

**Департамент образования Вологодской области  
бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Вологодской области  
«ВОЛОГОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

**Методические указания**  
по организации практических работ  
по учебной дисциплине ОП.03. Электротехника

Профессия 08.01.14 «Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования»

2017

Рассмотрено и утверждено на заседании предметно-цикловой комиссии преподавателей специальных дисциплин и мастеров производственного обучения

Методические указания по организации практических работ предназначены для студентов 1 курса очной формы обучения, для профессии 08.01.14 «Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования» в количестве 16 часов.

В методических указаниях представлена последовательность выполнения практических работ по дисциплине Электротехника классифицированные по темам рабочей программы.

Перечень практических работ соответствует содержанию программы дисциплины. Практическая работа студентов повышает интеллектуальный уровень обучающихся, формирует умение самостоятельно находить нужную информацию, систематизировать, обобщать, что необходимо для профессиональной подготовки будущего специалиста. Навыки исследовательской работы по дисциплине помогут студентам на старших курсах при выполнении и оформлении курсовых и дипломных проектов.

Автор: Неражева Л. П., преподаватель физики, электротехники.

## Содержание.

1. Пояснительная записка.....	4
2. Критерии оценки практических работ.....	5
3. Практические работы.....	7
3.1. Практическая работа№1 «Решение задач на законы Ома»	
3.2. Практическая работа №2 «Применение правил Кирхгофа»	
3.3. Практическая работа№3 «Расчет электрической цепи со смешанным соединением конденсаторов»	
3.4. Практическая работа№4 «Определение работы и мощности электрического тока»	
3.5. Практическая работа№5 «Расчет неразветвленной неоднородной магнитной цепи»	
3.6. Практическая работа№6 «Расчетнеразветвленной цепи переменного тока с активным и индуктивным сопротивлением»	
3.7. Практическая работа№7«Определение коэффициента полезного действия трансформатора»	
3.8. Практическая работа№8 «Упрощенный расчет параметров асинхронного двигателя»	
4. Список литературы.....	38

## Пояснительная записка

Методические указания предназначены для совершенствования теоретических знаний и формирования практических умений и навыков по программе дисциплины Основы электротехники для специалистов среднего звена (ППССЗ) и профессий (ППКРС) в соответствии с ФГОС специальностей и профессий:

### **08.01.14 «Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования»**

Подготовка к практическим работам заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой.

Для эффективного выполнения заданий ВЫ должны знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических заданий.

В конце занятия преподаватель выставляет оценку, которая складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее.

Оценки за выполнение практических занятий выставляется по пятибалльной системе.

*Условия и порядок выполнения работы:*

1. Прочитать методические указания по выполнению практической работы.
2. Ответить на вопросы, необходимые для выполнения заданий.
3. Изучить содержание заданий и начать выполнение.
4. Работу выполнить в тетрадях, оформив надлежащим образом.
5. Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя или обучающегося, успешно выполнившего работу.
6. Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка

Защита проводится путем индивидуальной беседы или выполнения зачетного задания. Работа считается выполненной, если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке к практической работе.

Пропущенные практические работы отрабатываются в дополнительное время.

## **Критерии оценки практических работ**

### Критерии оценки за ответ на теоретические вопросы

«Отлично»

Обстоятельно и с достаточной полнотой излагает материал вопросов. Даёт ответ на вопрос в определенной логической последовательности. Даёт правильные формулировки, точные определения понятий и терминов. Демонстрирует полное понимание материала, даёт полный и аргументированный ответ на вопрос, приводит необходимые примеры (не только рассмотренные на занятиях, но и подобранные самостоятельно). Свободно владеет речью (показывает связанность и последовательность в изложении).

«Хорошо»

Даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает единичные ошибки, неточности, которые сам же исправляет после замечаний преподавателя.

«Удовлетворительно»

Обнаруживает знание и понимание основных положений, но: допускает неточности в формулировке определений, терминов; излагает материал недостаточно связно и последовательно; на вопросы экзаменаторов отвечает некорректно.

«Неудовлетворительно»

Обнаруживает непонимание основного содержания учебного материала. Допускает в формулировке определений ошибки, искажающие их смысл. Допускает существенные ошибки, которые не может исправить при наводящих вопросах преподавателя или ответ отсутствует. Беспорядочно и неуверенно излагает материал. Сопровождает изложение частыми заминками и перерывами.

### Критерии оценки за выполнение практических задачи

«Отлично»

Показал полное знание технологии выполнения задания. Продемонстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологию при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

«Хорошо»

Задание в целом выполнил, но допустил неточности. Показал знание технологии/алгоритма выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

«Удовлетворительно»

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

«Неудовлетворительно»

Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

## Практическая работа №1

### Законы Ома для участка цепи и для полной цепи

**Цель:** закрепить знания по законам электрического тока

#### Примеры решения задач

**Задача №1.** Рассчитать силу тока, проходящую по медному проводу длиной 100м, площадью поперечного сечения  $0,5\text{мм}^2$ , если к концам провода приложено напряжение 6,8В.

Дано:  $l=100\text{м}$ ,  $S=0,5\text{мм}^2$ ,  $U=6,8\text{В}$

Найти:  $I$ -?

Решение:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$R = 0.017 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м} \cdot \frac{100\text{м}}{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 3,4 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{6,8 \text{ В}}{3,4 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$$

**Ответ:**  $I=2\text{А}$ .

**Задача №2.** В электрическую цепь включены последовательно резистор сопротивлением 5 Ом и две электрические лампы сопротивлением 500 Ом. Определите общее сопротивление проводника.

Дано:  $R_{AB}=5 \text{ Ом}$ ,  $R_{BC}=500 \text{ Ом}$ ,  $R_{CD}=500 \text{ Ом}$

Найти:  $R_{AD}$ -?

**Решение:**  $R_{AD} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD}$

$$R_{AD} = 5 \text{ Ом} + 500 \text{ Ом} + 500 \text{ Ом} = 1005 \text{ Ом}$$

**Ответ:**  $R_{AD} = 1005 \text{ Ом}$ .

**Задача №3.** Два резистора сопротивлением  $r_1 = 5 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 30 \text{ Ом}$  включены параллельно, к зажимам источника тока напряжением 6В. Найдите силу тока на всех участках цепи.

**Дано:**  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 30 \text{ Ом}$ ,  $U = 6 \text{ В}$

**Найти:**  $I_0$ ?

**Решение:**

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}$$

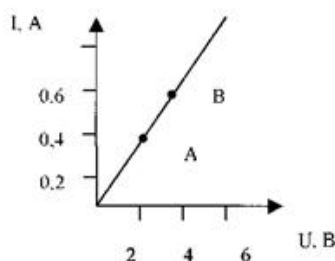
$$I_1 = \frac{6 \text{ В}}{5 \text{ Ом}} \approx 1,2 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{6 \text{ В}}{30 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}$$

$$I = 1,2 \text{ А} + 0,2 \text{ А} = 1,4 \text{ А}$$

**Ответ:**  $I = 1,4 \text{ А}$

**Задача №4.**



1. Какому значению силы тока и напряжения соответствует точка А?
2. Какому значению силы тока и напряжения соответствует точка В?
3. Найдите сопротивление в точке А и в точке В.
4. Найдите по графику силу тока в проводнике при напряжении 8 В и вычислите сопротивление в этом случае.
5. Какой вывод можно проделать по результатам задачи?

**Ответ:**

1. Сила тока = 0,4 А, напряжение – 4В.
2. Сила тока = 0,6 А, напряжение – 6В.
3. Сопротивление в т.А – 10 Ом, в т.В – 10 Ом.
4. Сила тока = 0,8А, сопротивление – 10 Ом.



5. При изменении силы тока и напряжения на одинаковую величину, сопротивление остается постоянным.

**Задача №5.** Внутреннее сопротивление старой батареи от карманного фонаря равно 0,5 Ом. Хороший вольтметр в отсутствие нагрузки показывает на ней напряжение 1,5 В. Каково напряжение на полюсах батареи, если ее замкнуть на нагрузку сопротивлением 1 Ом?

**Дано:**  $U_0=1,5\text{В}$ ,  $r=0,5\text{ Ом}$ ,  $R=1\text{ Ом}$

**Найти:**  $U=?$

**Решение:**

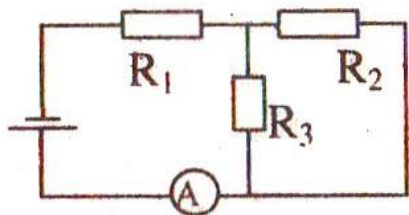
$$I = \frac{U_0}{R + r}$$

$$U = I \cdot R = \frac{U_0 \cdot R}{R + r}$$

$$U = \frac{1,5\text{ В} \cdot 1\text{ Ом}}{1\text{ Ом} + 0,5\text{ Ом}} = 1\text{ В}$$

**Ответ:**  $U=1\text{В}$

**Задача №6.** В цепи, изображенной на схеме  $R_1 = 2,9\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 7\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3\text{ Ом}$ , внутреннее сопротивление источника равно 1 Ом. Амперметр показывает ток 1 А. Определите ЭДС и напряжение на зажимах батареи.



**Дано:**  $R_1 = 2,9\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 7\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3\text{ Ом}$ ,  $r=1\text{ Ом}$ ,  $I=1\text{ А}$

**Найти:**  $\varepsilon=?$ ,  $U=?$

**Решение:**

Найдем общее сопротивление цепи. Резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены параллельно, а к ним последовательно присоединен резистор  $R_1$ .

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$\varepsilon = I \cdot (R + r) = I \cdot \left( R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + r \right)$$

$$\varepsilon = 1 \text{ A} \cdot \left( 2,9 \text{ Ом} + \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{7 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}} + 1 \text{ Ом} \right) = 6 \text{ В}$$

$$U = I \cdot R = I \cdot \left( R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

$$U = 1 \text{ A} \cdot \left( 2,9 \text{ Ом} + \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{7 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}} \right) = 5 \text{ В}$$

**Ответ:**  $\varepsilon = 6 \text{ В}$ ,  $U = 5 \text{ В}$

**Задача №7.** Определить ЭДС батареи, если известно, что при увеличении сопротивления нагрузки в 2,5 раза напряжение на нагрузке возрастает от 3,5 В до 8 В.

**Дано:**  $R_2 = 2,5R_1$ ,  $U_1 = 3,5 \text{ В}$ ,  $U_2 = 8 \text{ В}$

**Найти:**  $\varepsilon$ —?

**Решение:**

*Запишем закон Ома для полной цепи для каждого случая:*

$$\varepsilon = U_1 + \frac{U_1}{R_1} \cdot r$$

$$\varepsilon = U_2 + \frac{U_2}{R_2} \cdot r = U_2 + \frac{U_2}{2,5R_1} \cdot r$$

*Приравниваем:*

$$U_1 + \frac{U_1}{R_1} \cdot r = U_2 + \frac{U_2}{2,5R_1} \cdot r$$

$$r \left( \frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{2,5 \cdot R_1} \right) = U_2 - U_1$$

$$r \frac{2,5 \cdot U_1 - U_2}{2,5 \cdot R_1} = U_2 - U_1$$

$$r = \frac{2,5 \cdot R_1 \cdot (U_2 - U_1)}{2,5 \cdot U_1 - U_2}$$

$$\varepsilon = U_1 + \frac{2,5 \cdot R_1 \cdot (U_2 - U_1)}{2,5 \cdot U_1 - U_2} \cdot \frac{U_1}{R_1} = \frac{1,5 \cdot U_1 \cdot U_2}{2,5 \cdot U_1 - U_2}$$

$$\varepsilon = \frac{1,5 \cdot 3,5 \text{ В} \cdot 8 \text{ В}}{2,5 \cdot 3,5 \text{ В} - 8 \text{ В}} = 5,6 \text{ В}$$

**Ответ:**  $\varepsilon = 5,6 \text{ В}$

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задание №1.** Даны схемы электрических цепей.

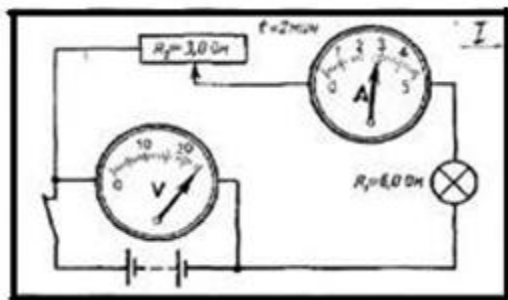


Рис. 1

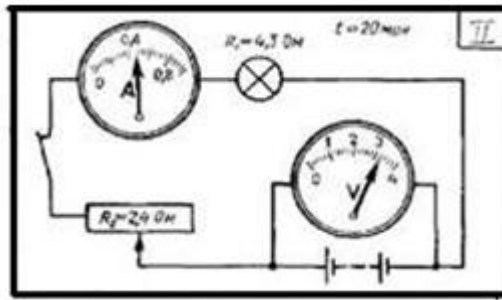


Рис. 2

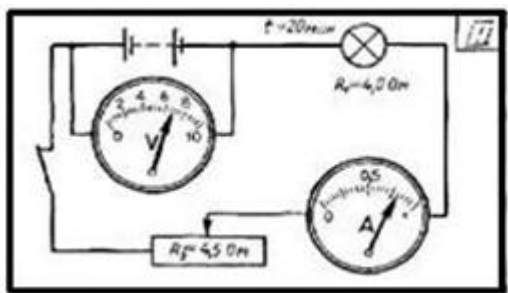


Рис. 3

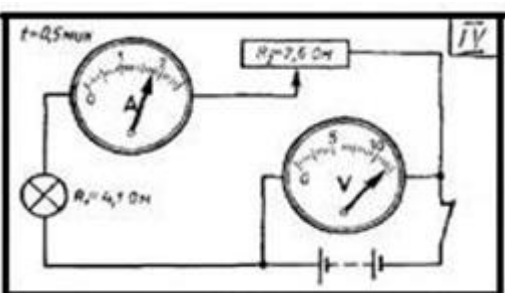


Рис. 4

Ответьте на вопросы:

1. Перечислите все элементы цепи.
2. Какие виды соединения используются?
3. Рассчитайте напряжение на лампе.
4. Рассчитайте напряжение на реостате.
5. Рассчитайте силу тока на всем участке цепи.

**Задание №2.** Четыре резистора соединены согласно схемам. Определить общее сопротивление в цепи, если  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 102 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ .

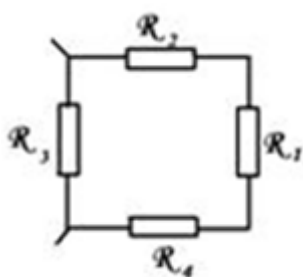


Рис. 1

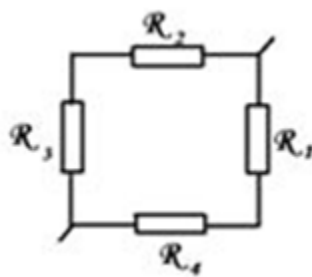


Рис. 2

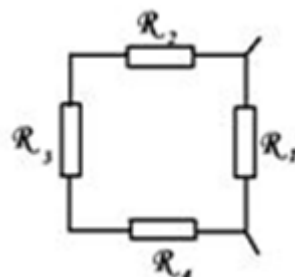


Рис. 3

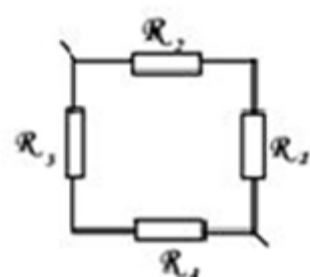
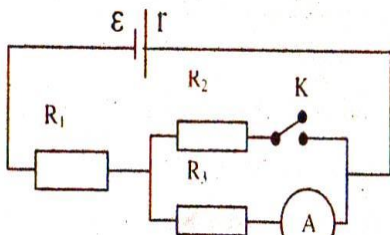
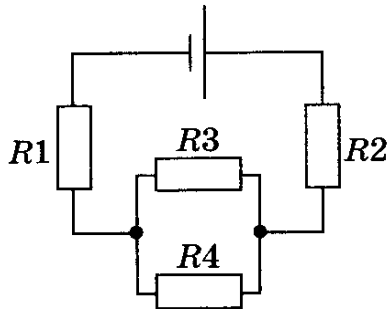


Рис. 4

**Задание №3.** При разомкнутом ключе амперметр показывает ток 1 А. Какой ток покажет амперметр при замкнутом ключе? ЭДС источника 10 В, внутреннее сопротивление источника 1 Ом,  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ .



**Задание №2.** ЭДС источника тока 3 В, его внутреннее сопротивление 1 Ом, сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 1,75$  Ом,  $R_3 = 2$  Ом,  $R_4 = 6$  Ом. Какова сила тока в резисторе  $R_4$ ?



**Задание №4.** Аккумулятор внутренним сопротивлением 0,4 Ом работает на лампочку сопротивлением 12,5 Ом. При этом ток в цепи равен 0,26 А. Определите ЭДС аккумулятора и напряжение на зажимах лампочки.

**Задание №5.** В цепи источника тока с э. д. с. 30 В идет ток 2 А. Напряжение на зажимах источника 18 В. Найти внешнее сопротивление цепи  $R$  и внутреннее сопротивление источника  $r$ .

**Задание №6.** Вольтметр, подключенный к источнику тока с э. д. с. 120 В и внутренним сопротивлением 50 Ом, показывает напряжение 118 В. Найти сопротивление вольтметра  $R$ .

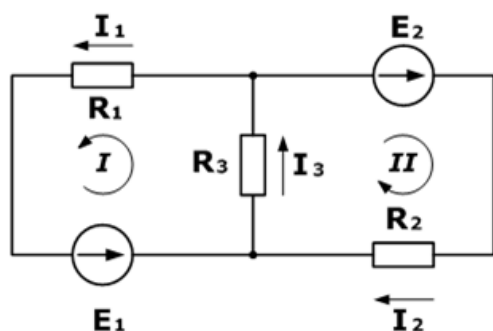
## Практическая работа №2

### Применение правил Кирхгофа

**Цель:** научиться применять законы Кирхгофа для расчета сложных электрических цепей, совершенствовать умения, активизировать познавательную деятельность обучающихся через решение задач на расчет сложных электрических цепей.

#### Примеры решения задач

**Задача 1.** Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Дано:  $R_1 = 1000\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 1500\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 150\text{ Ом}$ ,  $E_1 = 75\text{ В}$ ,  $E_2 = 100\text{ В}$

Найти:  $I_1, I_2, I_3 = ?$

Решение:

*Используя первый закон Кирхгофа, можно записать  $n-1$  уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов  $n=2$ , а значит нужно составить только одно уравнение.*

*По первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными. Значит:*

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

*Затем, используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем), составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.*

*На примере первого контура – ток  $I_1$  и  $I_3$  совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС  $E_1$  также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.*

*Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:*

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

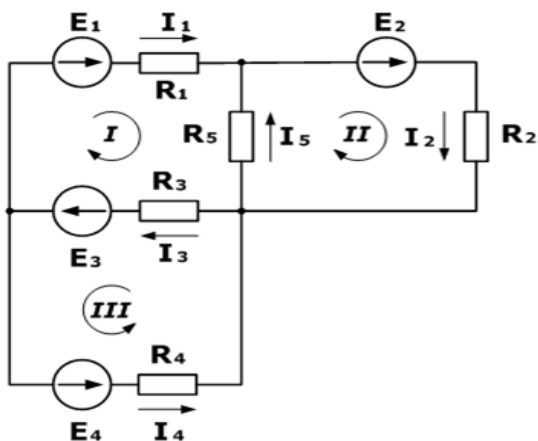
Все эти три уравнения образуют систему

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

$$\begin{cases} I_1 = 0,143 \\ I_2 = 0,262 \\ I_3 = 0,405 \end{cases}$$

**Задача 2.** Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.



**Дано:**  $R_1 = 130 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 150 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 200 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 80 \text{ Ом}$ ,  $E_1 = 30\text{В}$ ,  $E_2 = 60\text{В}$ ,  $E_3 = 80\text{В}$ ,  $I_5 = 0,206 \text{ А}$

**Найти:**  $I_1, I_2, I_3, I_4, E_4$  - ?

**Решение:**

Составим уравнения на основании первого закона Кирхгофа. Количество уравнений  $n-1=2$

$$I_3 - I_1 - I_4 = 0$$

$$I_5 + I_1 - I_2 = 0$$

Затем составляем уравнения по второму закону для трех контуров. Учитываем направления обхода.

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3$$

$$R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2$$

$$R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4$$

На основании этих уравнений составляем систему с 5-ью неизвестными

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3 \\ R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2 \\ R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4 \\ I_3 - I_1 - I_4 = 0 \\ I_5 + I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Решив эту систему любым удобным способом, найдем неизвестные величины

$$\begin{cases} I_1 = 0,229 \\ I_2 = 0,435 \\ I_3 = 0,645 \\ I_4 = 0,416 \\ E_4 = 100 \end{cases}$$

Для этой задачи выполним проверку с помощью баланса мощностей, при этом сумма мощностей, отданная источниками, должна равняться сумме мощностей полученных приемниками.

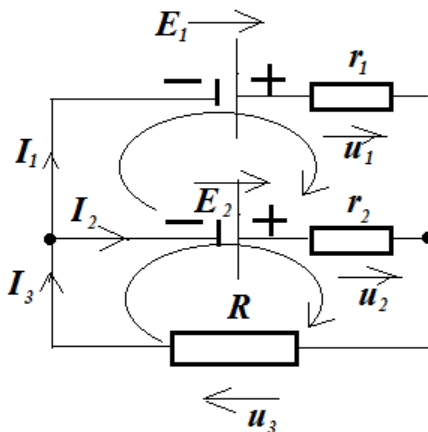
$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4$$

$$126.2 \approx 126.2 \text{ Вт}$$

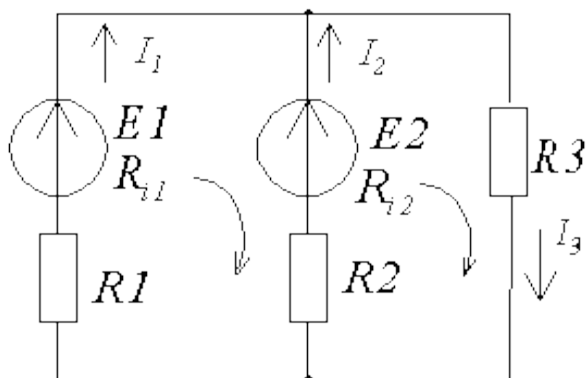
Баланс мощностей сошелся, а значит токи и ЭДС найдены верно.

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 1.** Даны две батареи аккумуляторов с ЭДС 10 В и 8 В, с внутренним сопротивлением 1 Ом и 2 Ом. Реостат имеет сопротивление 6 Ом. Элементы цепи соединены по схеме, показанной на рисунке. Найти силу тока в батареях и реостате.



**Задача 2.** В цепи известны значения токов  $E1 = 24 \text{ В}$ ,  $E2 = 18 \text{ В}$ ,  $R_{i1} = 0, \text{ Ом}$ ,  $R_{i2} = 0, \text{ Ом}$ ,  $R1 = 1,5 \text{ Ом}$ ,  $R2 = 1,8 \text{ Ом}$ ,  $R3 = 2 \text{ Ом}$   
Определить  $I1-3$ .





## Практическая работа №3

### Расчет электрической цепи со смешанным соединением конденсаторов.

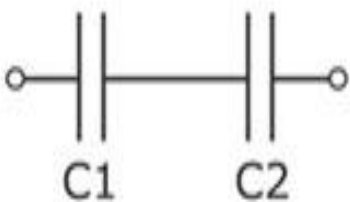
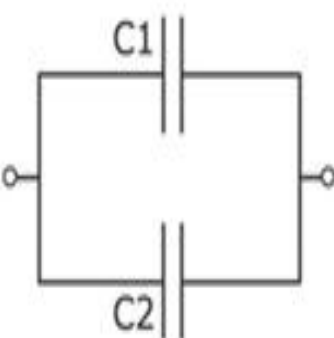
**Цель:** изучить методы соединения конденсаторов в электрических цепях постоянного тока; рассчитать эквивалентную емкость, напряжение и заряд батареи конденсаторов при смешанном соединении конденсаторов.

**Ход работы:**

1. Изучить свойства конденсаторов, способы соединения, формулы для определения основных величин.
2. Рассчитать эквивалентную емкость, напряжение и заряд батареи конденсаторов при смешанном соединении конденсаторов по заданному варианту.
3. Оформить отчет.

Краткие сведения.

### Особенности соединения конденсаторов

Вид соединения	Последовательное	Параллельное
Схема соединения		
Напряжение	$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$	$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$
Заряд	$Q_{\text{общ}} = q_1 = q_2$	$Q_{\text{общ}} = q_1 + q_2$
Эквивалентная емкость	$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2$

### Практическое задание:

Определить заряд, напряжение, энергию электрического поля каждого конденсатора, эквивалентную емкость цепи, используя данные из табл. 1

Таблица 1.

Номер варианта	Номер рисунка схемы	Задваемые величины						
		U, кВ	C1, мкФ	C2, мкФ	C3, мкФ	C4, мкФ	C5, мкФ	C6, мкФ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	2.1	1	10	20	30	40	50	60
01	2.2	10	20	30	40	50	60	10
02	2.3	9	30	40	50	60	10	20
03	2.4	8	40	50	60	10	20	30
04	2.5	7	50	60	10	20	30	40
05	2.1	2	60	10	20	30	40	50
06	2.2	9	10	20	30	40	50	60
07	2.3	8	20	30	40	50	60	10
08	2.4	7	30	40	50	60	10	20
09	2.5	6	40	50	60	10	20	30
10	2.1	3	50	60	10	20	30	40
11	2.2	8	60	10	20	30	40	50
12	2.3	7	10	20	30	40	50	60
13	2.4	6	20	30	40	50	60	10
14	2.5	5	30	40	50	60	10	20
15	2.1	4	40	50	60	10	20	30
16	2.2	7	50	60	10	20	30	40
17	2.3	6	60	10	20	30	40	50
18	2.4	5	10	20	30	40	50	60
19	2.5	4	20	30	40	50	60	10
20	2.1	5	30	40	50	60	10	20

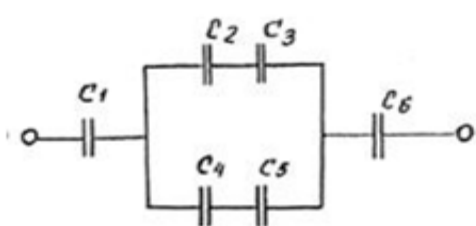


Рис. 1

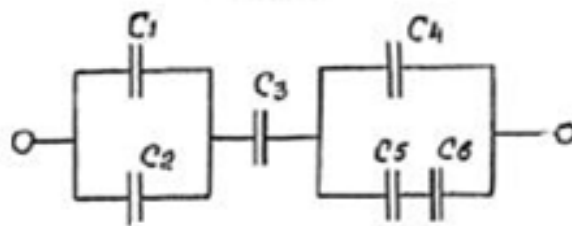


Рис. 2

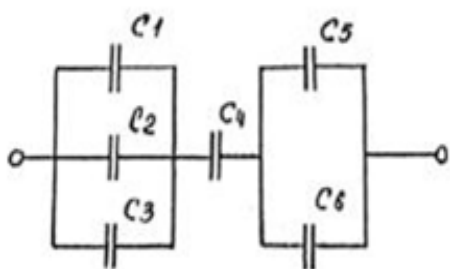


Рис. 3

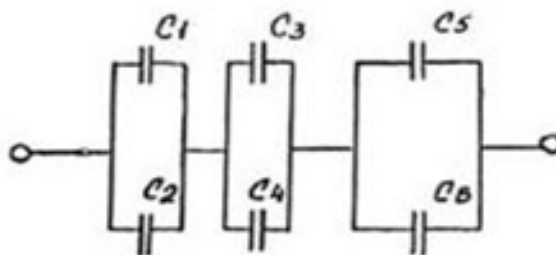


Рис. 4

## Практическая работа №4

### Определение работы и мощности электрического тока

**Цель:** закрепить понятия работы и мощности электрического тока.

#### Примеры решения задач

**Задача №1.** Электрическая цепь состоит из трёх резисторов  $R_1 = 200 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 100 \text{ Ом}$  идеального диода  $D$  и источника переменного тока с действующим значением напряжения  $U = 20 \text{ В}$ . Определить среднюю мощность, выделяемую на резисторе  $R_3$ .

**Дано:**  $R_1 = 200 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 100 \text{ Ом}$ ,  $U = 20 \text{ В}$

**Найти:**  $W_{\text{ср}} = ?$

**Решение:**

1. Поскольку ток переменный, то диод в одном из полупериодов будет закрыт и через включенный с ним последовательно резистор  $R_3$  ток протекать не будет, т. е. мощность не выделяется  $P_1 = 0$ . Во втором полупериоде диод открыт и через  $R_3$  течёт ток. Эквивалентные схемы для двух полупериодов будут выглядеть следующим образом:

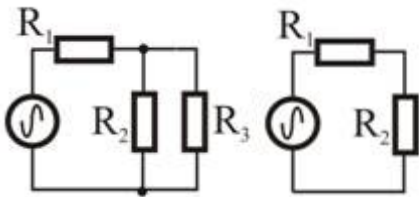


Рис. 1

Рис. 2

2. Определим эквивалентное сопротивление цепи в случае открытого диода

$$R_{1-3} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_{1-3} = 200 \text{ Ом} + \frac{100 \text{ Ом} \cdot 100 \text{ Ом}}{100 \text{ Ом} + 100 \text{ Ом}} = 250 \text{ Ом}$$

3. Эквивалентное сопротивление цепи при закрытом диоде

$$R_{1-2} = R_1 + R_2$$

$$R_{1-2} = 200 \text{ Ом} + 100 \text{ Ом} = 300 \text{ Ом}.$$

4. Найдём амплитудную силу тока через резистор  $R_3$ :

$$I_{D1} = \frac{U}{R_{D1}}$$

$$I_{D1} = \frac{20 \text{ В}}{250 \text{ Ом}} = 0,08 \text{ А}$$

5. Падение напряжения на резисторе  $R_1$ :

$$U_1 = I_{D1} \cdot R_1$$

$$U_1 = 0.08 \text{ A} \cdot 2000 \text{ м} = 16 \text{ В}.$$

6. Падение напряжения на резисторе  $R_3$ :

$$U_2 = U_3 = U - U_1$$

$$U_2 = 20 \text{ В} - 16 \text{ В} = 4 \text{ В}$$

7. Если бы ток был постоянным, то на резисторе  $R_3$  выделялась бы мощность

$$W_3 = \frac{U_3^2}{R_3}$$

8. Для переменного тока мощность представится следующим образом

$$\langle W_3 \rangle = 0,5 \cdot W_3 = 80 \text{ мВт}$$

**Ответ:**  $W=80 \text{ мВт}$

**Задача №2.** При прохождении 20 Кл электричества по проводнику сопротивлением 0,5 Ом совершается работа 100 Дж. Найдите время существования тока в проводнике.

**Дано:**  $q=20 \text{ Кл}$ ,  $A=100 \text{ Дж}$

**Найти:**  $t=?$

**Решение:**

$$A = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$I = \frac{q}{t}$$

$$A = \frac{q^2}{t} \cdot R$$

$$t = \frac{q^2 \cdot R}{A}$$

$$t = \frac{(20 \text{ Кл})^2 \cdot 0.5 \text{ Ом}}{100 \text{ Дж}} = 2 \text{ с}$$

**Ответ:**  $t=2 \text{ с}$

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задание №1.** Спираль электрического нагревателя укоротили вдвое и подали на неё прежнее напряжение. Во сколько раз изменится потребляемая мощность?

**Задание №2.** На двух лампочках написано «220 В, 60 Вт» и «220 В, 40 Вт». В какой из них будет меньше мощность тока, если обе лампы включить в сеть последовательно? Какова мощность тока в каждой из лампочек при последовательном включении, если напряжение в сети равно 220 В?

**Задание №3.** Какую работу совершает электрический ток в электродвигателе за 30 мин, если сила тока в цепи 0,5 А, а напряжение на клеммах двигателя 12 В?

**Задание №4.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 100$  Ом возрастает по линейному закону  $I = f(t)$  от  $I_0 = 0$  до  $I_{\max} = 10$  А в течение времени  $t = 30$  с. Найти количество тепла, выделившееся в проводнике за это время.

## Практическая работа №6

### Расчет неразветвленной цепи переменного тока с активным и индуктивным сопротивлением

**Цель:**

#### Контрольные вопросы:

1. Чему равно индуктивное сопротивление, и в каких единицах его измеряют?
2. Чему равно мгновенное напряжение на индуктивности  $L$  и на активном сопротивлении  $R$ , если по ним протекает ток?
3. Чему равна угловая частота, и в каких единицах ее измеряют?
4. Чему равно действующее значение синусоидальных токов и напряжений, если известны их амплитудные значения?
5. Что такое активная и реактивная мощности однофазной цепи переменного тока и в каких единицах ее измеряют?
6. Чему равна полная мощность однофазной цепи переменного тока, и в каких единицах ее измеряют?
7. Что такое коэффициент мощности?

#### Примеры решения задач

**Задача №1.** Конденсатор емкостью  $C=2$  мкФ включен в цепь переменного тока, частота которого 50 Гц. Определить:

- 1) его емкостное сопротивление при частоте  $\nu=50$  Гц;
- 2) емкостное сопротивление этого конденсатора переменному току, частота которого  $\nu =500$  Гц.

**Дано:**  $C=22 \cdot 10^{-6}$  Ф,  $\nu=50$  Гц,  $\nu =500$  Гц

**Найти:**  $X_c = ?$

**Решение:** Емкостное сопротивление конденсатора переменному току при частоте  $\nu=50$  Гц

$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 1592 \text{ Ом}$$

При частоте  $\nu =500$  Гц:

$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 500 \text{Гц} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{Ф}} = 150,2 \text{ Ом}$$

**Ответ:**  $X_c = 1592 \text{ Ом}$ ,  $X_c = 150,2 \text{ Ом}$

**Задача №2.** Падение напряжения на активном сопротивлении  $U_a=15\text{В}$ . Напряжение на индуктивном сопротивлении  $U_L=26\text{В}$ . Вычислить общее напряжение, приложенное к цепи.

**Дано:**  $U_a=15\text{В}$ ,  $U_L=26\text{В}$

**Найти:**  $U=?$

**Решение:**

*Общее напряжение на зажимах цепи переменного тока с последовательно соединенными активным и индуктивным сопротивлениями:*

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$$

$$U = \sqrt{15^2 \text{В}^2 + 26^2 \text{В}^2} \approx 30 \text{В}$$

**Ответ:**  $U=30 \text{ В}$

**Задача №3.** Активное сопротивление катушки  $R=7 \text{ Ом}$ , а ее индуктивное сопротивление  $X_L=24 \text{ Ом}$ . Вычислить полное сопротивление катушки.

**Дано:**  $R=7 \text{ Ом}$ ,  $X_L=24 \text{ Ом}$

**Найти:**  $Z=?$

**Решение.** Полное сопротивление катушки переменному току

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

$$Z = \sqrt{7^2 \text{ Ом}^2 + 24^2 \text{ Ом}^2} = 25 \text{ Ом}$$

**Ответ:**  $Z=25 \text{ Ом}$

**Задача №4.** Падение напряжения на активном сопротивлении катушки  $U_a = 30 \text{ В}$ . Общее напряжение на ее зажимах  $U=60\text{В}$ . Определить угол сдвига фаз между током и напряжением в цепи.

**Дано:**  $U_a = 30 \text{ В}$ ,  $U=60\text{В}$

**Найти:**  $\varphi = ?$

**Решение:**

$$\cos \varphi = \frac{U_a}{U}$$

$$\cos \varphi = \frac{30\text{В}}{60\text{В}} = 0,5$$

*По таблице тригонометрических функций угол сдвига фаз при  $\cos\varphi=0,5$  составляет  $60^\circ$ .*

**Ответ:**  $\varphi = 60^\circ$

**Задача №5.** Активное сопротивление катушки составляет  $5 \text{ Ом}$ , а ее полное сопротивление  $Z=30 \text{ Ом}$ . Определить угол сдвига фаз.

**Дано:**  $R=5 \text{ Ом}$ ,  $Z=30 \text{ Ом}$

**Найти:**  $\varphi = ?$

**Решение:**



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

$$\cos\varphi = \frac{5 \text{ Ом}}{20 \text{ Ом}} = 0,25$$

При  $\cos\varphi=0,25$  угол  $\varphi=75^\circ$ .

**Задание №6.** Три катушки соединены параллельно и к ним подключено переменное напряжение  $U=100 \text{ В}$ . Частота тока  $50 \text{ Гц}$ . Активное сопротивление катушки  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ . Индуктивность катушек  $L_1=0,04 \text{ Гн}$ ;  $L_2=0,03 \text{ Гн}$ ;  $L_3=0,01 \text{ Гн}$ . Вычислить силу тока в каждой катушке и общий ток в цепи.

Дано:  $U=100 \text{ В}$ ,  $\nu = 50 \text{ Гц}$ ,  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ,  $L_1=0,04 \text{ Гн}$ ;  $L_2=0,03 \text{ Гн}$ ;  $L_3=0,01 \text{ Гн}$

Найти:  $I_1, I_2, I_3 = ?$

Решение:

*Индуктивное сопротивление катушек:*

$$X_{L_1} = 2 \cdot \pi \cdot L_1$$

$$X_{L_2} = 2 \cdot \pi \cdot L_2$$

$$X_{L_3} = 2 \cdot \pi \cdot L_3$$

$$X_{L_1} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 0,04 \text{ Гн} = 12,56 \text{ Ом}$$

$$X_{L_2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 0,03 \text{ Гн} = 9,42 \text{ Ом}$$

$$X_{L_3} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 0,01 \text{ Гн} = 3,14 \text{ Ом}$$

*Полное сопротивление катушек:*

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L_1}^2}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_{L_2}^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{R_3^2 + X_{L_3}^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{2^2 \text{ Ом}^2 + 12,56^2 \text{ Ом}^2} = 12,72 \text{ Ом}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_{L_2}^2} = 9,85 \text{ Ом}$$

$$Z_3 = \sqrt{R_3^2 + X_{L_3}^2} = 5,08 \text{ Ом}$$

*Сила тока в катушках:*

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = 7,85 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = 10,15 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U}{Z_3} = 19,7 \text{ А}$$

Ответ:  $I_1 = 7,85 \text{ А}$ ,  $I_2 = 10,15 \text{ А}$ ,  $I_3 = 19,7 \text{ А}$

### Задачи для самостоятельного решения

**Задание №1.** Активное сопротивление катушки  $r=7$  ом, а ее индуктивное сопротивление  $X_L=24$  ом. Вычислить полное сопротивление катушки.

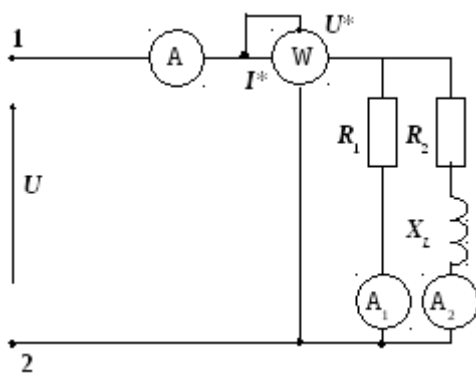
**Задание №2.** Падение напряжения на активном сопротивлении  $U_a=15$  в. Напряжение на индуктивном сопротивлении  $U_L=26$  в. Вычислить общее напряжение, приложенное к цепи

**Задание №3.** В цепь переменного тока напряжением  $U = 300 \text{ В}$ , и частотой  $50 \text{ Гц}$  включена последовательно катушка с индуктивным сопротивлением  $X_L=40 \text{ Ом}$  и активным сопротивлением  $R= 30 \text{ Ом}$  и конденсатор ёмкостью  $C = 400 \text{ мкФ}$ . Определить ток, напряжение на катушке и конденсаторе, активную и реактивную мощности катушки и конденсатора и всей цепи. Определить, при

какой частоте наступит резонанс в цепи, и каковы при этом будут ток, напряжение на катушке и конденсаторе, их реактивные мощности и активная мощность цепи. Построить векторные диаграммы для этих режимов работы.

**Задание №4.** В сеть переменного тока напряжением  $U = 250$  В включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с сопротивлениями  $R_1 = 25$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом и  $X_L = 7$  Ом.

Определить показания измерительных приборов, полную и реактивную мощности цепи, построить векторную диаграмму, треугольники токов и мощностей.



## Практическая работа №5

### Расчет неразветвленной неоднородной магнитной цепи

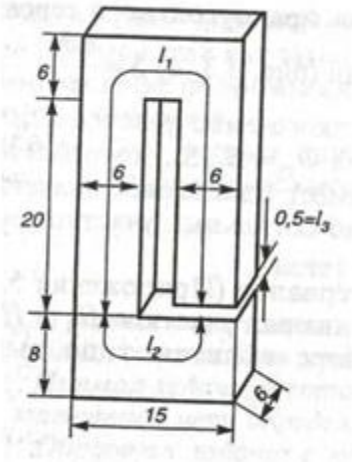
**Цель:** сформулировать основные законы для магнитных цепей, повторить определения основных параметров магнитных цепей; произвести расчет магнитной цепи, размеры и материалы которой, а также расположение обмоток с токами известны.

#### Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте и запишите математическое выражение закона Ампера. Для чего применяется правило левой руки? Сформулируйте это правило.
2. Что называют магнитной цепью? Какие цепи называют разветвленными? Неразветвленными?
3. Дайте понятие абсолютной магнитной проницаемости. Приведите её численное значение. Что понимают под относительной магнитной проницаемостью среды. На какие группы можно разделить все вещества, используя понятие относительной магнитной проницаемости.
4. Сформулируйте закон Ома для магнитной цепи. Для расчета, какого типа цепей он применяется.
5. Что называют магнитным потоком? Назовите основную единицу измерения магнитного потока  $\Phi$ .
6. Что понимают под магнитным сопротивлением? В каких единицах измеряется магнитное сопротивление? Почему в магнитных цепях целесообразно сокращать воздушные зазоры?
7. Дайте определение вектора магнитной индукции  $B$ . Опишите способы определения направления вектора  $B$ . Назовите основную единицу измерения для вектора  $B$ .
8. Что называют магнитным напряжением? Намагничивающей силой? В каких единицах они измеряются. Сформулируйте закон полного тока.

#### Примеры решения задач

**Задача №1.** Определить число витков обмотки, расположенной на сердечнике из электротехнической листовой стали, размеры которого указаны на рис. 1 в см, если по обмотке проходит ток  $I = 5$  А, который создает в магнитной цепи магнитный поток  $\Phi = 43,2 \cdot 10^{-4}$  Вб.



**Рис. 1**

Решение:

Магнитная цепь состоит из трех однородных участков сечением:

$$S_1 = 6 \cdot 10^{-2} \times 6 \cdot 10^{-2} = 36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м})$$

$$S_2 = 8 \cdot 10^{-2} \times 6 \cdot 10^{-2} = 48 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м})$$

$$S_3 = S_1 = 36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (\text{воздушный зазор})$$

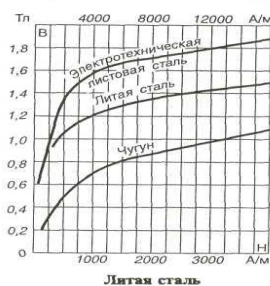
1. По заданному магнитному потоку определяется магнитная индукция в каждом однородном участке:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{43,2 \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 10^{-4}} = 1,2 \text{ Тл}$$

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{43,2 \cdot 10^{-4}}{48 \cdot 10^{-4}} = 0,9 \text{ Тл}$$

$$B_3 = \frac{\Phi}{S_3} = \frac{43,2 \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 10^{-4}} = 1,2 \text{ Тл}$$

Электротехническая сталь и чугун



3. По кривой намагничивания для листовой электротехнической стали определяем напряженности первого  $H_1=1000$  А/м и второго  $H_2=500$  А/м участков.

$$H_3 = \frac{B_3}{\mu_0} = \frac{1,2}{4\pi \cdot 10^{-7}} \approx 1 \cdot 10^6 \text{ А/м}$$

Напряженность в воздушном зазоре

4. Составляем уравнение по закону полного тока для магнитной цепи  $IW = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3$ , из которого определяем искомое число витков обмотки

$$W = \frac{H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3}{I} = \frac{1000 \cdot 0,545 + 500 \cdot 0,17 + 10^6 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}}{5} = 1126 \text{ витков}$$

где длина средней линии каждого участка:

$$l_1 = 20 + 3 + 9 + 3 + 19,5 = 54,5 \text{ см} = 0,545 \text{ м}$$

$$l_2 = 4 + 9 + 4 = 17 \text{ см} = 0,17 \text{ м}$$

$$l_3 = 0,5 \text{ см} = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

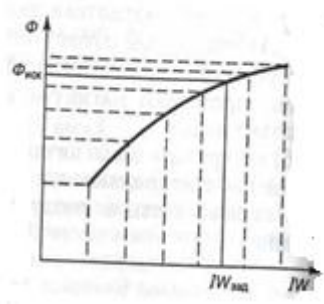


Рис.2

Обратная задача расчета неоднородной неразветвленной магнитной цепи — определение магнитного потока по заданной намагничивающей силе, может быть решена методом последовательных приближений. Для этого задаются несколькими значениями магнитного потока и для каждого из них решают прямую задачу расчета магнитной цепи. По результатам расчетов намагничивающих сил для разных магнитных потоков строят кривую зависимости  $\Phi = f(IW)$  по которой и определяют искомый магнитный поток  $\Phi_{иск}$  по заданной намагничивающей силе (ампер-виткам)  $IW_{зад}$  (рис. 2).

### Задачи для самостоятельного решения

**Задание №1.** Магнитопровод неразветвленной однородной магнитной цепи составлен из 100 листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Размеры магнитопровода указаны в мм. Определить намагничивающую силу  $F = NI$ , при которой магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi = 3 \cdot 10^{-3}$  Вб.

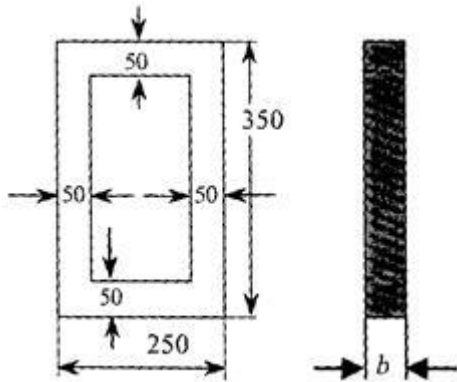


Рис. 1

**Задание №2.** Определить ток в катушке, имеющей 250 витков, и магнитную проницаемость сердечника, на котором расположена катушка, выполненном из литой стали, если магнитный поток, созданный током катушки в сердечнике,  $\Phi = 8 \cdot 10^{-4}$  Вб. Размеры однородной магнитной цепи даны в мм.

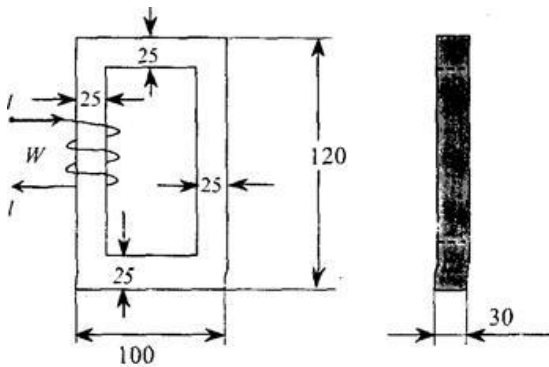


Рис. 2

**Задание №3.** По катушке с числом витков  $W = 300$  проходит ток 2 А. Катушка расположена на сердечнике из электротехнической стали, размеры которого даны в мм. Определить магнитный поток  $\Phi$  в магнитопроводе однородной магнитной цепи.

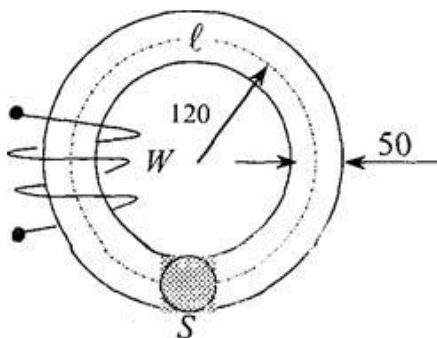


Рис. 3

**Задание №4.** Однородная магнитная цепь из листовой электротехнической стали имеет две обмотки  $W_1 = 200$  и  $W_2 = 150$ , подключенных согласно к зажимам  $a$  и  $b$ . Сопротивление обмоток соответственно  $R_1 = 0,52$  Ом и  $R_2 = 0,38$  Ом. К зажимам  $a$  и  $b$  приложено напряжение  $U = 6$  В. Определить магнитный поток в магнитной цепи, пренебрегая рассеянием. Размеры магнитопровода даны в мм. Расчет произвести по закону полного тока для магнитной цепи.

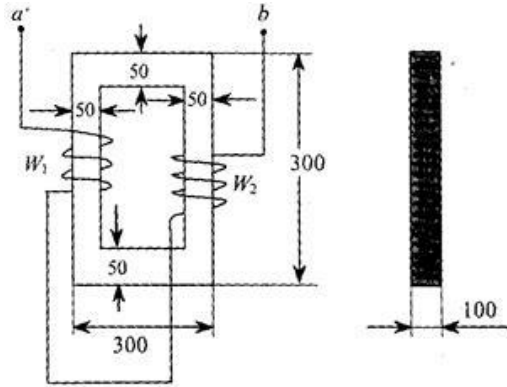


Рис. 4



## Практическая работа №7

### Определение коэффициента полезного действия трансформатора

#### Контрольные вопросы:

1. Если в обмотке трансформатора замыкаются накоротко хотя бы два соседних витка, то трансформатор выходит из строя. Почему?
2. При работе нагруженного трансформатора слышно гудение. Почему?

#### Примеры решения задач

**Задача 1.** Определите максимальное значение электродвижущей силы во вторичной обмотке трансформатора, если она имеет 100 витков и пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем по закону  $\Phi = 0,01 \cos 314 t$ .

**Дано:**  $N_2 = 100, \Phi = 0,01 \cdot \cos 314 \cdot t$

**Найти:**  $\varepsilon_{max} = ?$

**Решение:** *Переменный ток в первичной обмотке создает в сердечнике переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в витках каждой обмотке.*

*Мгновенное значение ЭДС:*

$$\varepsilon = -\dot{\Phi} \cdot N_2 = -100 \cdot (-314) \cdot 0,01 \cdot \sin 314 t = 314 \cdot \sin 314 t$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{max} \cdot \sin \omega t$$

$$\varepsilon_{max} = 314 \text{ В}$$

**Ответ:**  $\varepsilon_{max} = 314 \text{ В}$

**Задача 2.** Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220 В до 660 В. Каков коэффициент трансформации и сколько витков содержится во вторичной обмотке трансформатора? В какой обмотке провод будет иметь большую площадь сечения?

**Дано:**  $N_1 = 840, U_1 = 220 \text{ В}, U_2 = 660 \text{ В}$

**Найти:**  $k, N_2 = ?$

**Решение:**

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220 \text{ В}}{660 \text{ В}} = \frac{1}{3}$$

$$k = \frac{N_1}{N_2}$$

$$N_2 = \frac{N_1}{k} = \frac{840}{\frac{1}{3}} = 2520$$

Ответ:  $N_2 = 2520$ . Поскольку преобразование напряжения в трансформаторе осуществляется без заметной потери мощности, то  $I_1 \approx 3I_2$ . Следовательно,  $S_1 > S_2$ .

### Задачи для самостоятельного решения

**Задание №1.** Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включен в сеть с напряжением 127 В. Сопротивление вторичной обмотки 2 Ом, сила тока 3 А. Определить напряжение на клеммах вторичной обмотки. Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь

**Задание №2.** Понижающий трансформатор с  $k = 10$  включен в сеть напряжением 127 В. Сопротивление вторичной обмотки равно 2 Ом, а сила тока 3 А, то, каково напряжение на зажимах вторичной обмотки? Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь

**Задание №3.** Трансформатор с коэффициентом трансформации 10, имеет в первичной цепи напряжение 220 В. Во вторичной цепи, сопротивление которой 2 Ом, течет ток 4 А. Рассчитайте напряжение на выходе трансформатора. Потерями в первичной обмотке пренебречь.

**Задание №4.** Трансформатор включен в сеть переменным напряжением 220 В. Напряжение на зажимах вторичной обмотки составляет 20 В, а сила тока 1 А. Определите коэффициент трансформации и сопротивление вторичной обмотки, если КПД данного трансформатора равен 91%. Потерями в первичной обмотке и сердечнике пренебречь.

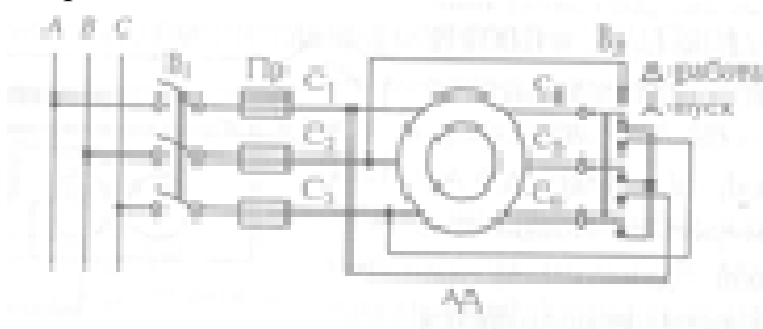
## Практическая работа №8

### Упрощенный расчет параметров асинхронного двигателя

**Цель:** повторить определения основных параметров асинхронного двигателя; произвести расчет асинхронного двигателя

#### Примеры решения задач

**Задача №1.** При пуске мощных асинхронных двигателей используется переключение обмоток статора со схемы треугольник в схему звезда. Во сколько раз при этом изменяются линейные токи при одном и том же линейном напряжении?



#### Решение:

Для схемы соединения обмоток статора звездой

$$I_{л.зв.} = I_{\phi} \quad \text{и} \quad U_{л} = \sqrt{3}U_{\phi},$$

$$\text{Откуда } I_{л.зв.} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3}Z_{\phi}}$$

Для схемы соединения обмоток статора треугольником

$$I_{л.тр.} = \sqrt{3}I_{\phi} \quad \text{и} \quad U_{л} = U_{\phi}$$

$$\text{Откуда } I_{л.тр.} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{\sqrt{3}U_{л}}{Z_{\phi}}$$

Таким образом, отношение токов при включении обмоток треугольником и звездой составит:

$$\frac{I_{л.тр.}}{I_{л.зв.}} = \frac{\frac{\sqrt{3}U_{л}}{Z_{\phi}}}{\frac{U_{л}}{\sqrt{3}Z_{\phi}}} = 3$$

**Ответ:** Пуск мощных асинхронных двигателей проще выполнить при соединении обмоток статора звездой, а после разгона переключить обмотки в схему треугольник. В этом случае токи при пуске в 3 раза меньше, чем в рабочем режиме.

**Задача №2.** Определите линейный ток, потребляемый трехфазным асинхронным двигателем серии А4, номинальная мощность которого равна 55кВт, линейное

напряжение 380/660В, КПД 92%, Коэффициент мощности равен 0,84, схема соединения обмоток треугольник/звезда.

**Решение:**

Электрическая мощность, потребляемая двигателем из сети, может быть определена как

$$P_{эл} = \frac{P_{ном}}{\eta} = \frac{55}{0,92} = 59,8 \text{ кВт}$$

Трехфазный асинхронный двигатель представляет собой симметричную нагрузку и значит:

$$P_{\phi} = U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi}$$

$$P_{эл} = 3P_{\phi} = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi}$$

$$I_{\phi} = \frac{P_{эл}}{3U_{\phi} \cos \varphi_{\phi}}$$

Для схемы включения обмоток треугольником имеем

$$I_{л} = \sqrt{3} I_{\phi} = \frac{\sqrt{3} P_{эл}}{3 U_{л} \cos \varphi_{\phi}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 59800}{3 \cdot 380 \cdot 0,84} = 108 \text{ А}$$

Для схемы включения обмоток звездой имеем

$$I_{л} = I_{\phi} = \frac{P_{эл}}{3 \frac{U_{л}}{\sqrt{3}} \cos \varphi_{\phi}} = \frac{59800}{3 \cdot \frac{660}{\sqrt{3}} \cdot 0,84} = 62 \text{ А}$$

**Ответ:** Линейный ток, потребляемый трехфазным асинхронным двигателем при соединении обмоток треугольником равен 108 А, а при соединении звездой 62 А.

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Как изменится частота вращения магнитного поля, если обмотку статора трехфазного асинхронного двигателя включить в однофазную сеть?
2. Почему ротор асинхронной машины набирается из отдельных электрически изолированных друг от друга пластин электротехнической стали, а ротор синхронной машины может быть выполнен из сплошного куска стали?
3. Можно ли заставить вращаться ротор синхронного двигателя, не имеющего на себе обмоток?

4. Вычислить скольжение в асинхронном двигателе, если при частоте сети 50Гц частота вращения ротора равна 1470 об/мин.

5. Трехфазный асинхронный двигатель марки 4А90L6У3 имеет номинальные характеристики:

$P_{\text{ном}} = 1,5\text{кВт}$ , напряжение  $\frac{220}{380\text{В}}$ , частота вращения ротора  $935 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ , КПД – 75%, коэффициент мощности 0,74.

Определить мощность. Потребляемую двигателем из сети, вращающий момент, скольжение и токи в обмотках статора при соединении обмоток звездой и треугольником.

## Список литературы.

### Основные источники:

#### Учебники

1. П.А.Бутырин, О.В.Толчеев, Ф.Н.Толчеев «Электротехника», Москва, «Академия» 2015 год.
2. Ю. Синдеев «Электротехника» Ростов-на-Дону «Феникс», 2013 г.
3. Электротехника и электроника. Петленко Б.И., Иньков Ю.М., Крашенинников А.В. и др. М., Academia 2014 г.
4. Задачник по электротехнике: П.Н.Новиков, В.Я.Кауфман, О.В.Толчеев и др.М. "Академия", 2014 г.

#### Интернет-ресурсы:

1. Бутырин П.А. Основы электротехники [Электронный ресурс]: учебник для студентов средних и высших учебных заведений профессионального образования по направлениям электротехники и электроэнергетики/ Бутырин П.А., Толчеев О.В., Шакирзянов Ф.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 360 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33220.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Семенова Н.Г. Теоретические основы электротехники. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие к лабораторному практикуму/ Семенова Н.Г., Ушакова Н.Ю., Доброжанова Н.И.— Электрон.текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 106 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30130.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Трубникова В.Н. Электротехника и электроника. Часть 1. Электрические цепи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Трубникова В.Н.— Электрон.текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 137 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33672.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Горбунова Л.Н. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс]/ Горбунова Л.Н., Гусева С.А.— Электрон.текстовые данные.— Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015.— 117 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55913.html>.— ЭБС «IPRbooks»