



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Электроэнергетика»

10-11 классы

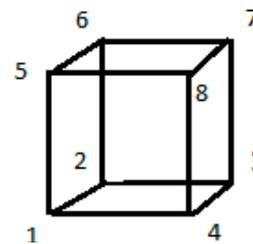
Заключительный этап

2020-2021

Задания, ответы и критерии оценивания

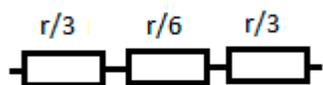
Задача 1 (10 баллов)

Из одинаковых проволочек спаяли куб. Определите, в каком случае сопротивление цепи больше, если источник напряжения подключить к крайним точками диагонали грани куба или к крайним точками диагонали куба.



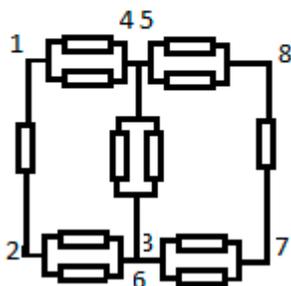
Решение

Куб спаян из одинаковых проволочек, значит сопротивление каждой такой проволочки r . Сопротивление эквивалентной схемы при подключении напряжения к крайними точками диагонали куба, т.е. между точками 1 и 7.



Полное сопротивление $R_1 = 5r/6$. (10 баллов)

Сопротивление эквивалентной схемы при подключении напряжения к крайним точками диагонали грани куба, т.е. между точками 1 и 8.

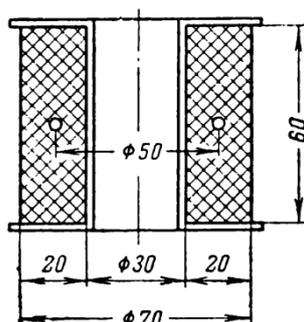


Полное сопротивление $R_2 = 3r/4$. (10 баллов)

Сопротивление больше если напряжение подключить к крайним точками диагонали грани куба.

Задача 2 (20 баллов)

Индуктивная катушка намотана из медной эмалированной проволоки диаметром 0,8 мм. Диаметр проволоки с изоляцией составляет 0,87 мм. Определить сопротивление индуктивной катушки. Удельное сопротивление меди принять равным $0,0178 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Размеры катушки индуктивности показаны на рисунке.



Решение.

Один слой обмотки состоит из $n=60/0,87=69$ витков

Число слоев обмотки $x=20/0,87=23$

Число витков катушки $N=69 \times 23=1\ 587$

Средняя длина витка $\pi d=157\text{ мм} = 0,157\text{ м}$; $d=70-20=50\text{ мм}$

Длина всей обмотки $l=0,157 \times 1\ 587=249,2\text{ м}$.

Сечение провода $S=\pi d^2/4=0,5\text{ мм}^2$

Сопротивление катушки индуктивности $r=\rho l/S=8,87\text{ Ом}$.

Задача 3 (20 баллов)

Найдите мощность, выделяемую во внешней цепи, состоящей из двух одинаковых сопротивлений, если известно, что на сопротивлениях выделяется одна и та же мощность как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Источником служит элемент с ЭДС $E = 9,0\text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1,0\text{ Ом}$. Как и почему выгоднее соединять эти сопротивления?

Решение

Мощность тока, выделяемая на внешнем участке цепи $P = I^2 R_{\text{вн}}$, где I – сила тока в цепи, $R_{\text{вн}}$ – сопротивление внешнего участка цепи.

При последовательном соединении двух одинаковых сопротивлений

$$R_{\text{вн}} = 2R,$$

При параллельном их соединении – $R_{\text{вн}} = R/2$.

Сила тока в цепи

при последовательном соединении сопротивлений $I_{\text{посл}} = E/(2R+r)$

при параллельном соединении $I_{\text{пар}} = 2E/(r+2R)$.

$$P_{\text{посл}} = P_{\text{пар}}$$

$$\frac{E^2 2R}{(2R + r)^2} = \frac{E^2 4R}{2(R + 2r)^2}$$

$$2R + r = R + 2r$$

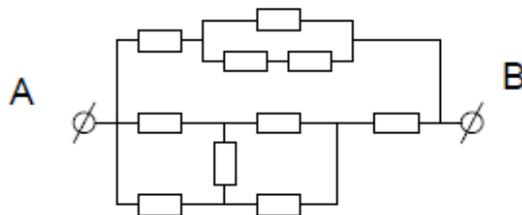
$$R = r$$

$$P = \frac{2E^2}{9r} = 18\text{ Вт}$$

При этом тепловые потери будут разные. При параллельном соединении сопротивлений ток, текущий через источник ($I=6\text{ А}$) в два раза больше, чем при последовательном их соединении ($I=3\text{ А}$). Мощность тепловых потерь будет в четыре раза больше. Поэтому сопротивления выгоднее соединять последовательно.

Задача 4 (20 баллов)

10 сопротивлений соединили между собой так, как показано на рисунке.



Отдельное сопротивление перегорает, если ток через него превышает 12 А. Найти силу тока, при которой точки А и В будут изолированы друг от друга. Значение одного сопротивления принять равным R . (Решение необходимо пояснить эквивалентной схемой соединения резисторов, на которой показать все токи.)

Решение.

В нижней части схемы есть сопротивление, которое включено между точками с одинаковым потенциалом, поэтому ток через это сопротивление всегда равен 0 и его можно не учитывать.

Таким образом, эквивалентная схема содержит две параллельные ветви с сопротивлением

$R + 2/3R = 5/3R$ и $4R/4 + R = 2R$. Ток I_1 – ток протекающий в верхней части цепи. Ток I_2 – ток протекающий в нижней части цепи.

Точки А и В будут изолированы друг от друга при перегорании первого сопротивления в верхней части цепи.

Для этого ток через это сопротивление должен быть равен I_0 , то есть $I_1 = I_0$

Так как верхняя и нижняя часть соединены параллельно напряжение между ними одинаковое, получим:
 $5/3I_1 = 2I_2$

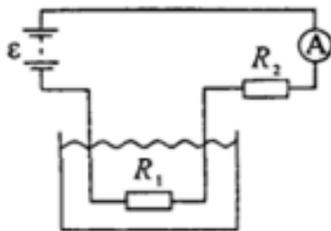
Следовательно $I_2 = 5/6 I_0$

$I = I_1 + I_2 = 11I_0/6$.

$I = 22$ А.

Задача 5 (30 баллов)

Нагреватель электрического чайника сопротивлением R_1 , подключен к источнику питания как показано на рисунке.



Э.д.с. батареи $E = 120$ В, сопротивление $R_2 = 10$ Ом. Амперметр показывает ток $I = 2$ А. Через какое время закипит объем $V = 0,5$ л воды? Начальная температура воды $t_0 = 4^\circ$ С. К.п.д. $\eta = 76\%$ нагревателя. (Удельная плотность воды $1 \cdot 10^3$ кг/м³; удельная теплоемкость воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/К·кг)

Решение

$$\text{Мощность нагревателя } P = UI = \frac{U^2}{R};$$

За время τ количество теплоты $Q = \eta P \tau$, которое пойдет на нагревание до температуры кипения T_k .
 $Q = V \rho c (T_k - T_0)$ из этого

$$\tau = \frac{V \rho c (T_k - T_0) R}{\eta U^2};$$

Так как сопротивления включены последовательно, то ток в цепи $I = E / (R_1 + R_2)$, отсюда сопротивление $R_1 = E / I - R_2 = 50 \text{ Ом}$.

Падение напряжения на R_1 , равно $U_1 = I R_1 = 100 \text{ В}$.

$$\tau = 22 \text{ мин}$$