпроводной цепи? Как они включаются?
2. Сколько ваттметров используют при измерении активной мощности в трехпроводных трехфазных сетях? Как они включаются?
3. В каких случаях можно измерить мощность трехфазной нагрузки одним ваттметром? Как его включить?

### Список рекомендуемой литературы

1. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2015.
2. Электротехника: учебник / П.А. Бутырин. М.: Издательский центр «Академия», 2015 год. – 272 стр.

### 3.2.4. Типовые задания для рубежного тестирования

#### Тест №1.

#### Вариант №1

Дано: плоский слюдяной конденсатор .  $C_1 = 15 \text{ мкФ}$ ;  $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ ;  $C_3 = 5 \text{ мкФ}$ ;  
 $S = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}$ ;  $d = 0,1 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}$ ;



Рис.1

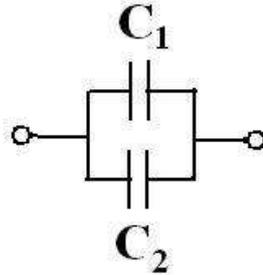


Рис.2

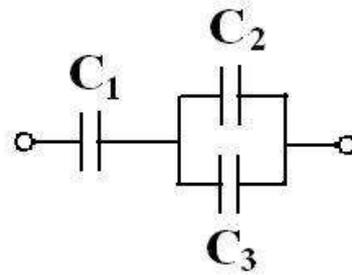


Рис.3

Из таблицы:  $\varepsilon = 6$ ;  $\varepsilon_0 = \frac{1}{36 \cdot 10^9 \cdot \pi} \left( \frac{\Phi}{\text{м}} \right)$ ; Формула ёмкости:  $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} (\Phi)$

№п /п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Величина ёмкости конденсатора С (пикофарад)	6,82	6,37	7,20	10,6	15,9
2.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 1	последов	паралл	смешан	прямая	косвенн
3.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 2	паралл	смешан	последов	косвенн	прямая
4.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 3	паралл	смешан	последов	прямая	косвенн
5.	Общая ёмкость для схемы рисунка 1 (микрофарад). С	25	6	7,5	8,2	10,6
6.	Общая ёмкость для схемы рисунка 2 (микрофарад). С	25	7,5	6	8,2	10,6
7.	Общая ёмкость для схемы рисунка 3 (микрофарад). С	6	7,5	25	8,2	10,6
8.	Основная единица ёмкости в системе СИ.	Микрофар ада	Фарада	Пикофара да	Ом	Ампер
9.	Изменение ёмкости конденсатора с уменьшением расстояния между обкладками. d	Уменьшит ся	Не изменитс я	Увеличит.	Значитель но уменьшит	Намного уменьшит

10.	Изменение ёмкости конденсатора с увеличением площади $S$ обкладок.	Не изменится	Увеличит.	Уменьшится	На много уменьшится	Значительно уменьшит
-----	--	--------------	-----------	------------	---------------------	----------------------

**Вариант №2**

Дано: плоский слюдяной конденсатор .  $C_1 = 20$  мкФ;  $C_2 = 20$  мкФ;  $C_3 = 15$  мкФ;  
 $C_4 = 10$  мкФ;  $S = 12 \cdot 10^{-5}$  (м<sup>2</sup>);  $d = 0,1 \cdot 10^{-2}$  (м);

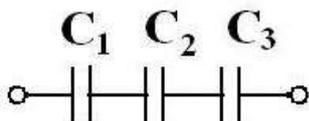


Рис. 1

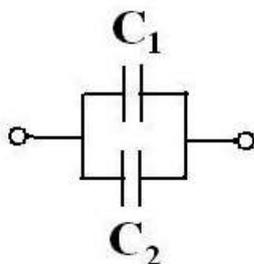


Рис. 2

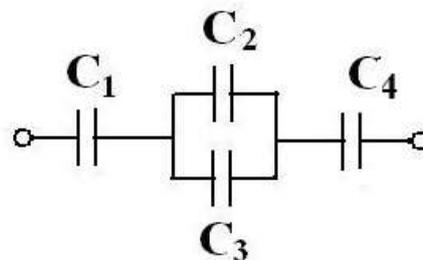


Рис. 3

Из таблицы:  $\varepsilon = 4$ ;  $\varepsilon_0 = \frac{1}{36 \cdot 10^9 \cdot \pi} (\Phi/M)$ ; Формула ёмкости:  $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} (\Phi)$

№п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Величина ёмкости конденсатора $C$ (пикофарад)	5,6	6,4	4,25	10,6	15,9
2.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 1	смешан	паралл	последов	прямая	косвенн
3.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 2	смешан	паралл	последов	косвенн	прямая
4.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 3	паралл	последов	смешан	прямая	косвенн
5.	Общая ёмкость для схемы рисунка 1 (микрофарад). $C$	5,2	6	40	8,2	10,6
6.	Общая ёмкость для схемы рисунка 2 (микрофарад). $C$	5,2	6	40	8,2	10,6
7.	Общая ёмкость для схемы рисунка 3 (микрофарад). $C$	40,6	5,6	6,6	18,2	10,6
8.	Основная единица ёмкости в системе СИ.	Пикофарада	Фарада	Микрофарада	Ом	Ампер
9.	Изменение ёмкости конденсатора с уменьшением расстояния между обкладками. $d$	Не изменится	Увеличит.	Уменьшится	Значительно уменьшит	Намного уменьшит
10.	Изменение ёмкости конденсатора с увеличением площади $S$ обкладок.	Уменьшится	Не изменит.	Увеличит.	На много уменьшится	Значительно уменьшит

**Вариант №3**

Дано: плоский слюдяной конденсатор .  $C_1 = 10$  мкФ;  $C_2 = 5$  мкФ;  $C_3 = 10$  мкФ;  
 $C_4 = 6$  мкФ;  $S = 12 \cdot 10^{-5}$  (м<sup>2</sup>);  $d = 0,1 \cdot 10^{-2}$  (м);

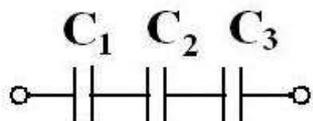


Рис. 1

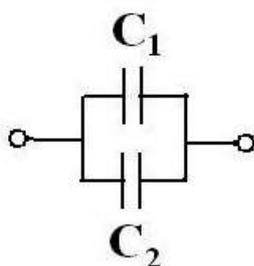


Рис. 2

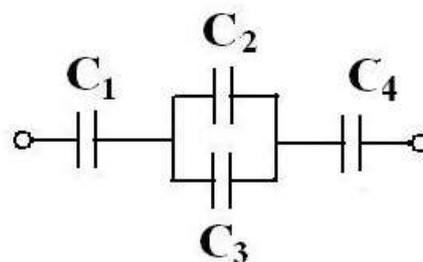


Рис. 3

Из таблицы:  $\varepsilon = 4$ ;  $\varepsilon_0 = \frac{1}{36 \cdot 10^9 \cdot \pi} (\Phi/M)$ ; Формула ёмкости:  $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} (\Phi)$

№п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Величина ёмкости конденсатора С (пикофарад)	3,15	4,25	5,25	6,15	15,9
2.	Общая ёмкость для схемы рисунка 1 (микрофарад). С	2,5	3,3	4,0	8,2	10,6
3.	Общая ёмкость для схемы рисунка 2 (микрофарад). С	15	6	40	8,2	10,6
4.	Общая ёмкость для схемы рисунка 3 (микрофарад). С	3	5,2	6	8,2	10,6
5.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 1	смешан	паралл	последов	прямая	косвенн
6.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 2	смешан	последов	паралл	косвенн	прямая
7.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 3	паралл	последов	смешан	прямая	косвенн
8.	Основная единица ёмкости в системе СИ.	Фарада	Пикофарада	Микрофарада	Ом	Ампер
9.	Изменение ёмкости конденсатора с уменьшением расстояния между обкладками. d	Увеличит.	Значительно уменьшит	Уменьшится	Не изменится	Намного уменьшит
10.	Изменение ёмкости конденсатора с увеличением площади S обкладок.	Увеличит.	Значительно уменьшит	Не изменит.	На много уменьшится	Уменьшится

**Вариант №4**

Дано: плоский слюдяной конденсатор .  $C_1 = 15$  мкФ;  $C_2 = 10$  мкФ;  $C_3 = 6$  мкФ;

$$C_4 = 4 \text{ мкФ};$$

$$S = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)} ;$$

$$d = 0,1 \cdot 10^{-2} \text{ (м)} ;$$

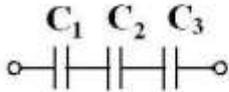


Рис. 1

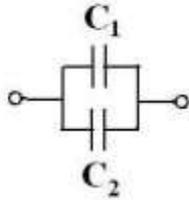


Рис. 2

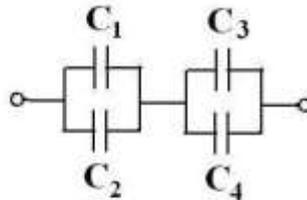


Рис. 3

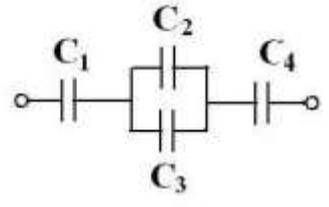


Рис. 4

Из таблицы:  $\varepsilon = 6$ ;  $\varepsilon_0 = \frac{1}{36 \cdot 10^9 \cdot \pi} (\Phi/м)$ ; Формула ёмкости:  $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} (\Phi)$

№п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Величина ёмкости конденсатора С (пикофарад)	6,82	6,37	7,20	10,6	15,9
2.	Общая ёмкость для схемы рисунка 1 (микрофарад). С	3	4	5	8	6
3.	Общая ёмкость для схемы рисунка 2 (микрофарад). С	25	7,5	26	8,2	10,6
4.	Общая ёмкость для схемы рисунка 3 (микрофарад). С	6,2	7,1	2,5	8,2	8,6
5.	Общая ёмкость для схемы рисунка 4 (микрофарад). С	6,6	2,6	2,3	8,2	12,6
6.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 1	последов	паралл	смешан	прямая	косвенн
7.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 2	смешан	паралл	последов	косвенн	прямая
8.	Схема соединения конденсаторов на Рис. 3	паралл	смешан	последов	прямая	косвенн
9.	Основная единица ёмкости в системе СИ.	Вольт	Микрофа рада	Фарада	Ом	Ампер
10.	Изменение ёмкости конденсатора с уменьшением расстояния между обкладками. d	Значитель но уменьшит	Увеличит.	Не изменитс я	Уменьши тся	Намного уменьшит

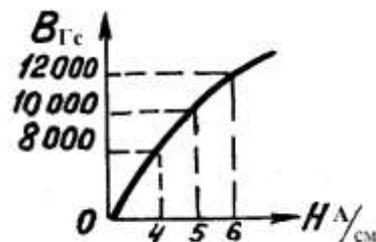
Тест №2

Электромагнетизм

Вариант № 1

Дано:

В сердечнике из электротехнической стали (размеры даны в сантиметрах) с числом витков обмотки  $W = 408$  витков создан магнитный поток  $\Phi = 2,826 \cdot 10^{-3}$  Вб (282600 Мкс).



$$1. \ell_{\text{ср}} = 2\pi R_{\text{ср}}$$

$$2. S(\text{см}^2) = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$3. B_{\text{Гс}} = \frac{\Phi_{\text{Мкс}}}{S_{\text{см}^2}}$$

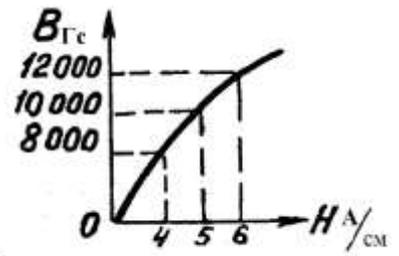
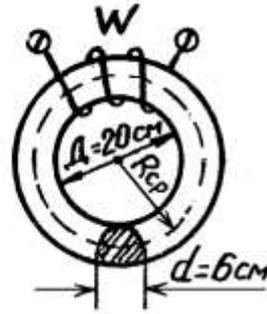
$$4. J(\text{А}) = \frac{H_{\text{А/см}} \ell_{\text{ср}}}{W}$$

$$5. \mu_{\text{стали}} = \frac{B_{\text{Тл}}}{H_{\text{А/м}}} \left( \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \right)$$

№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Длина средней магнитной линии $\ell_{\text{ср}}$ (см)?	85,96	92,2	71,64	81,64	97,3
2.	Площадь сечения сердечника $S$ (см <sup>2</sup> ) ?	48,58	24,20	54,75	34,34	28,26
3.	Магнитная индукция $B$ (Гс) ?	16 000	8 000	12 000	14 000	10 000
4.	Напряжённость магнитного поля по кривой намагничивания $H$ ( $\frac{\text{А}}{\text{см}}$ )?	4	7	6	5	8
5.	Ток в обмотке $I$ (А) ?	4	2,5	1	2	3
6.	Магнитная проницаемость материала сердечника $\mu_{\text{стали}}$ ( $\frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ ) ?	0,02	0.003	0,0002	0,002	0,0004
Считая магнитный поток $\Phi$ неизменным, как надо изменить ? :						
7.	Ток в обмотке, если увеличить $\ell_{\text{ср}}$ ?	не изменять	Незначительно уменьшится	уменьшится	увеличится	Нет однозначного ответа
8.	Ток в обмотке, если уменьшить $S$ (см <sup>2</sup> ) ?	уменьшится	не изменять	Незначительно уменьшится	Нет однозначного ответа	увеличить
9.	Ток в обмотке, если в сердечнике сделать воздушный зазор 0,1 см ?	Незначительно уменьшится	не изменять	уменьшится	увеличится	Нет однозначного ответа
10.	Число витков обмотки при данном токе, если увеличить $\ell_{\text{ср}}$ ?	не изменять	Нет однозначного ответа	уменьшится	увеличится	Незначительно уменьшится

Дано:

В сердечнике из электротехнической стали (размеры даны в сантиметрах) с числом витков обмотки  $W = 408$  витков создан магнитный поток  $\Phi = 2,2608 \cdot 10^{-3}$  Вб ( 226080 Мкс ).



$$1. \ell_{cp} = 2\pi R_{cp}$$

$$2. S(\text{см}^2) = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$3. B_{Гс} = \frac{\Phi_{\text{Мкс}}}{S_{\text{см}^2}}$$

$$4. J(\text{А}) = \frac{H_{\text{А/см}} \cdot \ell_{cp}}{W}$$

$$5. \mu_{\text{стали}} = \frac{B_{\text{Тл}}}{H_{\text{А/м}}} \left( \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \right)$$

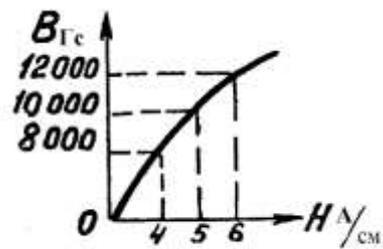
№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Длина средней магнитной линии $\ell_{cp}$ (см)?	85,96	92,2	71,64	81,64	97,3
2.	Площадь сечения сердечника $S$ (см <sup>2</sup> ) ?	48,58	24,20	54,75	34,34	28,26
3.	Магнитная индукция $B$ (Гс) ?	12 000	10 000	8 000	14 000	16 000
4.	Напряжённость магнитного поля по кривой намагничивания $H$ ( $\frac{\text{А}}{\text{нм}}$ )?	3	7	5	4	8
5.	Ток в обмотке $I$ (А) ?	0,4	1,5	0,8	2,5	3,3
6.	Магнитная проницаемость материала сердечника $\mu_{\text{стали}} \left( \frac{\text{Ал}}{\text{л}} \right)$ ?	0,02	0.003	0,0002	0,002	0,0004

Считая магнитный поток  $\Phi$  неизменным, как надо изменить ? :

7.	Ток в обмотке, если увеличить $\ell_{cp}$ ?	не изменять	Незначительно уменьшится	уменьшится	увеличить	Нет однозначного ответа
8.	Ток в обмотке, если уменьшить $S$ (см <sup>2</sup> ) ?	уменьшится	не изменять	Незначительно уменьшится	Нет однозначного ответа	увеличить
9.	Ток в обмотке, если в сердечнике сделать воздушный зазор 0,1 см ?	уменьшится	не изменять	увеличить	Незначительно уменьшить	Нет однозначного ответа
10.	Число витков обмотки при данном токе, если увеличить $\ell_{cp}$ ?	не изменять	Нет однозначного ответа	уменьшится	увеличить	Незначительно уменьшится

Дано:

В сердечнике из электротехнической стали (размеры даны в сантиметрах) с числом витков обмотки  $W = 245$  витков создан магнитный поток  $\Phi = 3,3912 \cdot 10^{-3}$  Вб (339120 Мкс).



$$1. l_{cp} = 2\pi R_{cp}$$

$$2. S(\text{см}^2) = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$3. B_{Гс} = \frac{\Phi_{\text{Мкс}}}{S_{\text{см}^2}}$$

$$4. J(\Lambda) = \frac{H \Lambda / \text{см} \cdot l_{cp}}{W}$$

$$5. \mu_{\text{стали}} = \frac{B_{Тл}}{H \Lambda / \text{м}} \left( \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \right)$$

№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Длина средней магнитной линии $l_{cp}$ (см)?	85,96	92,2	71,64	81,64	97,3
2.	Площадь сечения сердечника $S$ (см <sup>2</sup> ) ?	48,58	24,20	54,75	34,34	28,26
3.	Магнитная индукция $B$ (Гс) ?	15 000	13 000	12 000	14 000	16 000
4.	Напряжённость магнитного поля по кривой намагничивания $H$ ( $\frac{\Lambda}{\text{см}}$ )?	5	7	4	6	8
5.	Ток в обмотке $I$ (А) ?	3	2,5	2	4	5
6.	Магнитная проницаемость материала сердечника $\mu_{\text{стали}} \left( \frac{\Lambda \cdot \text{л}}{\text{л}} \right)$ ?	0,02	0.003	0,0002	0,002	0,0004

Считая магнитный поток  $\Phi$  неизменным, как надо изменить ? :

7.	Ток в обмотке, если увеличить $l_{cp}$ ?	не изменять	Незначительно уменьшится	уменьшится	увеличить	Нет однозначного ответа
8.	Ток в обмотке, если уменьшить $S$ (см <sup>2</sup> ) ?	уменьшится	не изменять	Незначительно уменьшится	Нет однозначного ответа	увеличить
9.	Ток в обмотке, если в сердечнике сделать воздушный зазор 0,1 см ?	уменьшится	не изменять	увеличить	Незначительно уменьшить	Нет однозначного ответа
10.	Число витков обмотки при данном токе, если увеличить $l_{cp}$ ?	не изменять	Нет однозначного	уменьшится	увеличить	Незначительно уменьшится

			ответа			ь
--	--	--	--------	--	--	---

**Электромагнетизм**

**Вариант № 4**

**Дано:**

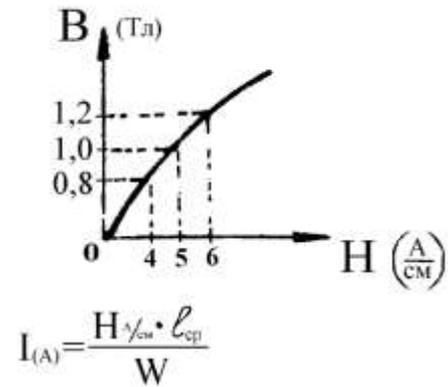
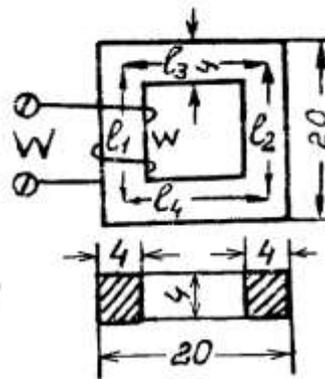
В сердечнике из электротехнической стали (размеры даны в сантиметрах)

с числом витков обмоток

$$W = 160 \text{ витков}$$

создан магнитный поток

$$\Phi = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Вб (160000 Мкс)}$$



$$B_{(Тл)} = \frac{\Phi_{(Мкс)}}{S_{(см^2)}}$$

$$l_{\text{ср}(см)} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

$$S_{(см^2)} = a \cdot b$$

$$\mu_{\text{стали}} = \frac{B_{(Тл)}}{H_{(А/см)}} \left( \frac{Гн}{М} \right)$$

№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Длина средней магнитной линии $l_{\text{ср}}$ ( см).	28	83	72	64	95
2.	Площадь сечения сердечника $S$ ( кв. см).	12	14	19	18	16
3.	Магнитная индукция $B$ ( Тл).	3	2	1	4	5
4.	Напряжённость магнитного поля по кривой намагничивания $H$ ( $\frac{А}{см}$ ).	4	7	6	5	8
5.	Ток в обмотке $I$ (А).	1,0	1,5	2,5	3,0	2,0
6.	Магнитная проницаемость материала сердечника $\mu_a$ ( $\frac{Гн}{м}$ ).	0,02	0,003	0,0002	0,002	0,004

Считая магнитный поток  $\Phi$  неизменным, как надо изменить:

7.	Ток в обмотке, если $l_{\text{ср}}$ увеличить?	увеличить	нет однозначного ответа	не изменять	уменьшить	Вопрос некорректен
8.	Ток в обмотке, если площадь сечения сердечника $S$ увеличить ?	нет однозначного ответа	не изменять	уменьшить	Вопрос некорректен	увеличить
9.	Ток в обмотке, если в сердечнике сделать воздушный зазор ?	е изменять	уменьшить	увеличить	Вопрос некорректен	нет однозначного ответ

						а
10.	Число витков обмотки, при данном токе, если увеличить длину средней магнитной линии $l_{\text{ср}}$ ?	уменьшить	нет однозначного ответа	не изменять	увеличить	Вопрос некорректен

**Электромагнетизм**

**Вариант № 5**

**Дано:**

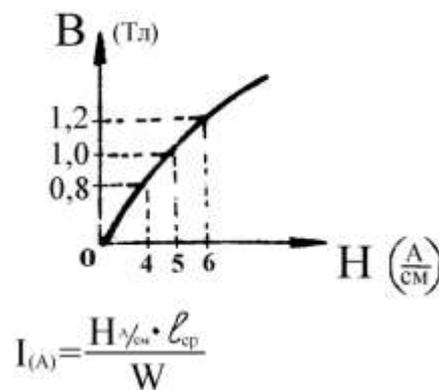
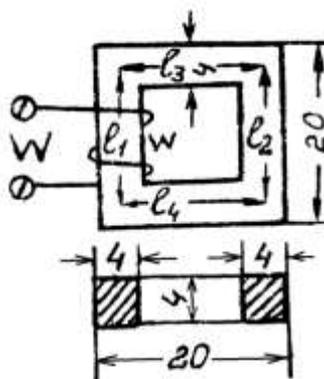
В сердечнике из электротехнической стали (размеры даны в сантиметрах)

с числом витков обмоток

$$W = 128 \text{ витков}$$

создан магнитный поток

$$\Phi = 7,68 \cdot 10^{-3} \text{ Вб (768000 Мкс)}$$



$$B_{(Гс)} = \frac{\Phi_{(Мкс)}}{S_{(см^2)}}$$

$$l_{\text{ср(см)}} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

$$S_{(см^2)} = a \cdot b$$

$$\mu_{\text{стали}} = \frac{B_{(Тл)}}{H_{(А/М)}} \left( \frac{Гн}{М} \right)$$

№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Длина средней магнитной линии $l_{\text{ср}}$ (см).	28	83	72	64	95
2.	Площадь сечения сердечника $S$ (кв. см).	12	14	19	18	16
3.	Магнитная индукция $B$ (Гс).	8000	10000	12000	14000	15000
4.	Напряжённость магнитного поля по кривой намагничивания $H$ ( $\frac{А}{см}$ ).	5	7	4	6	8
5.	Ток в обмотке $I$ (А).	1	1,5	2	1,7	3,0
6.	Магнитная проницаемость материала сердечника $\mu_a$ ( $\frac{Гн}{М}$ ).	0,02	0,003	0,0002	0,002	0,004

Считая магнитный поток  $\Phi$  неизменным, как надо изменить:

7.	Ток в обмотке, если $l_{\text{ср}}$ увеличить?	не изменять	уменьшить	увеличить	нет однозначного ответа	Вопрос некорректен
8.	Ток в обмотке, если площадь сечения сердечника $S$ увеличить?	уменьшить	не изменять	нет однозначного	Вопрос некорректен	увеличить

				ответа		
9.	Ток в обмотке, если в сердечнике сделать воздушный зазор?	не изменять	уменьшить	увеличить	Вопрос некорректен	нет однозначно ответа
10.	Число витков обмотки, при данном токе, если увеличить длину средней магнитной линии $l_{ср}$ ?	уменьшить	нет однозначного ответа	не изменять	увеличить	Вопрос некорректен

**Электромагнетизм**

**Вариант № 6**

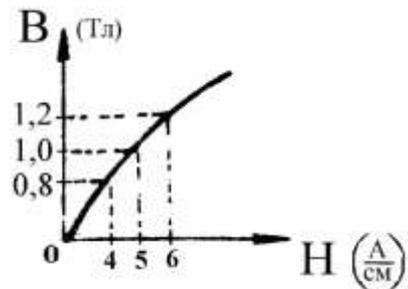
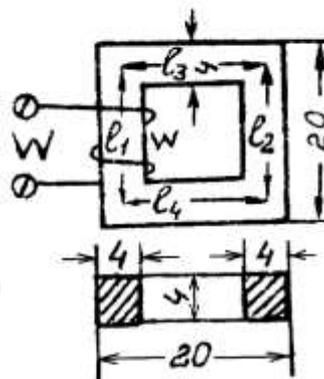
**Дано:**

В сердечнике из электротехнической стали (размеры даны в сантиметрах)

с числом витков обмоток  $W = 160$  витков

создан магнитный поток

$$\Phi = 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ Вб (128000 Мкс)}$$



$$I_{(A)} = \frac{H_{\text{ср}} \cdot l_{\text{ср}}}{W}$$

$$B_{(T)} = \frac{\Phi_{(Wb)}}{S_{(cm^2)}}$$

$$l_{ср(см)} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

$$S_{(cm^2)} = a \cdot b$$

$$\mu_{стали} = \frac{B_{(T)}}{H_{(A/cm)}} \left( \frac{Гн}{М} \right)$$

№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
1.	Длина средней магнитной линии $l_{ср}$ (см).	28	54	72	64	95
2.	Площадь сечения сердечника $S$ ( кв. см).	12	14	15	18	16
3.	Магнитная индукция $B$ ( Гс).	10000	12000	8000	14000	16000
4.	Напряжённость магнитного поля по кривой намагничивания $H$ ( $\frac{A}{см}$ ).	2	7	5	4	6
5.	Ток в обмотке $I$ (А).	1,3	1,5	2,6	3,2	1,6
6.	Магнитная проницаемость материала сердечника $\mu_a$ ( $\frac{Гн}{М}$ ).	0,02	0,003	0,0002	0,002	0,004

Считая магнитный поток  $\Phi$  неизменным, как надо изменить:

7.	Ток в обмотке, если $l_{cp}$ увеличить?	не изменять	уменьшить	увеличить	нет однозначного ответа	Вопрос некорректен
8.	Ток в обмотке, если площадь сечения сердечника $S$ увеличить?	уменьшить	не изменять	нет однозначного ответа	Вопрос некорректен	увеличить
9.	Ток в обмотке, если в сердечнике сделать воздушный зазор?	не изменять	уменьшить	увеличить	Вопрос некорректен	нет однозначного ответа
10.	Число витков обмотки, при данном токе, если увеличить длину средней магнитной линии $l_{cp}$ ?	уменьшить	нет однозначного ответа	не изменять	увеличить	Вопрос некорректен

### Электромагнетизм

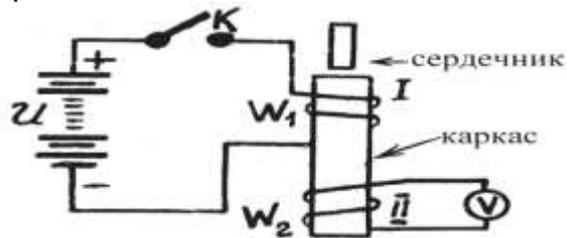
### Вариант 7

Дано:

Две катушки на одном каркасе.

$$\mathcal{E}_{M2} = -M \frac{dI_1}{dt} \text{ (В)}$$

$$M = \frac{4\pi \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot \mu \cdot S}{l} \text{ (Гн)}$$



Ток в первой катушке изменяется на 10 А за 0,0001 секунду.

Взаимоиндуктивность катушек  $M = 0,1$  Гн.

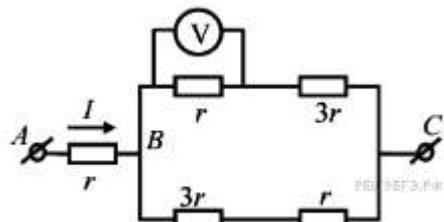
№ п/п	В О П Р О С Ы	ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ				
		ЭДС самоиндукции	ЭДС взаимоиндукции	Ничего не возникает	нет однозначного ответа	разного рода ЭДС
1.	Что возникает во второй катушке в моменты замыкания и размыкания ключа К первой катушки?	ЭДС самоиндукции	ЭДС взаимоиндукции	Ничего не возникает	нет однозначного ответа	разного рода ЭДС
2.	Величина ЭДС во второй катушке $\mathcal{E}_{M2}$ (В)	5 000	10 000	500	1 000	3 000
3.	Направление ЭДС во второй катушке при замыкании ключа К	направление определить невозможно	встречно с приложенным напряжением	совпадает с приложенным напряжением	направление периодически изменяется	направление вначале встречно, затем наоборот
4.	Направление ЭДС во второй катушке при размыкании ключа К	Направление определить невозможно	Встречно с приложенным напряжением	Совпадает с приложенным напряжением	направление периодически изменяется	направление вначале встречно, затем наоборот
Как изменятся :						

5.	ЭДС во второй катушке при увеличении скорости замыкания и размыкания ключа К ?	Уменьшится	Возрастёт	Без изменений	изменяется периодически	нет однозначного ответа
6.	ЭДС во второй катушке при увеличении числа витков первой катушке ?	Возрастёт	Уменьшится	Без изменений	изменяется периодически	нет однозначного ответа
7.	ЭДС во второй катушке при увеличении витков второй катушки ?	Уменьшится	Возрастёт	Без изменений	нет однозначного ответа	изменяется периодически
8.	ЭДС во второй катушке при внесении сердечника в каркас катушек ?	Возрастёт	Уменьшится	Без изменений	нет однозначного ответа	изменяется периодически
9.	Взаимоиндуктивность при удалении катушек ?	Возрастёт	Уменьшится	Без изменений	изменяется периодически	нет однозначного ответа
10.	Взаимоиндуктивность при внесении сердечника ?	Уменьшится	Возрастёт	Без изменений	нет однозначного ответа	изменяется периодически

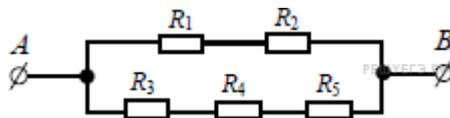
### 3.2.5. Типовые задания для рубежного контроля

#### Вариант 1

- Чему равно время прохождения тока силой 5 А по проводнику, если при напряжении на его концах 120 В в проводнике выделяется количество теплоты, равное 540 кДж?
- Комната освещается четырьмя одинаковыми параллельно включёнными лампочками. Расход электроэнергии за час равен  $Q$ . Каким будет расход электроэнергии в час, если число этих лампочек уменьшить вдвое?
- Как изменится сила тока, протекающего по проводнику, если напряжение между концами проводника и площадь его сечения увеличить в 2 раза?
  - не изменится
  - уменьшится в 4 раза
  - увеличится в 2 раза
  - увеличится в 4 раза
- Сила тока в проводнике постоянна и равна 0,5 А. За какое время заряд 60 Кл пройдет по проводнику?
- Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно  $R$ , а второго —  $2R$ . Как изменится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и площадь поперечного сечения первого проводника уменьшить вдвое?



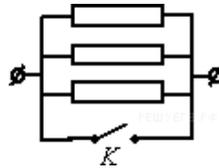
- На рисунке показана схема участка электрической цепи. По участку  $AB$  течёт постоянный ток  $I = 2$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр, если сопротивление  $r = 1$  Ом?



7.

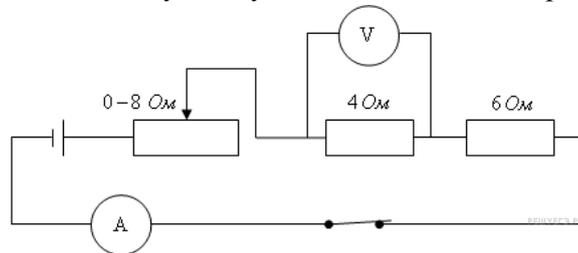
Сопротивление каждого резистора в цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе  $R_2$  при подключении участка к источнику постоянного напряжения 12 В выводами А и В?

8. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно  $R$ .



Чему равно полное сопротивление участка при замкнутом ключе  $K$

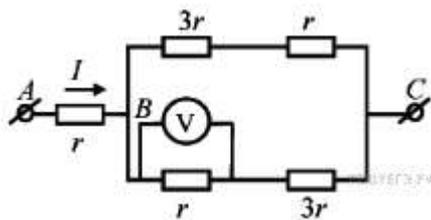
9. На рисунке представлена электрическая цепь. Амперметр и вольтметр считайте идеальными. Вольтметр показывает напряжение 2 В. Какую силу тока показывает амперметр



10. Сила тока в проводнике постоянна и равна 0,5 А. Напряжение на участке цепи 10 В. Каково сопротивление участка цепи ?

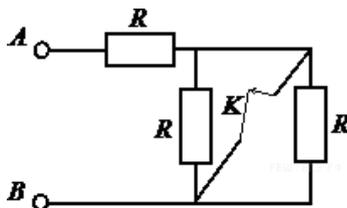
### Вариант 2

1. В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время  $t$  выделяется количество теплоты  $Q$ . Если силу тока и время  $t$  увеличить вдвое, то чему будет равно количество теплоты, выделившееся в нагревателе?
2. Электроэнергия, потребляемая четырьмя одинаковыми последовательно включёнными лампочками за час, равна  $Q$ . Каким будет потребление электроэнергии за час, если и число последовательно включённых лампочек, и подводимое к ним напряжение увеличить вдвое?
3. Если и длину медного провода, и напряжение между его концами увеличить в 2 раза, то сила тока, протекающего по проводу,
  - 1) не изменится
  - 2) уменьшится в 2 раза
  - 3) увеличится в 2 раза
  - 4) увеличится в 4 раза
4. Сила тока в проводнике постоянна и равна 0,5 А. Какой заряд пройдёт по проводнику за 20 минут?
5. Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно  $R$ , а второго —  $2R$ . Как изменится общее сопротивление этого участка, если и длину, и площадь поперечного сечения первого проводника уменьшить в 2 раза?



6. На рисунке показана схема участка электрической цепи. По участку  $AB$  течёт постоянный ток  $I = 6$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр, если сопротивление  $r = 1$  Ом?

7. Как изменится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображенного на рисунке, если ключ  $K$  разомкнуть?

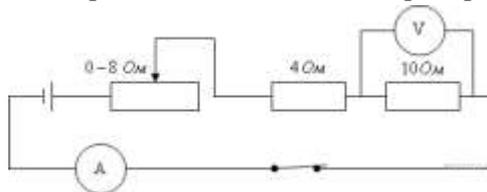


Сопротивление каждого резистора равно 4 Ом.

8. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны  $r$ ,  $2r$  и  $3r$ . Сопротивление участка уменьшится в 1,5 раза, если убрать из него

1) первый резистор 2) второй резистор 3) третий резистор 4) первый и второй резисторы

9. На рисунке представлена электрическая цепь. Вольтметр показывает напряжение 2 В. Считая амперметр и вольтметр идеальными, определите показания амперметра.

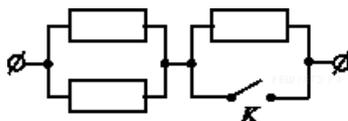


10. Сила тока в проводнике постоянна и равна 5 А. Напряжение на участке цепи 10 В. Каково сопротивление участка цепи ?

### Вариант 3

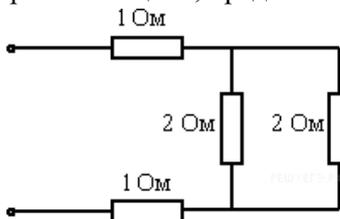
- Резистор 1 с электрическим сопротивлением 3 Ом и резистор 2 с электрическим сопротивлением 6 Ом включены последовательно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение количества теплоты, выделяющегося на резисторе 1, к количеству теплоты, выделяющемуся на резисторе 2 за одинаковое время?
- Комната освещается четырьмя одинаковыми параллельно включёнными лампочками. Расход электроэнергии за час равен  $Q$ . Каким должно быть число параллельно включённых лампочек, чтобы расход электроэнергии в час был равен  $2Q$ ?
- Если три резистора электрическими сопротивлениями 3 Ом, 6 Ом и 9 Ом включены параллельно в цепь постоянного тока, то количества теплоты, выделяющиеся на этих резисторах за одинаковое время, относятся как
  - 1 : 2 : 3
  - 3 : 6 : 9
  - 6 : 3 : 2
  - 1 : 4 : 9

4. Время протекания тока в проводнике увеличили в 2 раза. При этом величина прошедшего по проводнику заряда тоже увеличилась в 2 раза. Как изменилась сила тока в проводнике?
5. Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно  $4R$ , а второго —  $2R$ . Как изменится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление первого проводника вдвое уменьшить, а его длину вдвое увеличить?
- 1) уменьшится вдвое      2) не изменится      3) увеличится вдвое      4) уменьшится вчетверо
6. В распоряжении ученика имеются 3 резистора сопротивлениями 2 Ом, 3 Ом и 6 Ом. Пробуя соединять эти резисторы различными способами, ученик может получить участки цепи, минимальное и максимальное сопротивление которых равны
- 1) 2 Ом и 6 Ом      2) 2 Ом и 7,2 Ом      3) 2 Ом и 9 Ом      4) 1 Ом и 11 Ом
7. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно  $R$ .

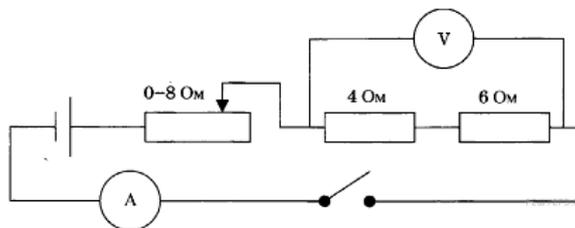


Чему равно полное сопротивление участка при замкнутом ключе  $K$  ?

8. Рассчитайте общее сопротивление электрической цепи, представленной на рисунке.



9. На рисунке представлена электрическая цепь. Амперметр и вольтметр считайте идеальными. Вольтметр показывает напряжение 12 В. Какую силу тока показывает амперметр?



10. Сила тока в проводнике постоянна и равна 0,5 А. Напряжение на участке цепи 20 В. Каково сопротивление участка цепи ?

### Эталон ответов

Учебная дисциплина/междисциплинарный курс  
 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»  
 по специальности/профессии (базовая или углубленная подготовка (для специальности))

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
№ вопроса	вариант ответа	№ вопроса	вариант ответа	№ вопроса	вариант ответа
1.	900 с = 15 мин	1.	Увел. в 8 раз	1.	1/2
2.	Уменьшится вдвое	2.	Увел. вдвое	2.	8
3.	4) Увелич. в 4 раза	3.	Не	3.	3

4.	120 с	4.	600 Кл	4.	Не изменится
5.	Не изменится	5.	Не изменится	5.	Не изменится
6.	2 В	6.	3 В	6.	4) 1 Ом и 11 Ом
7.	6 В	7.	6 Ом	7.	0,5 R
8.	0 Ом	8.	2) второй	8.	3 Ом
9.	0,5 А	9.	0,2 А	9.	0 А (ключ разомкнут)
10.	20 Ом	10.	2 Ом	10.	40 Ом

### Темы для КСЗ:

Название темы (раздела) учебной дисциплины, междисциплинарного курса	Номер вопроса
Электрическое поле	1-2
Электрические цепи постоянного тока	3-4
Электромагнетизм	5-6
Электрические измерения	7-8
Однофазные электрические переменного тока	9
Трёхфазные электрические цепи переменного тока.	10

### Критерии оценки:

Название темы (раздела) учебной дисциплины, междисциплинарного курса	Количество
Правильный ответ	1
Неправильный ответ	0
Максимальное количество баллов	10

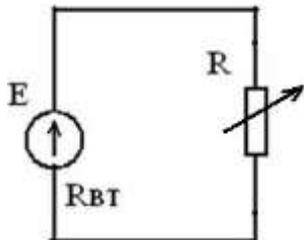
### Перевод баллов в оценку:

Количество правильно выполненных заданий	Удельный вес правильно выполненных заданий в общем объеме варианта	Оценка
10-9	91-100%	«5» - «отлично»
8	81-90%	«4» - «хорошо»
7	71-80-правильных ответов	«3» - «удовлетворительно»
6	70% и менее	«2» - «неудовлетворительно»

#### 4. Контрольно-оценочные материалы для промежуточной аттестации по учебной дисциплине

Укажи один правильный ответ (задания 1-23).

1. В результате изменения сопротивления нагрузки ток в цепи увеличился. Как это влияет на напряжение на зажимах цепи?



- a) напряжение  $U$  растет;
- b) напряжение  $U$  уменьшается;
- c) напряжение  $U$  остается неизменным.

2. Какой из проводов одинакового диаметра и длины сильнее нагревается - медный или стальной - при одном и том же токе?

- a) медный;
- b) стальной;
- c) оба провода нагреваются одинаково.

3. Длину и диаметр проводника увеличили в 2 раза. Как изменится сопротивление проводника?

- a) не изменится;
- b) уменьшится в 2 раза;
- c) увеличится в 2 раза.

4. Укажите формулу для определения закона Кирхгофа для узла.

- a)  $I = \frac{U}{R}$
- b)  $\sum I \times R = \sum E$
- c)  $\sum I = 0$
- d)  $Q = I^2 \times R \times t$

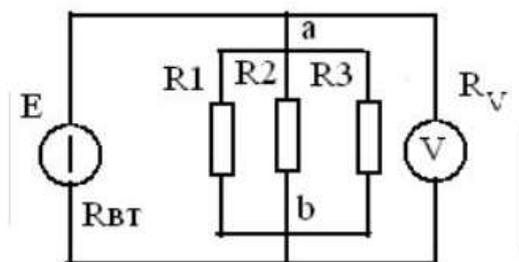
5. Единицей измерения величины тока является:

- a) Вебер;
- b) Вольт;
- c) Ампер;
- d) Сименс.

6. Через каждый из четырех одинаковых резисторов, соединенных последовательно проходит ток в 1 А. Определите общий ток в цепи.

- a) 2,00 А;
- b) 0,25 А;
- c) 1,00 А;
- d) 4,00 А.

7. Каким должно быть сопротивление вольтметра, чтобы он не влиял на режим работы цепи?



- a) сопротивление вольтметра равно нулю;
- b) сопротивление вольтметра много больше сопротивления участка  $ab$ ;

- c) сопротивление вольтметра приблизительно равно сопротивлению участка  $ab$ ;
- d) сопротивление вольтметра много меньше сопротивления участка  $ab$ .

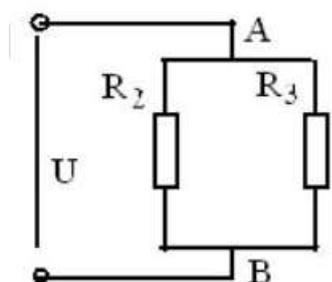
8. Какими признаками характеризуется твердый диэлектрик в состоянии пробоя.

- a) наличием свободных ионов;
- b) наличием свободных электронов;
- c) наличием свободных ионов и электронов.

9. Будет ли проходить в цепи постоянный ток, если вместо источника ЭДС включить заряженный конденсатор?

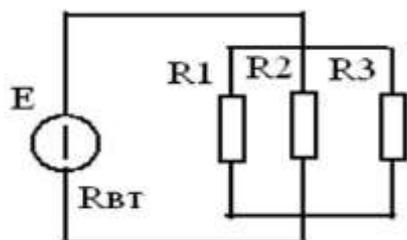
- a) не будет;
- b) будет, но недолго;
- c) будет.

10. Как изменится напряжение на участке АВ, если параллельно ему включить еще одно сопротивление ( $U = \text{const}$ )?



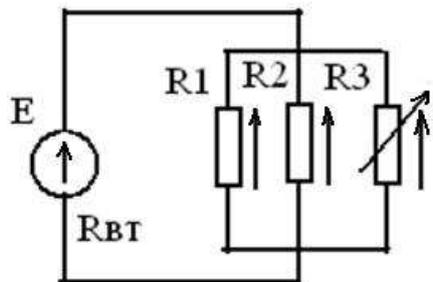
- a) не изменится;
- b) увеличится;
- c) уменьшится.

11. Как изменится напряжение на параллельном разветвлении, подключенном к источнику с  $R_{вт}$  отличным от нуля если число ветвей увеличить?



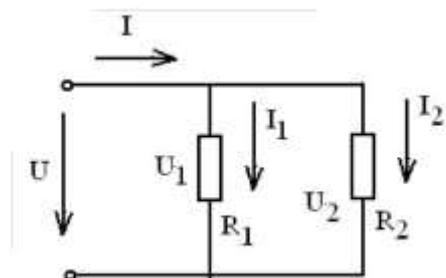
- a) не изменится;
- b) увеличится;
- c) уменьшится.

12. Как изменятся токи  $I_1$  и  $I_2$ , если сопротивление  $R_3$  уменьшится?



- a) увеличатся;
- b) уменьшатся;
- c) останутся неизменными.

13. Каково соотношение между напряжениями  $U_1$  и  $U_2$  в середине и в конце линии?



- a)  $U_1 = U_2$
- b)  $U_1 < U_2$
- c)  $U_1 > U_2$

14. При каком напряжении выгоднее передавать энергию в линии при заданной мощности:

- a) при повышенном;

- b) при пониженном;
- c) безразлично.

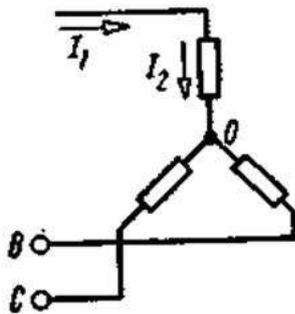
15. Какой из проводов одинаковой длины из одного и того же материала, но разного диаметра, сильнее нагревается при одном и том же токе

- a) оба провода нагреются одинаково;
- b) сильнее нагреется провод с большим диаметром;
- c) сильнее нагреется провод с меньшим диаметром.

16. Каким должно быть соотношение между температурой плавления плавкой вставки предохранителя  $t_{\text{ПРЕД}}$  и температурой плавления проводов  $t_{\text{ПРОВ}}$

- a)  $t_{\text{ПРЕД}} > t_{\text{ПРОВ}}$
- b)  $t_{\text{ПРЕД}} < t_{\text{ПРОВ}}$
- c)  $t_{\text{ПРЕД}} = t_{\text{ПРОВ}}$

17. Какой из токов в схеме линейный, какой - фазный?

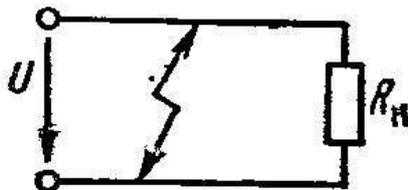


- a) оба тока линейные
- b) оба тока фазные
- c) ток  $I_1$  -линейный, ток  $I_2$  -фазный
- d) ток  $I_1$  - фазный, ток  $I_2$  -линейный

18. Укажите значение относительной магнитной проницаемости, которое в принципе не может существовать.

- a) 100
- b) 0,9999
- c) 0,2
- d) 1,001

19. Как изменится ток потребителя в  $R_H$  при коротком замыкании в линии?

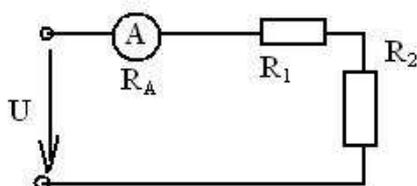


- a) резко увеличится
- b) не изменится
- c) станет равным нулю
- d) уменьшится

20. Какие заряды перемещаются в металле в процессе электростатической индукции?

- a) положительные ионы
- b) электроны
- c) и электроны и ионы

21. Каким должно быть сопротивление амперметра, чтобы он не влиял на режим работы цепи?



- a) -  $R_A \gg R_1 + R_2$
- b) -  $R_A = R_1 + R_2$
- c) +  $R_A \ll R_1 + R_2$

22. Для какой цели в электрических машинах якорь (ротор) набирают из листов электротехнической стали?

- a) для уменьшения вихревых токов;

- b) для требуемого профилирования воздушного зазора;
- c) для увеличения магнитного сопротивления генератора

23. Как изменится количество теплоты, выделяющейся в нагревательном приборе, при ухудшении контакта в штепсельной розетке?

- a) не изменится
- b) увеличится
- c) уменьшится

**a. Вставь правильный ответ вместо многоточия (задания 24 - 30):**

24. Количество электричества, проходящего через поперечное сечение проводника за единицу времени называется...

25. При включении обмоток генератора треугольником начало первой обмотки соединяется с...

26. Материалы, которые невозможно намагнитить называются...

27. Чтобы напряженность магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным проводником с током 2А, была постоянной, точка в магнитном поле должна двигаться ...

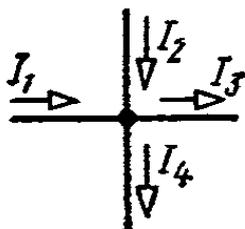
28. Если токи в проводниках проходят в одном направлении, то проводники ...

29. Учет расхода электрической энергии ведут с помощью...

30. Электрические машины, преобразующие механическую энергию в электрическую называют...

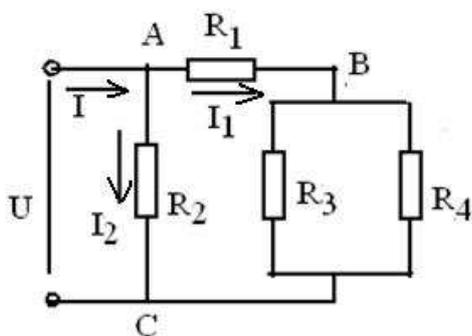
**3. Установи соответствие (задания 31 - 33):**

31. Какое из приведенных уравнений не соответствует рисунку?



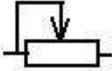
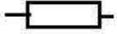
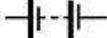
- a)  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$
- b)  $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$
- c)  $I_3 + I_4 - I_1 - I_2 = 0$
- d)  $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

32. Какое из приведенных уравнений соответствует рисунку?



- a.  $I_1 = \frac{U}{R_1 + \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}}$
- b.  $I_1 = \frac{U}{R_1}$
- c.  $I_1 = \frac{U}{\frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}}$

33. Установление соответствие между изображением элемента(А) и его наименованием (Б)

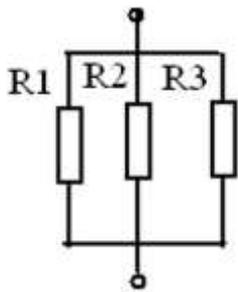
А	Б
1. 	а) Конденсатор б) Реостат в) Резистор г) Источник электрической энергии
2. 	
3. 	
4. 	

#### 4. Расчет параметров электрической и магнитной цепи.

34. За 1 час при постоянном токе был перенесен заряд в 180 Кл. Определите силу тока в цепи.

35. Известно сопротивление проводника при  $t = 20^\circ\text{C}$  равно 4.2 Ом, его длина 10 м и площадь поперечного сечения  $1\text{мм}^2$ . Определить удельное сопротивление материала проводника.

36. Найти эквивалентное сопротивление данного разветвления, если  $R_1 = 4\text{ Ом}$ ;  $R_2 = 2\text{ Ом}$ ;  $R_3 = 3\text{ Ом}$



37. Симметричная нагрузка соединена звездой. Линейное напряжение 380 В. Определить фазное напряжение

38. Какое количество теплоты выделяется в проводнике, имеющем сопротивление 10 Ом, в течение 60 секунд при токе 2 А?

39. К обмотке катушки, имеющей 100 витков, приложено напряжение 200 В. Какова намагничивающая сила катушки, если ее сопротивление 20 Ом

40. Сопротивление одного провода двухпроводной линии постоянного тока 0,05 Ом. Через нагрузку течет ток 10 А. Рассчитать потерю напряжения

41. Напряжение на потребителе 115 В. Потеря напряжения в проводах составляет 15 В. Определить напряжение на источнике энергии.

42. Определить частоту тока генератора, если частота вращения якоря генератора  $n = 3000$  об/мин; число пар полюсов генератора  $p = 2$ .

#### Эталон ответов

##### 1 задание (вопросы 1-23)

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ответ	b	b	b	c	c	c	b	b	b	c	c

Вопрос	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ответ	b	c	a	c	b	c	c	a	b	c	a	c

