

## Пример решения заданий олимпиады по электротехнике «ЭлТех» 2022

**1 задание (10 баллов).** Для приведенной на рисунке цепи определить  $I_1, I_2, I_3$  и рассчитать мощность источников и потребителей, если известно:  $R_1 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 30 \text{ Ом}$ ,  $U = 120 \text{ В}$ .

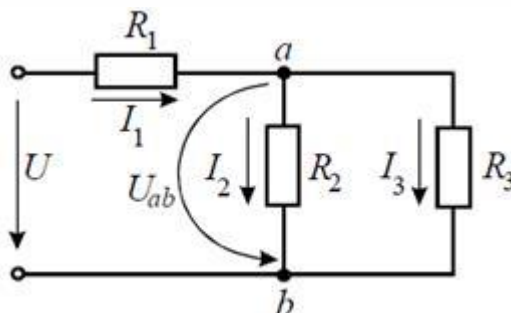


Рисунок к заданию 1

### Решение

Эквивалентное сопротивление для параллельно включенных сопротивлений:

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \text{ Ом.}$$

Эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_{23} = 12 + 12 = 24 \text{ Ом.}$$

Ток в неразветвленной части схемы:

$$I_1 = U / R_{\Sigma} = 120 / 24 = 5 \text{ А.}$$

Напряжение на параллельных сопротивлениях:

$$U_{ab} = R_{23} \cdot I_1 = 12 \cdot 5 = 60 \text{ В.}$$

Токи в параллельных ветвях:

$$I_2 = U_{ab} / R_2 = 60 / 20 = 3 \text{ А};$$
$$I_3 = U_{ab} / R_3 = 60 / 30 = 2 \text{ А.}$$

Мощность источников  $P_{ист}$  и потребителей  $P_{потр}$ :

$$P_{ист} = I_1 \cdot U = 5 \cdot 120 = 600 \text{ Вт};$$

$$P_{потр} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 = 5^2 \cdot 12 + 3^2 \cdot 20 + 2^2 \cdot 30 = 600 \text{ Вт}.$$

$$P_{ист} = P_{потр}.$$

**Ответ.**  $I_1 = 5 \text{ А}$ ,  $I_2 = 3 \text{ А}$ ,  $I_3 = 2 \text{ А}$ ,

$$P_{ист} = 600 \text{ Вт}, \quad P_{потр} = 600 \text{ Вт}.$$

**2 задание (15 баллов).** В приведенной на рисунке цепи определить показания амперметра, если известно:  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 40 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 20 \text{ Ом}$ ,  $E = 48 \text{ В}$ . Сопротивление амперметра можно считать равным нулю.

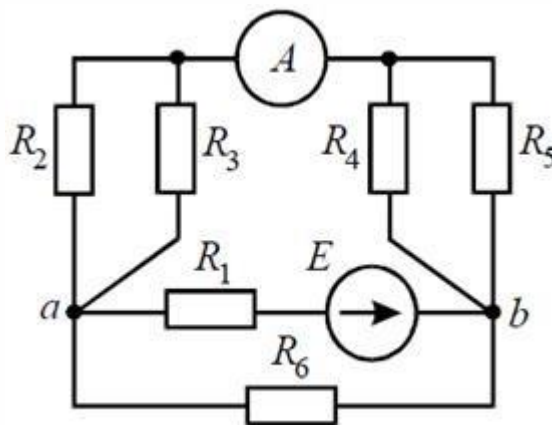


Рисунок к заданию 2

**Решение.**

Если сопротивления  $R_2, R_3, R_4, R_5$  заменить одним эквивалентным сопротивлением  $R_э$ , то исходную схему можно представить в упрощенном виде (рисунок 2.1).

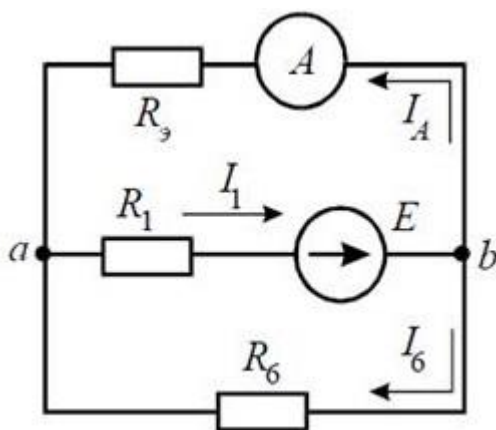


Рисунок 2.1

Величина эквивалентного сопротивления:

$$R_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} + \frac{40 \cdot 10}{40 + 10} = 20 \text{ Ом}$$

Преобразовав параллельное соединение сопротивлений  $R_3$  и  $R_6$  схемы, получим замкнутый контур, для которого по второму закону Кирхгофа можно записать уравнение:

$$I_1 \cdot \left( R_1 + \frac{R_3 \cdot R_6}{R_3 + R_6} \right) = E,$$

откуда ток  $I_1$ :

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + \frac{R_3 \cdot R_6}{R_3 + R_6}} = \frac{48}{2 + \frac{20 \cdot 20}{20 + 20}} = 4 \text{ А.}$$

Напряжение на зажимах параллельных ветвей  $U_{ab}$  выразим из уравнения по закону Ома для пассивной ветви, полученной преобразованием  $R_3$  и  $R_6$ :

$$U_{ab} = I_1 \cdot \frac{R_3 \cdot R_6}{R_3 + R_6}.$$

Тогда амперметр покажет ток:

$$I_A = I_1 \cdot \frac{R_6}{R_3 + R_6} = 4 \cdot \frac{20}{20 + 20} = 2 \text{ А.}$$

**Ответ.**  $I_A = 2 \text{ A}$ .

**3 задание (5 баллов).**

На лампу накаливания подается  $U = 220 \text{ В}$ . Мощность, потребляемая лампой  $90 \text{ Вт}$ . Какой силы ток протекает через нить лампы?

**Решение:**

$$P = UI.$$

Определяем ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{90}{220} = 0,409 \text{ (A)}$$

**Ответ.**  $I = 0,409 \text{ (A)}$ .

**4 задание (15 баллов).**

Три сопротивления  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 13 \text{ Ом}$  и  $R_3$ , величина которого неизвестна, соединены последовательно и подключены к генератору постоянного тока.

Определить ток в цепи, сопротивление  $R_3$ , сопротивление внешней цепи  $R$ , падение напряжения на всех участках цепи и электродвижущую силу генератора постоянного тока, если напряжение на зажимах генератора  $U = 60 \text{ В}$ , падение напряжения внутри генератора  $U_0 = 1,5 \text{ В}$ , сопротивление внутренней цепи  $R_0 = 0,5 \text{ Ом}$ .

**Решение.**

Ток в цепи:

$$I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ A}.$$

Электродвижущая сила генератора:

$$E = U + U_0 = 60 + 1,5 = 61,5 \text{ В}.$$

Полное сопротивление всей цепи

$$R_{\text{полн}} = \frac{E}{I} = \frac{61,5}{3} = 20,5 \text{ Ом}.$$

Сопротивление внешней цепи

$$R = R_{\text{полн}} - R_0 = 20,5 - 0,5 = 20 \text{ Ом}.$$

Или

$$R = \frac{U}{I} = \frac{60}{3} = 20 \text{ Ом.}$$

Сопротивление  $R_3$ :

$$R_3 = R - R_1 - R_2 = 20 - 4 - 13 = 3 \text{ Ом.}$$

Падение напряжения на участке цепи с сопротивлением  $R_1$ :

$$U_1 = IR_1 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ В.}$$

Падение напряжения на участке цепи с сопротивлением  $R_2$ :

$$U_2 = IR_2 = 3 \cdot 13 = 39 \text{ В.}$$

Падение напряжения на участке цепи с сопротивлением  $R_3$ :

$$U_3 = IR_3 = 3 \cdot 3 = 9 \text{ В.}$$

Проверка правильности решения задачи:

$$E = U_1 + U_2 + U_3 + U_0 = 12 + 39 + 9 + 1,5 = 61,5 \text{ В.}$$

**Ответ.**  $I = 3 \text{ А}$ ;  $E = 61,5 \text{ В}$ ;  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R = 20 \text{ Ом}$ ;  $U_1 = 12 \text{ В}$ ;  $U_2 = 39 \text{ В}$ ;  $U_3 = 9 \text{ В}$ .

### 5 задание (25 баллов).

Определить величину и направление результирующего вектора напряженности магнитного поля, создаваемого постоянным током двухпроводной линии, в точке  $K$  (см. рисунок), если  $I_1 = I_2 = 500 \text{ А}$ , расстояние  $a$  от оси первого провода до точки  $K$  равно  $60 \text{ см}$ , расстояние между осями проводов  $d = 80 \text{ см}$  и угол  $\beta = 90^\circ$ .

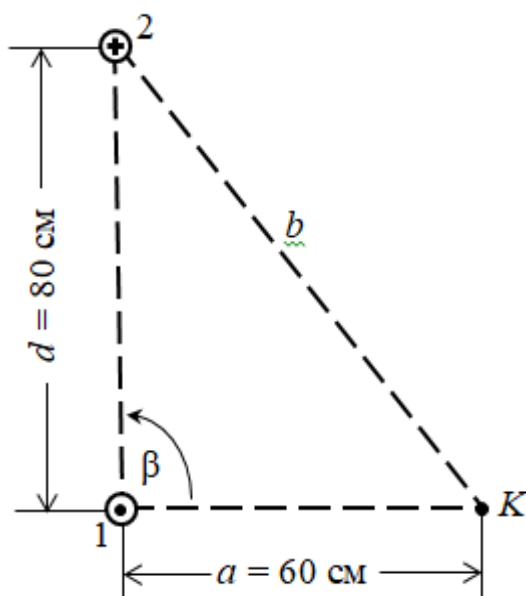


Рисунок к заданию 5

**Решение.**

Определим напряжённость магнитного поля в точке  $K$ , создаваемого током  $I_1$ :

$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi a} = \frac{500}{2\pi \cdot 0,6} \approx 132,6 \text{ А/м.}$$

По правилу буравчика определяем, что вектор  $\vec{H}_1$  направлен вверх по касательной к окружности, проведенной через точку  $K$ , радиусом  $R = a$  с центром в проводнике 1 (рисунок 5.1)

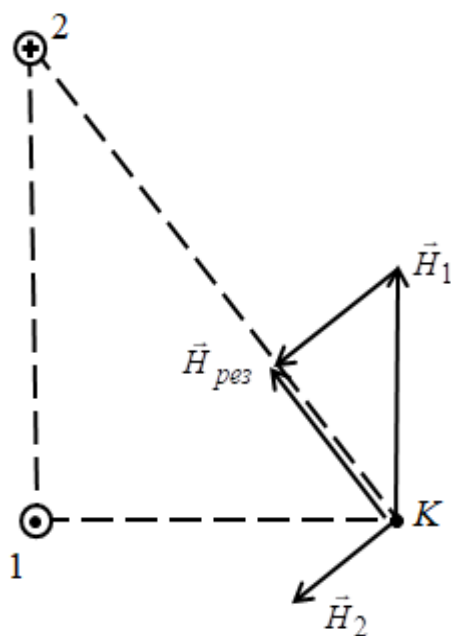


Рисунок 5.1

Определим напряжённость магнитного поля в точке  $K$ , создаваемого током  $I_2$ :

$$H_2 = \frac{I_2}{2\pi b} = \frac{I_2}{2\pi\sqrt{a^2 + d^2}} = \frac{500}{2\pi\sqrt{0,6^2 + 0,8^2}} \approx 79,6 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

Вектор  $\vec{H}_2$  направлен по касательной к окружности, проведенной через точку  $K$ , радиусом  $R' = b$  с центром в проводнике 2.

Геометрически складывая векторы  $\vec{H}_1$  и  $\vec{H}_2$ , находим результирующий вектор  $\vec{H}_{рез}$ , величина которого  $\vec{H}_{рез} \approx 106 \frac{\text{А}}{\text{м}}$ .

**Ответ.**  $\vec{H}_{рез} \approx 106 \frac{\text{А}}{\text{м}}$ .

**6 задание (20 баллов).**

Напряжение на электроприемнике  $R$  изменяется по закону

$$u = 311\sin(\omega t + 15^\circ).$$

Определить силу тока через приемник в момент времени  $t_1 = 0,015$  с, если известно, что  $R = 2$  Ом,  $f = 50$  Гц.

**Решение:**

Мгновенное значение тока в приемнике в соответствии с законом Ома изменяется по закону:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{311\sin(\omega t + 15^\circ)}{2} = 155,5 \sin(\omega t + 15^\circ)$$

Рассчитаем аргумент функции в момент времени  $t = t_1$ :

$$\omega t + 15^\circ = 2\pi f t_1 + 15^\circ = 2 \cdot 180^\circ \cdot 50 \cdot 0,015 + 15^\circ = (270 + 15)^\circ = 285^\circ$$

Сила тока в приемнике в момент времени  $t = t_1$ :

$$i_{t_1} = 155,5 \sin(285^\circ) = 155,5 \cdot (-0,966) = -150,213 \text{ (А)}$$

**Ответ.**  $i_{t_1} = -150,213 \text{ (А)}$ .

**7 задание (10 баллов).**

Электропроводка в помещении выполнена по схеме (см. рисунок) медным проводом сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ , рассчитанным проводить ток силой 27 А. Электропроводка подключена к напряжению 220 В. Какой максимальной мощности прибор можно подключить к участку  $P_2$ , чтобы не превысить максимальное значение тока ни в одном проводе, при условии, что  $P_1=3,3 \text{ кВт}$ .

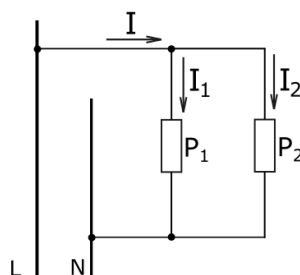


Рисунок к заданию 7. Схема электропроводки

**Решение.**

Сила тока  $I_1$  в проводе на 1 участке:

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{3300}{220} = 15(\text{A}).$$

В соответствии с первым законом Кирхгофа ток  $I_2$  на участке 2:

$$I_2 = I - I_1 = 27 - 15 = 12 (\text{A}).$$

Мощность на участке 2:

$$P_2 = UI_2 = 220 \cdot 12 = 2640 (\text{Вт}).$$

**Или 2 вариант решения:**

$$P = UI = 220 \cdot 27 = 5940 (\text{Вт});$$

$$P_2 = P - P_1 = 5940 - 3300 = 2640 (\text{Вт}).$$

**Ответ.** Можно включить прибор максимальной мощности  $P_2 = 2640 (\text{Вт})$ .