

## Вольт-амперная характеристика

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

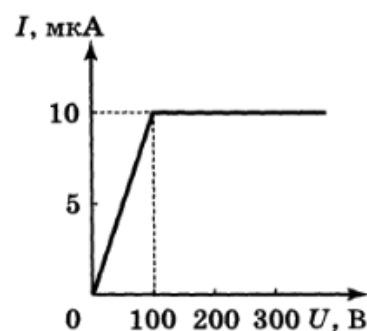
ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2000, ОЭ, 10) Заряженный конденсатор ёмкости  $C$  разряжают через элемент с неизвестной вольт-амперной характеристикой, при этом сила тока в цепи зависит от времени как

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

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?



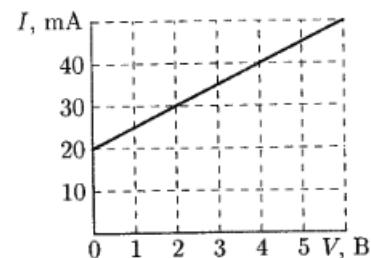
Ждать еще = 0

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  $X_2$ .

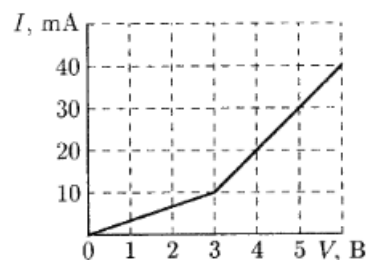
ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых параллельно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением  $R = 100$  Ом, а другим — неизвестный элемент  $Z$ . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику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



См. конец листка

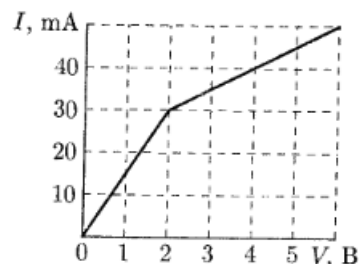
ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых последовательно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением  $R = 100$  Ом, а другим — неизвестный элемент  $Z$ . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику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

См. конец листа



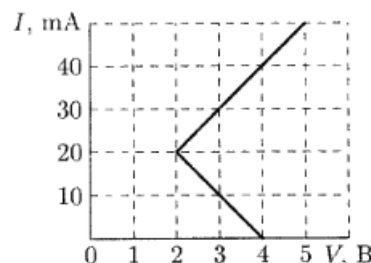
ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых параллельно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением  $R = 200$  Ом, а другим — неизвестный элемент  $Z$ . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику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

См. конец листа

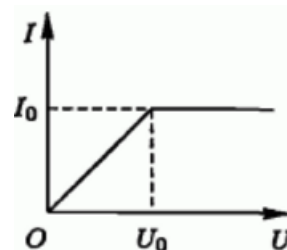


ЗАДАЧА 7. (МФТИ, 2002) На рисунке изображена вольт-амперная характеристика двух соединённых последовательно элементов, одним из которых является резистор с сопротивлением  $R = 1$  кОм, а вторым — неизвестный элемент  $Z$ . Используя заданную вольт-амперную характеристику, постройте вольт-амперную характеристику элемента  $Z$ .

См. конец листа

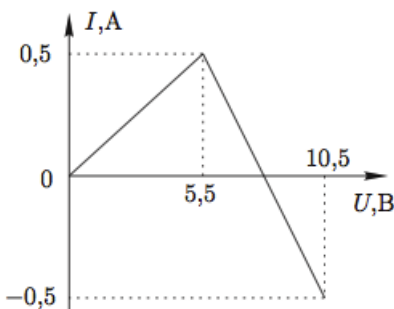
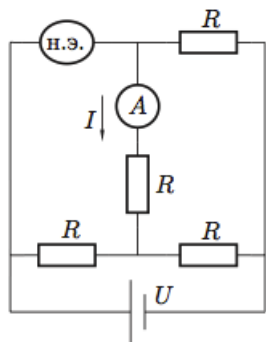


ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2004, ОЭ, 9) Исследуя неизвестный элемент  $X$ , экспериментатор Глюк определил его ВАХ (вольт-амперную характеристику, рис.). Он решил сконструировать из элемента  $X$  и двух резисторов новый элемент  $Y$  с ВАХ, у которой сила тока прямо пропорциональна напряжению при  $0 \leq U \leq 3U_0$ . 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  $Y$ .



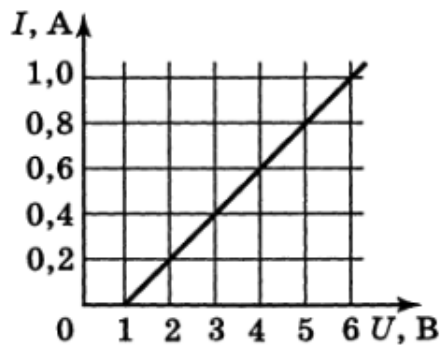
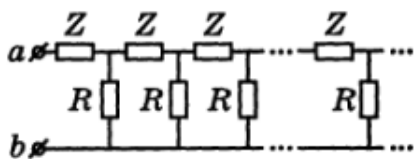
$$R_1 \frac{I_0}{U_0} = R_2 \frac{I_0}{U_0} = R_1 \text{ или } R_2 \frac{I_0}{2U_0} = R_1 \frac{I_0}{3U_0} = R_1$$

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).



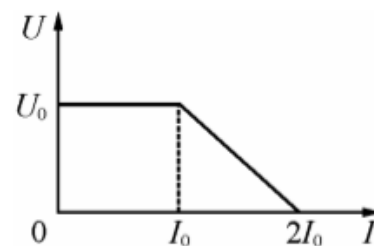
$$I_x = \begin{cases} 4 \text{ A,} & \text{если } U_x < 2 \text{ В;} \\ \frac{R}{2} U_x, & \text{если } U_x \geq 2 \text{ В;} \end{cases}$$

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.

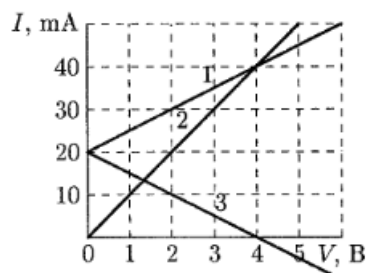


К клеммам этого источника подключили цепь, состоящую из последовательно соединённых резистора сопротивлением  $R_0 = 15$  Ом и незаряженного конденсатора. К моменту, когда конденсатор полностью зарядился, в резисторе выделилось количество теплоты  $Q_0 = 12$  мкДж. Затем цепь отсоединили от источника,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

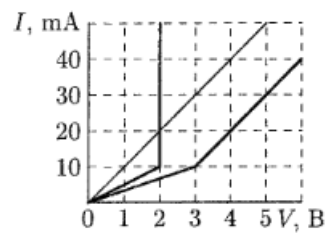
- 1) Чему равна максимальная сила тока, протекающего в цепях с резисторами  $R_0$  и  $R_1$ ?
- 2) Чему равна ёмкость включенного в цепь конденсатора?
- 3) Какое количество теплоты выделится в резисторе  $R_1$  к моменту полной зарядки конденсатора?

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

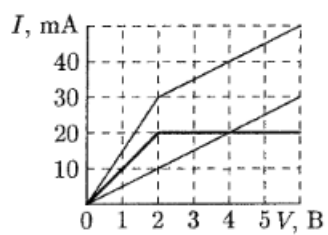
Ответ к задаче 4



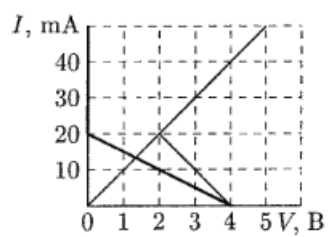
Ответ к задаче 5



Ответ к задаче 6



Ответ к задаче 7



Ответ к задаче 10

