

**Пример решения заданий олимпиады по электротехнике
«ЭлТех» 2021**

1 задание (5 баллов). Телевизор, потребляемая мощность которого 150 Вт, работает от сети напряжением 220В. Какой плавкий предохранитель следует установить в телевизоре, если в наличии имеются предохранители на 0,5; 1 и 2 А?

Решение.

Мощность, потребляемая телевизором, определяется по формуле

$$P = UI.$$

Отсюда

$$I = \frac{P}{U}.$$

$$I = \frac{150 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} = 0,68 \text{ А}.$$

Ответ. $I = 0,68 \text{ А}$. Необходимо поставить предохранитель на 1 А.

2 задание (10 баллов). В жилом доме одновременно включены 50 ламп по 40 Вт, 80 ламп по 60 Вт и 10 ламп по 100 Вт. Определить силу тока во внешней цепи, если напряжение в сети 220 В.

Дано:

$P_1 = 40 \text{ Вт}$,
 $m = 50$,
 $P_2 = 60 \text{ Вт}$,
 $n = 80$,
 $P_3 = 100 \text{ Вт}$,
 $k = 10$,
 $U_{об} = 220 \text{ В}$.

Найти $I_{об}$.

Решение.

Сила тока в общей (неразветвленной) части цепи

$$I_{об} = \frac{P_{об}}{U_{об}}.$$

Потребляемая мощность цепи

$$P_{об} = mP_1 + nP_2 + kP_3.$$

Находим

$$I_{об} = \frac{mP_1 + nP_2 + kP_3}{U_{об}}.$$

$$I_{об} = \frac{40 \text{ Вт} \cdot 50 + 60 \text{ Вт} \cdot 80 + 100 \text{ Вт} \cdot 10}{220 \text{ В}} = 35,45 \text{ А}.$$

Ответ. $I_{об} = 35,45 А$.

3 задание (15 баллов). Теплом, выделяемым при прохождении электрического тока от трансформатора, нужно разогреть замерзшую стальную трубу с внутренним диаметром 50 мм и толщиной стенки 4 мм. Вторичное напряжение 3 В подается к точкам 1 и 2, удаленным друг от друга на 10 м. Какой ток проходит через стальную трубу (рис.3)? Удельное электрическое сопротивление стали $\rho = 1,3 \cdot 10^{-7} Ом \cdot м$.

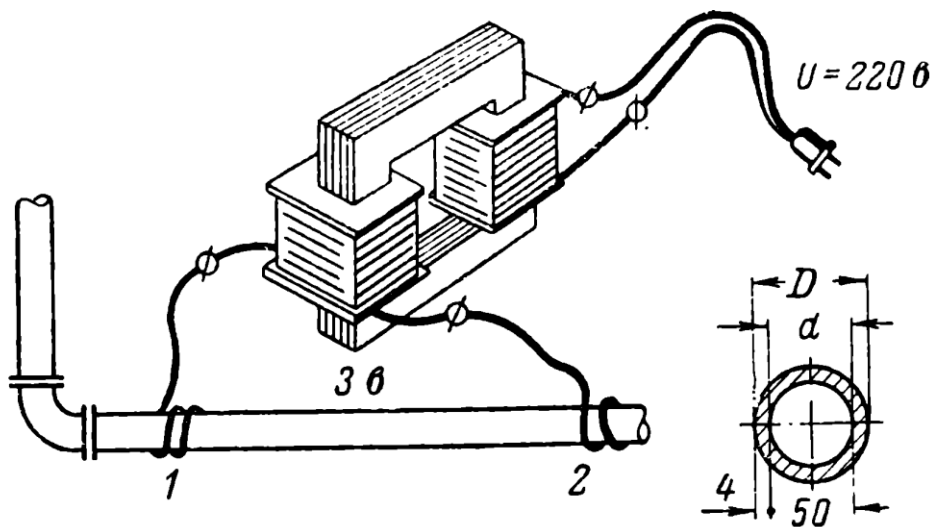


Рисунок 3

Решение.

Сначала рассчитаем сопротивление трубы R , для чего нужно подсчитать сечение трубы, т.е. площадь кольца (рис.3.1)

$$S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4}(58^2 - 50^2) = \frac{\pi}{4}(3364 - 2500) = 679 \text{ мм}^2 = 0,000679 \text{ м}^2.$$

Электрическое сопротивление стальной трубы

$$R = \rho \frac{l}{S} = 1,3 \cdot 10^{-7} \frac{10}{0,000679} = 0,001915 \text{ Ом}.$$

Ток, протекающий через трубу равен:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3B}{0,001915Om} = 1566,6A.$$

Ответ. $I = 1566,6A$.

4 задание (15 баллов). На схеме на рис. 4 показана работа электромагнитной токовой защиты. При определенном токе электромагнит ЭМ, удерживаемый пружиной П, притянет якорь, разомкнет контакт К и разорвет цепь тока. Защита срабатывает при токе $I \geq 2 A$. Сколько ламп по 25 Вт можно включить одновременно при напряжении сети 220 В, чтобы защита не сработала?

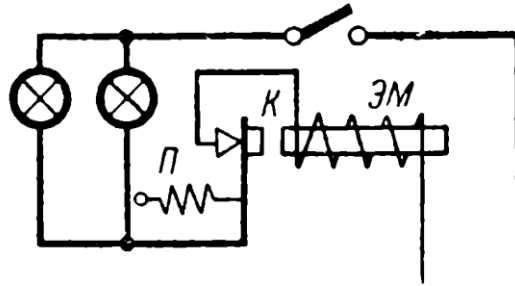


Рисунок 4

Решение.

Защита срабатывает при токе $I = 2 A$, т.е при общей мощности

$$P = UI = 220 \cdot 2 = 440 \text{ Вт}.$$

Разделив общую мощность на мощность одной лампы P_1 , получим

$$\frac{P}{P_1} = \frac{440}{25} = 17,6.$$

Одновременно могут гореть 17 ламп.

Ответ. Одновременно можно включить 17 ламп.

5 задание (20 баллов). К генератору постоянного тока и аккумуляторной батарее (рис.5), работающих параллельно, включено сопротивление нагрузки R_n . Определить при каком значении сопротивления нагрузки R_n энергия аккумуляторной батареи меняться не будет.

Напряжение на клеммах генератора постоянного тока и аккумуляторной батареи считать неизменными.

Дано:

$$\begin{aligned} E_{\Gamma} &= 14 \text{ В,} \\ R_{\Gamma} &= 0,1 \text{ Ом,} \\ E_A &= 12 \text{ В,} \\ R_A &= 2 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

R_H - ?

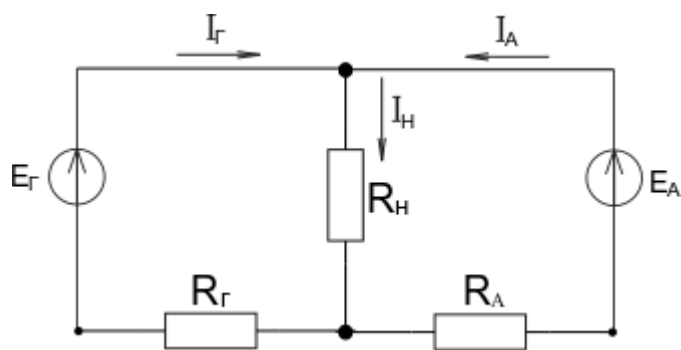


Рисунок 5

Решение:

Задачу рассчитаем при помощи законов Кирхгофа:

$$I_{\Gamma} + I_A = I_H. \quad (1)$$

$$E_{\Gamma} = I_{\Gamma} \cdot R_{\Gamma} + I_H \cdot R_H. \quad (2)$$

$$-E_A = -I_A \cdot R_A - I_H \cdot R_H. \quad (3)$$

Так как по условию задачи энергия аккумуляторной батареи должна оставаться неизменной, то $I_A = 0$.

Уравнение (1) запишем в виде:

$$I_{\Gamma} = I_H.$$

Уравнение (3) запишем в виде:

$$-E_A = -I_H \cdot R_H.$$

Следовательно

$$I_H = \frac{E_A}{R_H}.$$

Подставим $I_{\Gamma} = I_H = \frac{E_A}{R_H}$ в (2):

$$E_{\Gamma} = \frac{E_A}{R_H} \cdot R_{\Gamma} + \frac{E_A}{R_H} \cdot R_H.$$

Отсюда

$$R_H = \frac{E_A \cdot R_{\Gamma}}{E_{\Gamma} - E_A}.$$

$$R_H = \frac{12 \cdot 0,1}{14 - 12} = 0,6 \text{ Ом.}$$

Ответ. $R_H = 0,6 \text{ Ом.}$

6 задание (15 баллов). В электрическом чайнике мощностью 1,5 кВт находится 2 литра воды. Чайник включили на 7 минут в бытовую розетку 220В.

Какое количество электрической энергии преобразовалось в теплоту за это время, и до какой температуры нагрелась вода, если до включения температура ее была 20°C . Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, плотность воды для расчетов принять $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Решение:

Количество электрической энергии, преобразованной в теплоту

$$Q = P \cdot t = 1,5 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 60 = 630 \cdot 10^3 = \mathbf{630} \text{ кДж.}$$

Далее определим температуру, до которой нагрелась вода.

Масса воды

$$m = \rho V = 1000 \cdot 0,002 = 2 \text{ кг.}$$

Количество теплоты, выделенной (поглощенной) при изменении температуры тела:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

$$(t_2 - t_1) = \frac{Q}{cm}$$

$$t_2 = \frac{Q}{cm} + t_1$$

$$t_2 = \frac{630\,000}{4200 \cdot 2} + 20 = 75 + 20 = \mathbf{95^\circ\text{C}},$$

где $t_1 = 20^\circ\text{C}$ – первоначальная температура воды, t_2 – температура, до которой нагрелась вода.

Ответ. $Q = 630 \text{ кДж}$, $t_2 = 95^\circ\text{C}$

7 задание (20 баллов). Линия (рис. 7) длиной 100 м из медного провода сечением 25 мм^2 соединяет генератор с потребителями, которые потребляют ток 120 А при напряжении 220 В. Определить мощность P_2 потребителя, потери напряжения и мощности в линии (выразить в процентах), а также мощность P_1 и напряжение генератора. Удельное электрическое сопротивление меди взять $\rho = 1,78 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

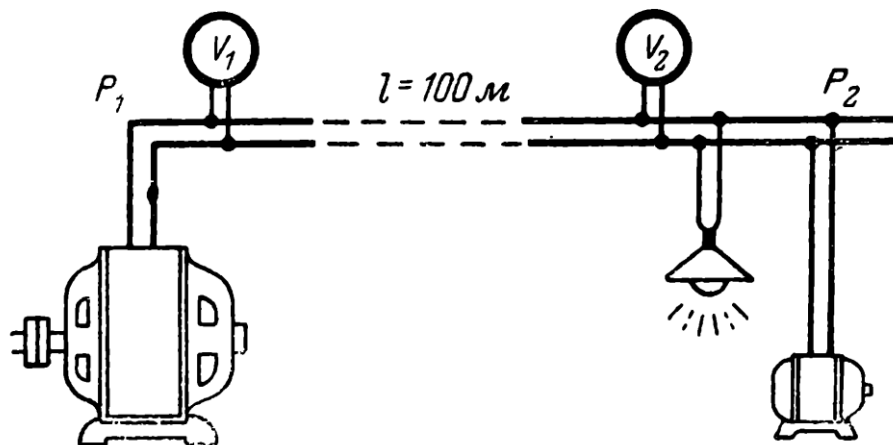


Рисунок 7

Решение.

Мощность потребителя

$$P_2 = U_2 I_2 = 220 \cdot 120 = 26,4 \text{ кВт.}$$

Сопротивление линии

$$R = \rho \frac{2l}{S} = 1,78 \cdot 10^{-8} \frac{200}{25 \cdot 10^{-6}} = 0,1424 \text{ Ом.}$$

Падение напряжения в линии

$$\Delta U = R \cdot I = 0,1424 \cdot 120 = 17,088 \text{ В.}$$

Потери мощности в линии

$$\Delta P = R \cdot I^2 = 0,1424 \cdot 120^2 = 2,05 \text{ кВт.}$$

Напряжение на зажимах генератора

$$U_1 = U_2 + \Delta U = 220 + 17,088 = 237,088 \text{ В.}$$

Мощность генератора

$$P_1 = P_2 + \Delta P = 26,4 + 2,05 = 28,45 \text{ кВт.}$$

Потери напряжения и мощности в линии, выраженные в процентах

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_1} \cdot 100\% = \frac{17,088}{237,088} \cdot 100\% = 7,2\%.$$

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P_1} \cdot 100\% = \frac{2,05}{228,45} \cdot 100\% = 7,2\%.$$