

Посреди моста

В данной задаче изучаются электрические цепи, содержащие нелинейный элемент, вольтамперная характеристика которой приведена на рис. 1.

Вольтамперная характеристика нелинейного элемента описывается двумя участками:

1. $I = I_0 \cdot (U/U_0)$ при $U \leq U_0$, где $I_0 = 10$ мА и $U_0 = 5$ В.
2. $I = I_0 = \text{const}$ при $U \geq U_0$.

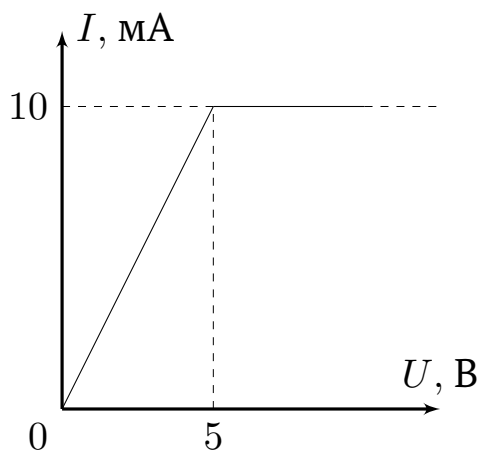


Рис. 1

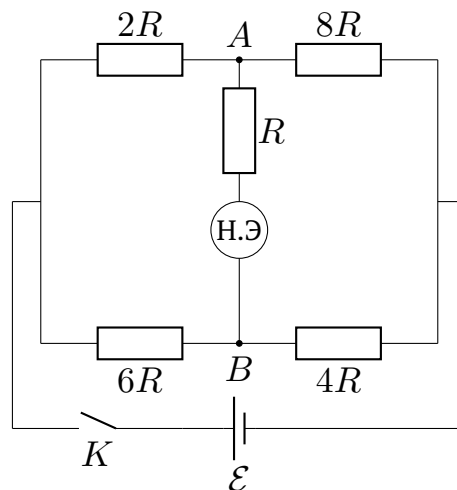


Рис. 2

Часть А. Цепь постоянного тока (3.0 балла)

На рис. 2 показана схема электрической цепи, состоящей из резисторов с сопротивлениями R , $2R$, $4R$, $6R$ и $8R$, идеального источника постоянного напряжения \mathcal{E} и описанного нелинейного элемента. Данная часть задачи посвящена изучению зависимости силы тока через нелинейный элемент в зависимости от напряжения источника.

- A1** Поскольку без участка цепи между узлами A и B электрическая цепь состоит целиком из источников постоянного напряжения и резисторов – зависимость силы тока I_{AB} , текущего от узла A к узлу B , от напряжения $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ на данном участке цепи можно представить в виде, не зависящем от элемента, включенного между узлами A и B : **1.5**

$$I_{AB} = \frac{\mathcal{E}_0 - U_{AB}}{r_0}.$$

Определите \mathcal{E}_0 и r_0 . Ответы выразите через \mathcal{E} и R .

- A2** Получите зависимость силы тока I_{AB} от величины \mathcal{E} . Ответ выразите через \mathcal{E}_0 , r_0 , R , U_0 и I_0 . **0.5**

- A3** Получите зависимость мощности $P_{\text{н.э.}}$, выделяемой на нелинейном элементе, от величины \mathcal{E} . Ответ выразите через \mathcal{E} , R , U_0 и I_0 . **0.5**

- A4** Постройте качественный график зависимости $P_{\text{н.э.}}(\mathcal{E})$. Укажите на графике все характерные точки и рассчитайте соответствующие им значения. **0.5**

Часть В. Электрическая цепь, содержащая конденсатор (5.0 балла)

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящая из идеального источника напряжения \mathcal{E} , резистора $R = 500 \text{ Ом}$, конденсатора с емкостью $C = 100 \text{ мкФ}$ и нелинейного элемента, соединенных последовательно, а также ключа K . Изначально ключ разомкнут, а конденсатор не заряжен. В начальный момент времени $t = 0$ ключ замыкают.

Пусть ЭДС источника равна $\mathcal{E} = 6 \text{ В}$.

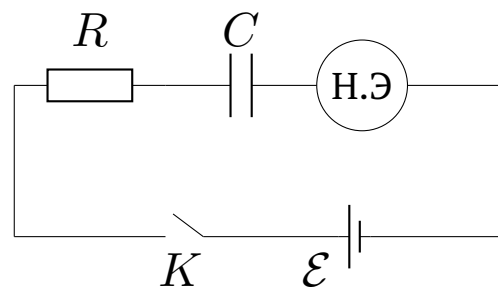


Рис. 3

В1 Получите зависимость силы тока $I_C(t)$ через конденсатор от времени t . Ответ выразите через \mathcal{E} , R , U_0 , I_0 , C и t . **0.8**

В2 Какое количество теплоты $Q_{\text{н.э}}$ выделится на нелинейном элементе за время установления постоянного тока? Ответ выразите через \mathcal{E} , R , U_0 , I_0 и C . Найдите численное значение. **0.6**

В3 Через какое время τ количество теплоты, выделившееся на нелинейном элементе, достигнет 80% от величины $Q_{\text{н.э}}$? Ответ выразите через R , U_0 , I_0 , и C . Найдите численное значение. **0.6**

Теперь ЭДС источника равна $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$.

В4 Получите зависимость силы тока $I_C(t)$ через конденсатор от времени t . Ответ выразите через \mathcal{E} , R , U_0 , I_0 , C и t . **1.5**

В5 Какое количество теплоты $Q_{\text{н.э}}$ выделится на нелинейном элементе за время установления постоянного тока? Найдите численные значения с точностью не меньше 1%. **1.5**