

Вольт-амперная характеристика

Вольт-амперная характеристика элемента электрической цепи — это зависимость тока через этот элемент от напряжения, приложенного к элементу.

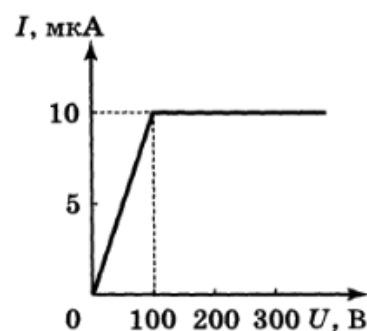
ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2000, ОЭ, 10) Заряженный конденсатор ёмкости C разряжают через элемент с неизвестной вольт-амперной характеристикой, при этом сила тока в цепи зависит от времени как

$$I(t) = I_0 - at, \quad 0 < t < \frac{I_0}{a},$$

где I_0 и a — положительные константы. В момент времени $t_0 = I_0/a$ конденсатор разряжается полностью. Найдите вольт-амперную характеристику элемента.

Получить = I

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 1999, финал, 10) На рисунке представлена идеализированная зависимость силы тока I , протекающего через газоразрядную трубку, от напряжения U между электродами для случая несамостоятельного газового разряда. Трубка с последовательно соединённым балластным резистором сопротивлением $R = 10^7$ Ом подключается к конденсатору ёмкостью $C = 10^{-3}$ Ф, заряженному до напряжения $U_0 = 300$ В. Какое количество теплоты выделится в трубке за время полного разряда конденсатора?



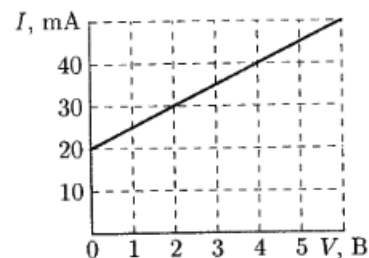
ЖИТЬ ЗДЕСЬ = 0

ЗАДАЧА 3. (Сложение ВАХ) Даны нелинейные элементы X_1 и X_2 с известными вольт-амперными характеристиками $I = f_1(U)$ и $I = f_2(U)$. Объясните, как найти ВАХ элемента X , который получается в результате

- параллельного,
- последовательного

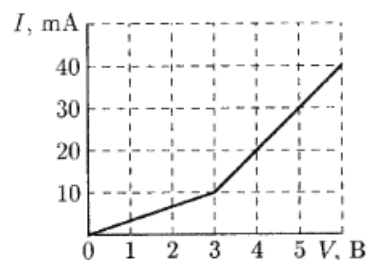
соединения элементов X_1 и X_2 .

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых параллельно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением $R = 100$ Ом, а другим — неизвестный элемент Z . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику элемента Z .



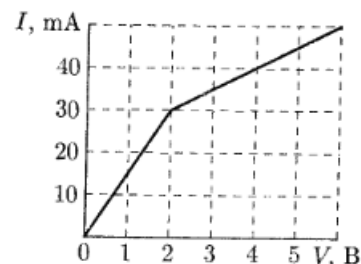
См. конец листка

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых последовательно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением $R = 100$ Ом, а другим — неизвестный элемент Z . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику элемента Z .



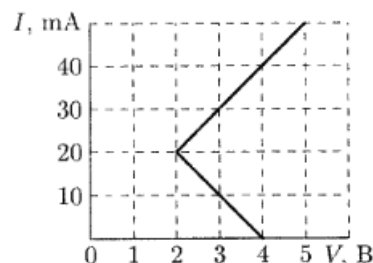
См. конец листа

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых параллельно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением $R = 200$ Ом, а другим — неизвестный элемент Z . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику элемента Z .



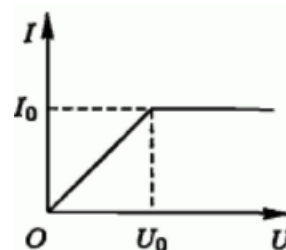
См. конец листа

ЗАДАЧА 7. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых последовательно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением $R = 100$ Ом, а вторым — неизвестный элемент Z . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику элемента Z .



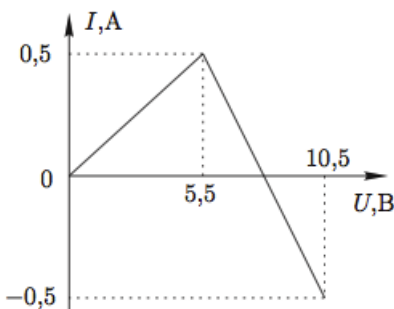
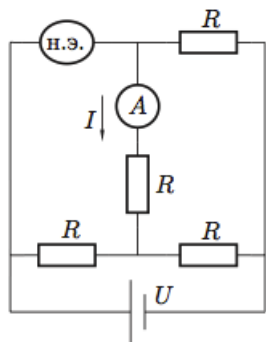
См. конец листа

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2004, ОЭ, 9) Исследуя неизвестный элемент X , экспериментатор Глюк определил его ВАХ (вольт-амперную характеристику, рис.). Он решил сконструировать из элемента X и двух резисторов новый элемент Y с ВАХ, у которой сила тока прямо пропорциональна напряжению при $0 \leq U \leq 3U_0$. В точке $(3U_0, 2I_0)$ происходит излом ВАХ и зависимость I от U становится более сложной линейной функцией. Изобразите все принципиально различные схемы элемента Y , определите сопротивления резисторов в этих схемах и изобразите соответствующие ВАХ элемента Y .



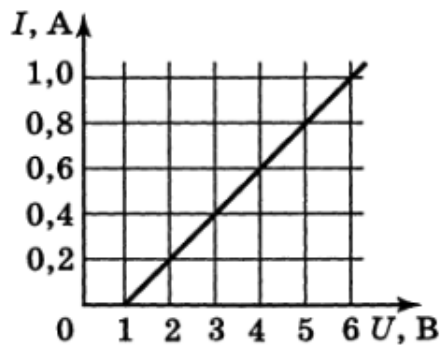
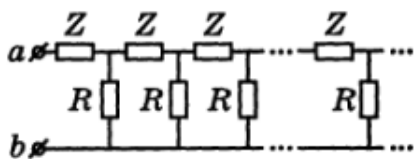
$$R_1 = \frac{U_0}{I_0}, R_2 = \frac{3U_0}{2I_0} \text{ или } R_1 = \frac{U_0}{I_0}, R_2 = \frac{3U_0}{I_0}$$

ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2012, финал, 10) К электрической цепи (рис. слева), составленной из одинаковых резисторов $R = 1$ Ом, нелинейного элемента с неизвестной вольт-амперной характеристикой и идеального амперметра, подключён источник, напряжение которого можно изменять. Зависимость показаний амперметра от напряжения источника задана (рис. справа). Положительное направление тока указано на левом рисунке. Восстановите по этим данным вольт-амперную характеристику нелинейного элемента (зависимость силы тока через элемент от напряжения на нём).



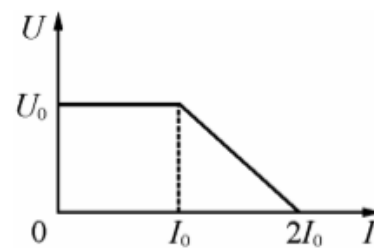
$$I_x = \begin{cases} 4 \text{ A,} & \text{если } U_x < 2 \text{ В;} \\ \frac{R}{2} U_x, & \text{если } U_x \geq 2 \text{ В;} \end{cases}$$

ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 1999, финал, 11) Бесконечная цепочка составлена из одинаковых нелинейных элементов Z и резисторов с сопротивлением $R = 4$ Ом (рис. слева). Вольт-амперная характеристика цепочки, измеренная между входными клеммами a и b , изображена на рис. справа. Определите графическим построением вольт-амперную характеристику нелинейного элемента Z .



См. конец листка

Задача 11. (МОШ, 2013, 11) На рисунке показана вольт-амперная характеристика источника напряжения. Если сила тока в подключённой к источнику цепи меньше $I_0 = 1$ А, то напряжение на клеммах источника равно $U_0 = 10$ В. Если же сила тока в цепи превышает величину I_0 , то в источнике срабатывает защита от перегрузки, и напряжение U на его клеммах начинает убывать с ростом силы тока I по линейному закону, пока при силе тока $2I_0$ (ток короткого замыкания) напряжение U не обращается в нуль.

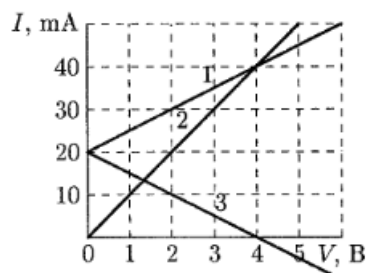


К клеммам этого источника подключили цепь, состоящую из последовательно соединённых резистора сопротивлением $R_0 = 15$ Ом и незаряженного конденсатора. К моменту, когда конденсатор полностью зарядился, в резисторе выделилось количество теплоты $Q_0 = 12$ мкДж. Затем цепь отсоединили от источника, разрядили конденсатор, заменили резистор на другой с сопротивлением $R_1 = 5$ Ом и вновь подключили цепь к клеммам источника.

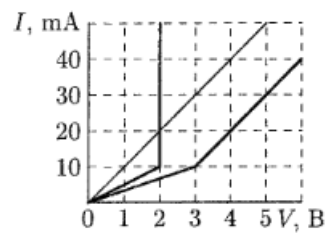
- 1) Чему равна максимальная сила тока, протекающего в цепях с резисторами R_0 и R_1 ?
- 2) Чему равна ёмкость включенного в цепь конденсатора?
- 3) Какое количество теплоты выделится в резисторе R_1 к моменту полной зарядки конденсатора?

$$I_{\max,0} = \frac{U_0}{R_0} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3} \text{ А}; I_{\max,1} = \frac{U_0}{R_1} = \frac{10}{5} = 2 \text{ А}; Q_0 = I_{\max,0}^2 R_0 t = 12 \text{ мкДж} \Rightarrow t = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(\frac{2}{3})^2 \cdot 15} = 0,24 \text{ мкс}$$

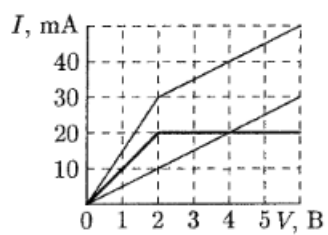
Ответ к задаче 4



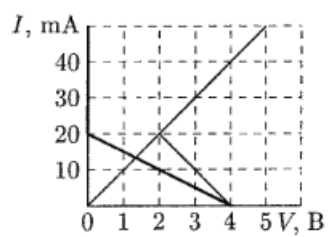
Ответ к задаче 5



Ответ к задаче 6



Ответ к задаче 7



Ответ к задаче 10

