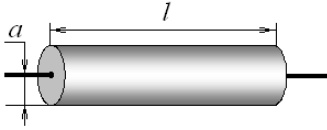


Условие

Плавкий предохранитель представляет собой резистор некоторой длины l и радиуса $a = 0,10$ мм, изготовленный из материала с плотностью¹ $\gamma = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, удельной теплоемкостью $c = 0,38 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, с удельным сопротивлением $\rho = 1,5 \cdot 10^{-8}$ Ом·м и температурой плавления $t_{\text{пл}} = 2,3 \cdot 10^2$ °C.

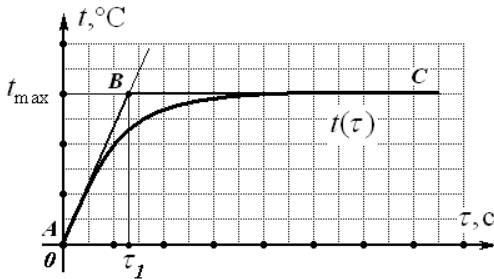


Примем, что теплообмен предохранителя с окружающей средой происходит в основном через его боковую поверхность, а количество теплоты ΔQ , отдаваемое за промежуток времени $\Delta \tau$, пропорционально площади S теплообмена и разности температур $\Delta t = t - t_0$ предохранителя t и окружающей среды t_0 ($t_0 = 0,0$ °C):

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = \alpha S(t - t_0),$$

где $\alpha = 8,5 \cdot 10^2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ — постоянный коэффициент теплоотдачи. Изменением сопротивления предохранителя при увеличении температуры пренебречь.

Часть 1. Один предохранитель.



При включении предохранителя в цепь его температура начинает увеличиваться со временем по некоторой зависимости, достигая предельного значения t_{max} . Поскольку описать зависимость $t(\tau)$ достаточно сложно, то примем упрощенную модель данной функции — будем считать, что температура t растет с постоянной скоростью, равной скорости роста в начальный момент времени (отрезок АВ на рисунке), достигает максимального значения $t = t_{\text{max}}$ и температура предохранителя остается постоянной (участок ВС на рисунке). Промежуток времени τ_1 назовем временем разогрева предохранителя до максимальной температуры t_{max} .

1.1 До какой предельной температуры t_{max} нагреется предохранитель при прохождении по нему электрического тока силой $I_1 = 10$ А? Найдите время разогрева τ_1 предохранителя, за которое он нагреется до температуры t_1 .

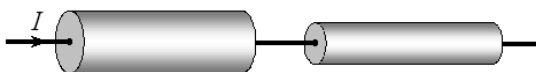
1.2 При какой силе тока $I_{\text{max } 1}$ предохранитель перегорит? При какой силе тока $I_{\text{max } 2}$ перегорит предохранитель, если его радиус увеличить в два раза?

Часть 2. Два предохранителя.

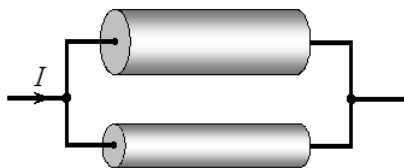
2.1 Два предохранителя одинаковой длины и радиусами $a_1 = a$ и $a_2 = 2a$ включены в цепь

¹ Традиционные обозначения физических величин «перекрываются», поэтому мы вынуждены использовать свои «не традиционные»: ρ — удельное электрическое сопротивление, γ — плотность; t — температура, τ — время, R — сопротивление, a — радиус.

последовательно.



Силу тока в цепи медленно (по сравнению со временем разогрева) увеличивают. При какой силе тока в цепи $I_{\max 3}$ перегорит такой составной предохранитель? Определите, какой из резисторов перегорит первым при условии, что в цепи мгновенно устанавливается ток силой $5I_{\max 3}$.



2.2 Два предохранителя одинаковой длины радиусами $a_1 = a$ и $a_2 = 2a$ включены в цепь параллельно. Силу тока в цепи медленно (по сравнению со временем разогрева) увеличивают. При какой силе тока $I_{\max 4}$ перегорит такой составной предохранитель? Определите, какой из предохранителей перегорит первым при условии, что в цепи мгновенно устанавливается ток, сила которого равна $5I_{\max 4}$.

2.3 В ходе ремонта составного предохранителя, описанного в п.2.2, длину проволоки первого (более тонкого) предохранителя укоротили на 10%. Определите, какой из предохранителей перегорит первым, при условии, что в цепи мгновенно устанавливается ток силой $I_0 = 100\text{A}$.