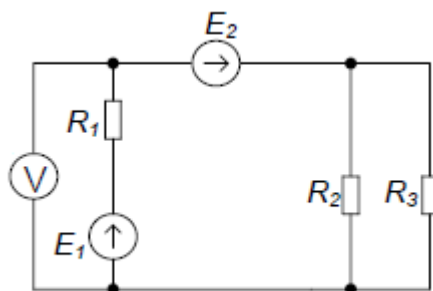


**Примеры решения задач олимпиады по электротехнике  
«ЭлТех» 2024**

**Задача 1 (15 баллов).**

В цепи известны показание вольтметра, равное 24 В, и значения параметров  $R_1=R_2=R_3=2\text{ Ом}$ ,  $E_2=8\text{ В}$ .

Определите показание вольтметра в случае размыкания ветви с сопротивлением  $R_2$ .



**Решение**

Найдем величину  $E_1$ . Для этого запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для контура с вольтметром:  $\mathcal{V}E_1R_1$ . Обойдем его против часовой стрелки (ток  $I_1$  направлен снизу вверх)

$$U_V + I_1 R_1 = E_1.$$

$U_V$  – показание вольтметра (24 В).

Отсюда

$$I_1 = \frac{E_1 - U_V}{R_1}.$$

Составим уравнение по второму закону Кирхгофа для контура с  $E_1$  и  $E_2$  (обойдем его по часовой стрелке):

$$E_1 + E_2 = I_1 \left( R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right).$$

Подставим в это уравнение выражение для тока  $I_1$ :

$$E_1 + E_2 = \left( \frac{E_1 - U_V}{R_1} \right) \left( R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right).$$

Подставим числовые значения

$$E_1 + 8 = \left( \frac{E_1 - 24}{2} \right) \cdot 3$$

Найдем отсюда  $E_1$

$$E_1 = 88 \text{ В}$$

2. Рассмотрим теперь цепь, в которой отключено сопротивление  $R_2$ .

Запишем для контура с вольтметром уравнение второго закона Кирхгофа

$$U'_V + I'_1 R_1 = E_1,$$

где напряжение и ток со штрихом – это напряжение вольтметра и ток в схеме без ветви с  $R_2$ .

Ток

$$I'_1 = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_3} = \frac{88 + 8}{2 + 2} = 24 \text{ А}.$$

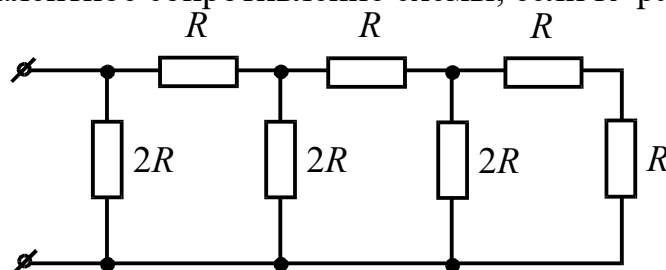
Искомое напряжение (показание вольтметра при разомкнутой ветви с сопротивлением  $R_2$ ).

$$U'_V = E_1 - I'_1 R_1 = 88 - 24 \cdot 2 = 40 \text{ В}.$$

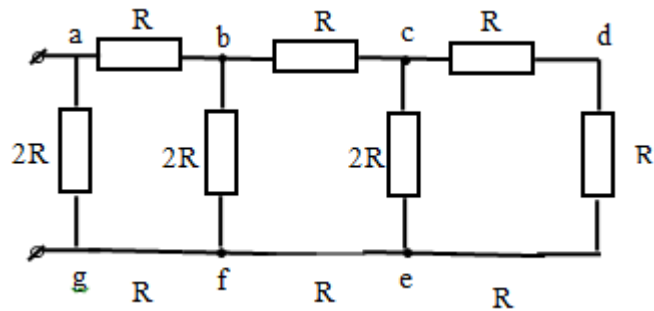
Ответ. Показание вольтметра равно 40 В. ( $U'_V = 40 \text{ В}$ .)

### Задача 2 (10 баллов).

Определить эквивалентное сопротивление схемы, если  $R$  равно 40 Ом.



**Решение.**



Применим метод свертывания.

Сопротивление участка cde :

$$R_{cde} = R + R = 2R$$

$$R_{ce} = \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R.$$

Сопротивление участка bce:

$$R_{bce} = R + R_{ce} = R + R = 2R.$$

Сопротивление участка bf:

$$R_{bf} = \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R.$$

$$R_{abf} = R + R_{bf} = R + R = 2R$$

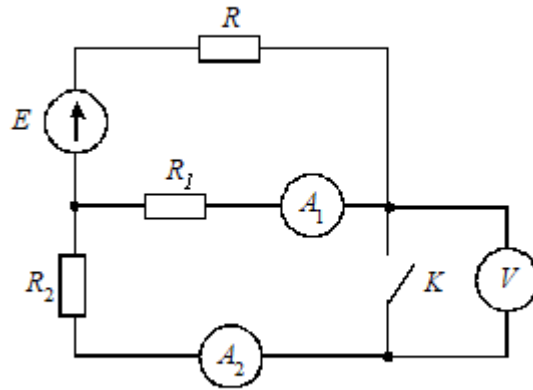
Эквивалентное сопротивление цепи

$$R_{\text{экв}} = R_{ag} = \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R = 40 \text{ Ом.}$$

Ответ:  $R_{\text{экв}} = 40 \text{ Ом.}$

### **Задача 3 (15 баллов).**

Определить показания амперметров при разомкнутом и замкнутом ключе  $K$ , если показание вольтметра  $U_V = 100 \text{ В}$ ;  $E = \text{const}$ ;  $R = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ .



**Решение.**

1. Определим показания амперметров при разомкнутом ключе (рис.3.1).

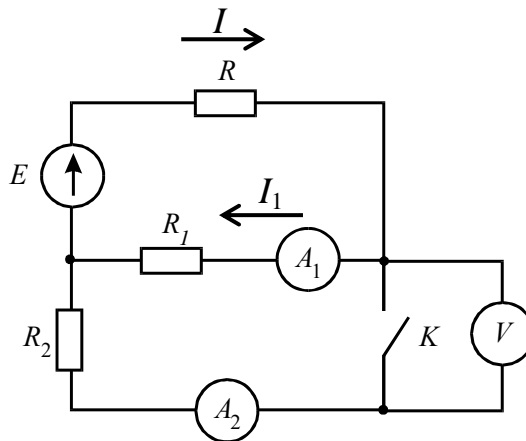


Рис.3.1

Если ключ разомкнут, ток через второй амперметр  $I_2 = 0$ .  
Следовательно, ток первого амперметра

$$I_1 = I = \frac{U_V}{R_1} = \frac{100}{10} = 10A.$$

Определим величину эдс  $E$ :

$$E = I(R + R_1) = 10 \cdot 12 = 120B.$$

2. Определим показания амперметров, если ключ замкнут (рис.3.2).

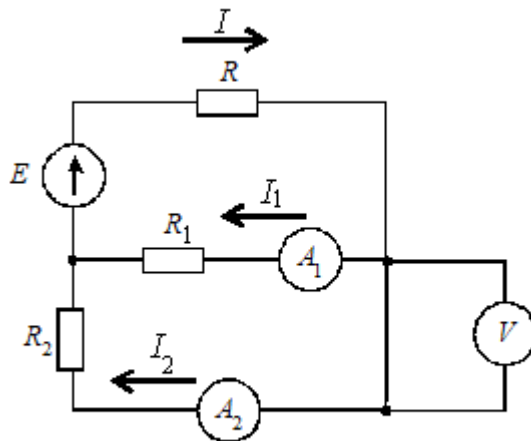


Рис.3.2

Определим ток через сопротивление R:

$$I = \frac{E}{R + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{120}{2 + \frac{10 \cdot 15}{10 + 15}} = 15 \text{ A.}$$

Тогда токи через первый и второй амперметры:

$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \cdot \frac{15}{10 + 15} = 9 \text{ A.}$$

$$I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \cdot \frac{10}{10 + 15} = 6 \text{ A.}$$

Где токи  $I_1$  и  $I_2$  – токи первого и второго амперметра после замыкания ключа.

**Ответ.** При разомкнутом ключе  $I_1=10 \text{ A}$ ,  $I_2=0$ .

При замкнутом ключе  $I_1=9 \text{ A}$ ,  $I_2=6 \text{ A}$ .

#### Задача 4 (15 баллов).

Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них чайник вскипает через 10 минут, при включении другой – через 15 минут. Через какое время чайник вскипит, если эти обмотки включить вместе: а) параллельно; б) последовательно?

**Решение.**

Для того чтобы вскипятить чайник, требуется энергия  $W$ :  
Если включить первую обмотку, то

$$W = \frac{U^2 t_1}{R_1},$$

где  $U$  – напряжение сети,  $R_1$  – сопротивление первой обмотки,  $t_1$  – время, за которое чайник вскипает при включении первой обмотки.

Аналогично, если включить вторую обмотку

$$W = \frac{U^2 t_2}{R_2}.$$

При параллельном соединении обмоток

$$W = \frac{U^2 t_3}{R_{3\text{экв}}}.$$

где  $R_{3\text{экв}}$  – эквивалентное сопротивление при параллельном включении обмоток;  
 $t_3$  – время вскипания при параллельном соединении.

$$W = \frac{U^2 t_3}{R_{3\text{экв}}} = \frac{U^2 t_3}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}.$$

Выразим отсюда время  $t_3$  и подставим выражения для сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$

$$R_1 = \frac{U^2 t_1}{W}, \quad R_2 = \frac{U^2 t_2}{W}.$$

Получим

$$t_3 = \frac{WR_1 R_2}{U^2 (R_1 + R_2)} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6 \text{ мин.}$$

При последовательном соединении требуется энергия

$$W = \frac{U^2 t_4}{R_1 + R_2}.$$

где  $t_4$  – время вскипания при последовательном соединении.

Отсюда

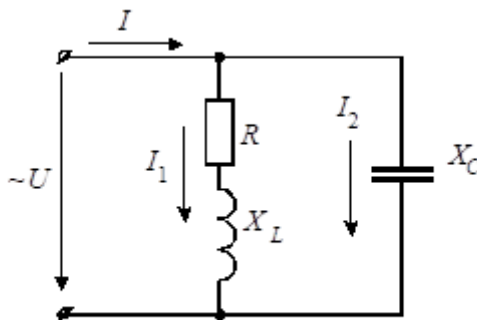
$$t_4 = \frac{W(R_1 + R_2)}{U^2} = \frac{W \left( \frac{U^2 t_1}{W} + \frac{U^2 t_2}{W} \right)}{U^2} = t_1 + t_2 = 10 + 15 = 25 \text{ мин.}$$

**Ответ.** При параллельном соединении время вскипания равно 6 минут.  
При последовательном соединении время вскипания равно 25 минут

### Задача 5. (25 баллов)

Дано:

$I = I_1 = I_2 = 3 \text{ А}$ ,  $P = 990 \text{ Вт}$ . Определить:  $R$ ,  $X_L$ ,  $X_C$ .



**Решение.**

Так как все токи равны, их векторы образуют равносторонний треугольник (см. векторную диаграмму).

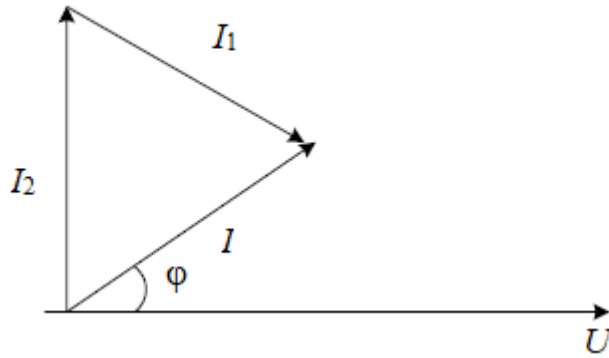


Рис. Векторная диаграмма

Тогда угол сдвига фаз между током и напряжением  $\varphi = -30^\circ$  (ток опережает напряжение).

Так как

$$P = UI \cos \varphi,$$

то

$$U = \frac{P}{I \cdot \cos \varphi} = \frac{990}{3 \cdot \cos(-30^\circ)} = 381,062.$$

На параллельных ветвях напряжение одинаковое. Следовательно, можно определить  $X_c$ .

$$X_c = \frac{U}{I_2} = \frac{381,062}{3} = 127,021 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление

$$R = \frac{P}{I_1^2} = \frac{990}{9} = 110 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление первой ветви

$$Z_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{381,062}{3} = 127,021 \text{ Ом.}$$

Находим  $X_L$

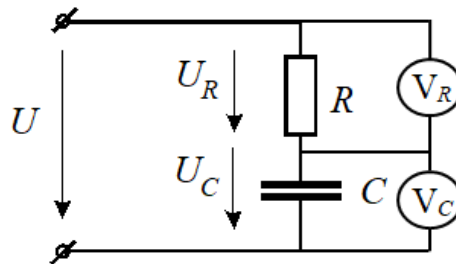
$$X_L = \sqrt{Z_1^2 - R^2} = 63,516 \text{ Ом.}$$



Ответ.  $R = 110 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 63,516 \text{ Ом}$ ,  $X_C = 127,021 \text{ Ом}$ .

**Задача 6 (15 баллов).**

Электрическая цепь запитана от промышленной сети напряжением 220 В. Значение емкости  $C$  равно 17,37 мкФ, а сопротивление резистора равно 400 Ом. Определить показания вольтметров.



**Решение.**

Определим сопротивление емкости (частота тока промышленной сети  $f=50$  Гц)

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 17,37 \cdot 10^{-6}} = 183,346 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = 440,018 \text{ Ом}.$$

Найдем ток в цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{440,018} = 0,5 \text{ А}.$$

Показания вольтметра на сопротивлении  $R$

$$U_R = I \cdot R = 0,5 \cdot 400 = 200 \text{ В}.$$

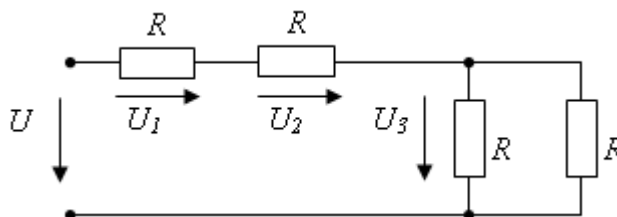
Показания вольтметра на ёмкости

$$U_C = I \cdot X_C = 0,5 \cdot 183,346 = 91,673 \approx 92 \text{ В}.$$

Ответ.  $U_R = 200 \text{ В}$ ,  $U_C = 91,673 \approx 92 \text{ В}$ .

**Задача 7 (5 баллов).**

Чему равно напряжение  $U_3$ , если напряжение  $U_1=10\text{В}$ .



**Решение.**

Рассчитаем ток:

$$I = \frac{U_1}{R} = \frac{10}{R} \text{ A.}$$

Сопротивление параллельного участка

$$R_{\text{пар}} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}.$$

Тогда напряжение на параллельном участке  $U_3$

$$U_3 = I \cdot \frac{R}{2} = \frac{U_1}{R} \cdot \frac{R}{2} = \frac{U_1}{2} = 5 \text{ В}.$$

Ответ.  $U_3 = 5 \text{ В}$ .