

Условие

Задание 3. Бареттер.

В данной задаче вам предстоит рассмотреть модель *бареттера* — электронного устройства, используемого для стабилизации тока. Рассматриваемый бареттер представляет собой заполненный водородом стеклянный баллон, внутрь которого помещена тонкая железная проволока радиуса $r = 5,00 \cdot 10^{-5}$ м и длины $l = 2,00 \cdot 10^{-1}$ м. Водород обладает достаточной теплопроводностью, чтобы отводить теплоту, выделяющуюся при прохождении тока по проволоке, к стенкам баллона и затем в окружающую среду. Температура водорода у стенок баллона постоянна и равна $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Количество теплоты, которое передается с единицы площади поверхности проволоки в единицу времени, определяется законом Ньютона-Рихмана

$$q = \alpha(t - t_0), \quad (1)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, t — температура поверхности проволоки, t_0 — температура стенок баллона, которая в нашем случае всегда равна нулю, поэтому можно использовать выражение $q = \alpha t$.

Удельное электрическое сопротивление металлов возрастает при увеличении температуры t по закону

$$\rho = \rho_0(1 + \gamma t), \quad (2)$$

где ρ_0 — удельное сопротивление металла при температуре 0°C , γ — температурный коэффициент сопротивления.

Этот закон является приближенным, справедливым в небольшом диапазоне температур. В реальности удельное сопротивление зависит от температуры более сложным образом. В Частях 1 и 2 задачи используйте приближенный закон (2), в Части 3 используйте приведенный там график зависимости реальной зависимости.

Вам понадобятся следующие характеристики железа:

- 1) удельное сопротивление при 0°C — $\rho_0 = 8,57 \cdot 10^{-8}$ Ом·м;
- 2) температурный коэффициент сопротивления $\gamma = 6,06 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$;
- 3) коэффициент теплоотдачи $\alpha = 50,0$ Вт/(м²·°C);
- 4) температура плавления $t_{\text{пл}} = 1538^\circ\text{C}$.

*При решении данной задачи рекомендуется выполнять промежуточные численные расчеты некоторых параметров и использовать их в дальнейшем.

В задаче рассматривается стационарный режим работы бареттера, после установления теплового равновесия, поэтому рассчитывать временные характеристики процессов не требуется!*

Введение. Характеристики бареттера.

0.1. Рассчитайте значение сопротивления проволоки бареттера R_0 при температуре 0°C . Запишите формулу зависимости сопротивления проволоки от температуры.

0.2. Покажите, что мощность теплоотдачи бареттера определяется формулой $P_{\text{отд.}} = At$, рассчитайте значение коэффициента A .

Часть 1. Вольтамперная характеристика идеального бареттера

1.1. Получите зависимость температуры проволоки t от силы тока I через неё. Постройте схематический график этой зависимости.

1.2. Постройте вольтамперную характеристику (график зависимости силы тока I через проволоку от приложенного к ней напряжения U) рассматриваемого бареттера.

Этот график постройте на выданном вам бланке №1.

Подсказка. Выберите, какую зависимость легче анализировать: $I(U)$ или $U(I)$.

- 1.3. Найдите силу тока через бареттер и температуру проволоки при $U \rightarrow \infty$.
- 1.4. Найдите максимальное напряжение $U_{\max}$, при котором может работать данный бареттер.
- 1.5. Покажите, что при малых напряжениях сила тока пропорциональна приложенному напряжению, определите коэффициент пропорциональности этой зависимости.

Часть 2. Вольтамперные характеристики цепей с бареттером.

- 2.1. Постройте вольтамперную характеристику цепи, состоящей из бареттера с подключенным к нему параллельно резистором с сопротивлением $R_1 = 10 \text{ Ом}$.
- 2.2. Постройте вольтамперную характеристику цепи, состоящей из бареттера с подключенным к нему последовательно резистором с сопротивлением $R_1 = 10 \text{ Ом}$.

Эти графики так же постройте на Бланке №1.

Часть 3. Реальный бареттер

Реальный бареттер, в отличие от рассмотренной в данной задаче модели, не может стабилизировать ток при сколь угодно большом напряжении. Это объясняется тем, что при достаточно больших температурах зависимость сопротивления от температуры перестаёт быть линейной. Реальная зависимость $\rho(t)$ для железа приведена на бланке №2 (пунктиром показана использованная ранее приближенная зависимость).

Для удобства на том же бланке приведена таблица зависимости удельного сопротивления железа от температуры. В этой таблице есть свободные столбцы, в которых Вы можете привести результаты необходимых расчетов.

- 3.1. Используя приведенную реальную зависимость $\rho(t)$, постройте вольт амперную характеристику реального бареттера.

Построение проведите на Бланке №3.

- 3.2. Укажите на графике (и запишите численные значения в тетради) напряжение стабилизации $\bar{U}_{\text{ст}}$, при котором изменение силы тока ΔI минимально при изменении напряжения ΔU .

- 3.3. Укажите диапазон напряжений $[U_{\text{ст.мин}}, U_{\text{ст.макс}}]$ в котором бареттер стабилизирует силу тока в цепи. Необходимо, что бы в этом диапазоне сила тока изменялась не более, чем на 2,5%.

Не забудьте сдать выданные Вам бланки!

УТВЕРЖДАЮ Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования Р.С.Сидоренко «___» декабря 2015 г.



Республиканская физическая олимпиада 2016 год.

(III этап)

Теоретический тур



$$r = 5,00 \cdot 10^{-5}$$

$$l = 2,00 \cdot 10^{-1}$$

$$\rho = \rho_0(1 + \gamma t)$$

$$\rho_0 = 8,57 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\text{коэффициента расширения } \gamma = 6,06 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{или } \alpha = 50,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_{\text{пл}} = 1538^\circ\text{C}.$$