

**Примеры решения заданий олимпиады по электротехнике
«ЭлТех-2023»**

Задание 1 (15 Баллов). Две лампы мощностью 25 Вт и 100 Вт включают поочередно в электрическую цепь под напряжением 220 В. На сколько отличается сила тока в этих лампах?

Решение. Обозначим I_1 – ток в лампе мощностью $P_1 = 100$ Вт, а I_2 – ток в лампе мощностью $P_2 = 25$ Вт. Тогда

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{100}{220} \approx 0,455 \text{ A.}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{25}{220} \approx 0,114 \text{ A.}$$

$$\Delta I = I_1 - I_2 = 0,455 - 0,114 = 0,341 \text{ A.}$$

Ответ. $\Delta I = 0,341 \text{ A.}$

Задание 2 (5 баллов). Изменится ли сопротивление цепи и мощность потребления энергии каждым сопротивлением, если сопротивления $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$, переключить из схемы рис.1 по схеме рис. 2?

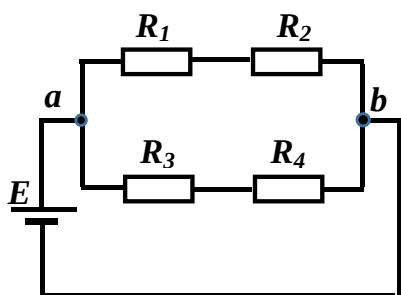


рис.1

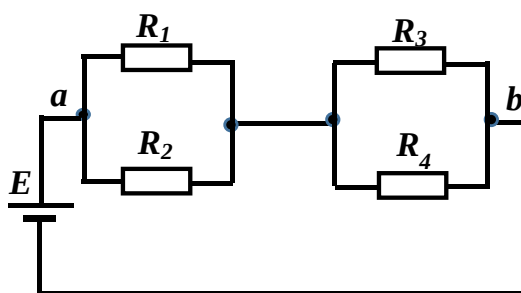


рис.2

Решение.

Для рисунка 1:

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2R; \quad R_{34} = R_3 + R_4 = 2R; \quad R_9 = 2R/2 = R.$$

Для рисунка 2:

$$R_{12} = R/2; \quad R_{34} = R/2; \quad R_{\Sigma} = R/2 + R/2 = R.$$

Сопротивление не изменяется.

В схеме на рис.1 к ветви с резисторами R_1 и R_2 приложено напряжение источника ЭДС, т.к. $R_1 = R_2 = R$, то напряжение на каждом резисторе $E/2$. К ветви с резисторами R_3 и R_4 приложено также напряжение источника ЭДС. Т.к. $R_3 = R_4$, то напряжение на каждом резисторе $E/2$.

Мощность каждого резистора

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(E/2)^2}{R}.$$

Для схемы на рис.2 эквивалентные сопротивления параллельно соединенных резисторов равны, напряжение на каждом резисторе равняется $E/2$.

Мощность каждого резистора

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(E/2)^2}{R}.$$

Ответ. Сопротивление не изменится. Мощность не изменится.

Задание 3 (10 баллов). Вольтметр постоянно включен в сеть напряжением 220 В (рисунок). Его внутреннее сопротивление $R = 10\,000$ Ом. Сколько электрической энергии теряется в приборе за год? Ответ дать в кВт·ч.

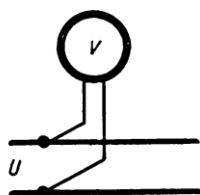


Рисунок к заданию 3.

Решение.

В вольтметре теряется мощность

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{10000} = \frac{48400}{10000} = 4,84 \text{ Вт}.$$

Потеря электроэнергии за год

$$W = Pt = 4,84 \cdot 24 \cdot 365 = 42,3984 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \approx 42,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Или в джоулях:

$$W = 42,3984 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 152,63424 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Ответ. $W = 42,3984 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 152,63424 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$

Задание 4 (10 баллов). В течение 10 минут по некоторому участку цепи протекает электрический ток, значение которого 250 мА. Напряжение на этом участке 4В. Определите мощность, которая выделяется на этом участке, и работу электрического тока, произведенную за это время.

Решение.

$$P = U \cdot I = 4 \cdot 0,25 = 1 \text{ Вт}.$$

$$A = U \cdot I \cdot t = 4 \cdot 0,25 \cdot 600 = 600 \text{ Дж}.$$

Ответ. $A = 600 \text{ Дж}; P = 1 \text{ Вт}.$

Задание 5 (20 баллов). В электрической цепи, изображенной на схеме (рисунок), $R_1=50 \text{ Ом}$, $R_2=180 \text{ Ом}$, $R_3=220 \text{ Ом}$. Найти мощность, выделяемую на резисторе R_1 , ток через резистор R_2 , напряжение на резисторе R_3 , если известно, что напряжение на зажимах цепи 100 В.

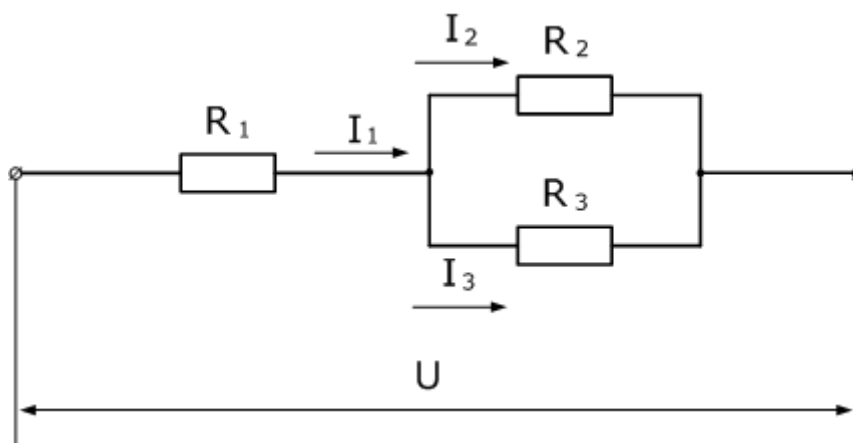


Рисунок к заданию 5.

Решение.

Чтобы рассчитать мощность постоянного тока, выделяемую на резисторе R_1 , необходимо определить ток I_1 , который является общим для всей цепи. Зная напряжение на зажимах и эквивалентное сопротивление цепи, можно его найти.

Эквивалентное сопротивление и ток в цепи

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 50 + \frac{180 \cdot 220}{180 + 220} = 149 \text{ Ом}.$$

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{100}{149} = 0,671 \text{ А}.$$

Отсюда мощность, выделяемая на R_1

$$P_1 = I_1^2 R_1 = 0,671^2 \cdot 50 = 22,512 \text{ Вт}.$$

Ток I_2 определим с помощью формулы разброса тока.

$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 0,671 \cdot \frac{220}{180 + 220} = 0,369 \text{ А}.$$

Так как напряжение при параллельном соединении резисторов одинаковое, найдем U_3 , как напряжение на резисторе R_2 .

$$U_3 = U_2 = I_2 R_2 = 0,369 \cdot 180 = 66,42 \text{ В}.$$

Ответ. $P_1 = 22,512 \text{ Вт}$, $I_2 = 0,369 \text{ А}$, $U_3 = 66,42 \text{ В}$.

Задание 6 (25 баллов). Для однофазной неразветвленной электрической цепи переменного тока определите напряжение U_C на емкостном сопротивлении X_C , напряжение U , приложенное к цепи, активную, реактивную и полную мощности и коэффициент мощности цепи $\cos \varphi$, если активное и реактивное сопротивления $R=4 \text{ Ом}$, $X_C = 3 \text{ Ом}$, а напряжение на активном сопротивлении $U_R = 80 \text{ В}$.

Решение.

Найдем ток в цепи

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{80 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 20 \text{ А}.$$

Напряжение на ёмкостном сопротивлении

$$U_C = I \cdot X_C = 20 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом} = 60 \text{ В}.$$

Напряжение, приложенное к цепи

$$U = \sqrt{(U_R)^2 + (U_C)^2} = \sqrt{(80)^2 + (60)^2} = 100 \text{ В}.$$

Активная мощность

$$P = I^2 \cdot R = (20)^2 \cdot 4 = 1600 \text{ Вт}.$$

Реактивная мощность

$$Q = I^2 \cdot X_C = (20)^2 \cdot 3 = 1200 \text{ ВАр}.$$

Полная мощность

$$S = U \cdot I = 100 \cdot 20 = 2000 \text{ ВА}.$$

Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{1600}{2000} = 0,8.$$

Ответ. $U_C = 60 \text{ В}$, $U = 100 \text{ В}$, $P = 1600 \text{ Вт}$, $Q = 1200 \text{ ВАр}$,
 $S = 2000 \text{ ВА}$, $\cos \varphi = 0,8$.

Задание 7 (15 баллов). Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением $R = 2 \text{ Ом}$ соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток $I = 2 \text{ А}$ (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр? Ответ дайте в вольтах.

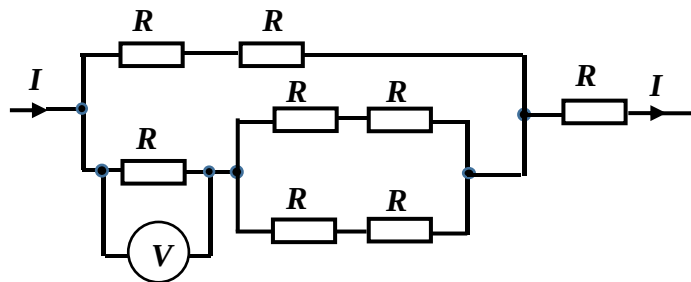


Рисунок к заданию 7.

Решение.

В электрической схеме выделим участок цепи (выделено синим) (рис.7.1).

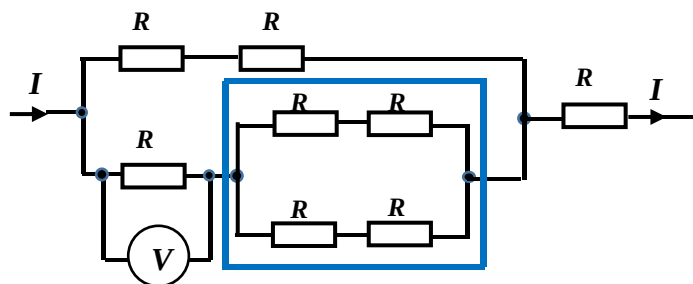


Рис. 7.1

Сопротивление верхней и нижней ветвей на этом участке равно $2R$. Они соединены параллельно, поэтому общее сопротивление выделенного участка равно R .

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

Эквивалентная схема имеет вид (рис.7.2):

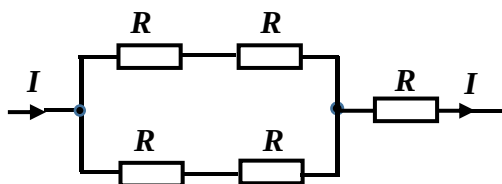


Рис.7.2

Аналогично у верхней и нижней ветвей (рис.7.2) сопротивление $2R$, поэтому по ним потечет одинаковый ток, равный $I/2 = 1$ А. При последовательном соединении сила тока одинакова на всех участках цепи, поэтому через искомый резистор течёт ток 1 А. По закону Ома для участка цепи напряжение на этом резисторе равно

$$U = \frac{I}{2} \cdot R = 1 \cdot 2 = 2 \text{ В}.$$

Ответ. $U = 2 \text{ В}.$