

Фізіка:

проблемы выкладання



Заснавальнік і выдавец –
Выдавецтва
“Адукацыя і выхаванне”

220004, г. Мінск,
вул. Караля, 16;
тэл.: 229-19-71,
факс: 220-54-10

Рэдакцыйная калегія

Галоўны рэдактар

М. І. Запрудскі

Нам. галоўнага рэдактара

Н. П. Гаравая

Адказны сакратар

А. У. Палянская

Члены рэдкалегіі

В. А. Гербутаў

У. А. Голубеў

С. В. Дзюбенка

Л. А. Ісачанкава

А. В. Кісялёва

А. А. Луцэвіч

А. У. Якубоўскі

$$\begin{cases} N_0 + N^* = N \\ \frac{N_0}{N^*} = \eta \end{cases} \Rightarrow N_0 = \frac{\eta}{1+\eta} N = (\eta \ll 1) \approx \eta N,$$

где N^* — число атомов нерадиоактивного изотопа $^{12}_6\text{C}$, N — число всех атомов углерода в образце, которое можно оценить, зная массу m_0 преобладающего изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$ и массу m куска ископаемого дерева — $N \approx \frac{m}{m_0}$.

Таким образом, окончательно

$$A = \frac{0,693}{T_{1/2}} \eta N 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow t = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{0,693}{A \cdot T_{1/2}} \cdot \frac{\eta m}{m_0} \right) = 20500 \text{ лет.}$$

Ответ: $t = 20500$ лет.

* * *

Решения задач из упражнений к главам 1—3 будут опубликованы в четвертом номере журнала.

Графические методы решения задач по расчету линейных электрических цепей: цепи постоянного тока с линейными ВАХ*¹

А.Н.Годлевская,

И.Н.Яковцов

Необходимость анализа электрических цепей возникает в целом ряде практически важных случаев. Так, во многих задачах требуется рассчитать параметры той или

* ВАХ — вольт-амперная характеристика цепи (или отдельного ее элемента) — зависимость силы тока в цепи (в элементе) от напряжения. Если сопротивление элемента не зависит от тока, то ВАХ — прямая линия, проходящая через начало координат [1; 2].

иной электрической цепи: силу тока в элементах цепи; напряжение на них; параметры источника питания, силу тока короткого замыкания, мощность и КПД источника; мощность, выделяемую в цепи, и др. Обязательным этапом конструирования электронных приборов является обоснование выбора компонентов электрической цепи. Анализ структуры и параметров электрической цепи необходим и при выяснении возможных причин выхода из строя элементов уже смонтированной цепи.

В школьном курсе физики учащихся, как правило, знакомят с методами аналитического расчета электрических цепей (см., например, учебные пособия [3–7]), предусматривающего составление системы алгебраических уравнений, основанное на применении закона Ома и правил Кирхгофа; в ходе решения этой системы определяются искомые величины. В указанных учебных пособиях графические иллюстрации теоретического материала недопустимо скудны. В сборниках задач, предназначенных для системы самообразования (например, [8–10]), как правило, также описан ход алгебраического решения задач по расчету электрических цепей. Однако по мере усложнения структуры цепи применение аналитического метода приводит к увеличению числа уравнений и неизвестных величин, содержащихся в них, что делает решение задачи очень громоздким, исключает возможность выполнения преобразований «в общем виде» и анализа влияния изменений отдельных параметров цепи на ее характеристики. В электротехнике в таких ситуациях используют различные методы поэтапного преобразования электрических цепей, позволяющие упростить схему и найти решение. Однако для всех этих методов характерны громоздкие вычисления и недостаточная наглядность. Кроме того, применение таких методов часто требует выхода за рамки школьной программы и не всегда оправданно. Поэтому актуальной задачей является разработка методов, упрощающих расчет электрических цепей, и знакомство школьников, в частности, с графическими методами анализа электрических цепей. Это особенно важно при изучении

физики на углубленном уровне в классах, курируемых вузами физико-технического профиля, которые, заботясь о научно-техническом будущем государства, ведут работу по профессиональной ориентации старшеклассников-абитуриентов и осуществляют их соответствующую предварительную подготовку.

Графический метод решения задач свободен от перечисленных выше недостатков, характерных для аналитического метода. К преимуществам графического метода анализа электрических цепей относятся следующие:

- для его освоения не требуется специальной технической подготовки; для успешного решения задачи достаточно знать закон Ома и правила Кирхгофа (см. формулировки, например, в [5; 7; 8]), уметь строить ВАХ первичных и эквивалентных элементов цепи, ВАХ источника напряжения, графики простейших функций;

- простота в использовании; для решения задачи требуется минимальное обеспечение (карандаш, ручка, миллиметровая бумага, иногда – микрокалькулятор);

- наглядность решения; все решение содержится в одном чертеже, методика решения и ответы не спрятаны в пространственных рассуждениях и громоздких формулах, а очевидны (в буквальном понимании этого слова);

- оперативность; для решения задачи требуется несколько минут вместо получаса или более, в зависимости от характера задачи, – при оперировании формулами.

В сочетании с аналитическим методом расчета электрических цепей графический метод позволяет наиболее глубоко и полно разобраться в процессах, происходящих в цепи, а значит, и гораздо лучше усвоить материал по соответствующим разделам курса физики, являющимися базовыми для последующего знакомства в вузе с курсами электроники и электротехники.

Суть графического метода сводится к последовательным преобразованиям ВАХ элементов цепи, приводящим графическую схему к простейшей эквивалентной, состоящей из ВАХ источника напряжения и ВАХ нагрузки. Правила построения ВАХ эквивалентных элементов заключаются в следующем (рис. 1):

- при последовательном соединении элементов цепи ВАХ эквивалентного элемента строится по точкам путем суммирования значений напряжений на первичных элементах при одинаковых задаваемых значениях силы тока в них (аналогично суммированию линейных сопротивлений);

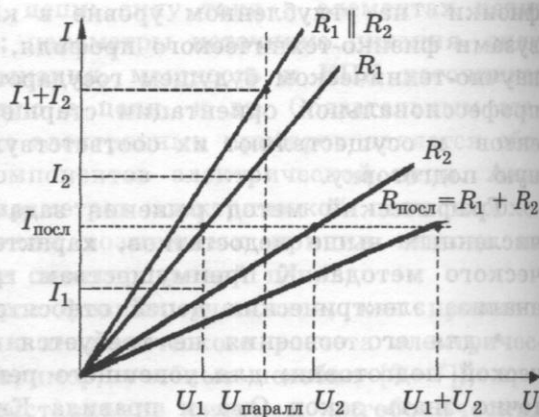


Рис. 1

- при параллельном соединении ВАХ эквивалентного элемента строится по точкам путем суммирования значений силы тока в первичных элементах при одинаковых задаваемых значениях напряжения (суммирование проводимостей).

Так же просты построения ВАХ источника напряжения, исходными данными для которых являются значение ЭДС источника (постоянной или заданной функцией времени) и ВАХ (либо значение) его внутреннего сопротивления.

ВАХ первичных элементов могут быть заданы:

- в графическом виде (как правило, это ВАХ нелинейных элементов);
- в виде аналитических зависимостей между токами и напряжениями;
- в виде постоянных размерных коэффициентов (значений сопротивления линейных элементов).

Независимо от способа задания, ВАХ первичных элементов представляются графиками, построенными в координатах «сила тока – напряжение» в соответствующем масштабе. В этих же координатных осях строится ВАХ источника напряжения. Все построения эквивалентных

ВАХ необходимо выполнять на одном чертеже (ВАХ различных элементов желательно изображать линиями разного цвета). Тогда по ВАХ исходных элементов несложно найти для них силы тока и напряжения: координаты точки пересечения ВАХ элемента и ВАХ источника определяют силу тока в нагрузке и падение напряжения на ней.

Продemonстрируем далее общие принципы и возможности графического метода решения задач на конкретных примерах электрических цепей с линейными ВАХ. Применение графического метода решения задач для цепей, ВАХ которых нелинейны, будет рассмотрено в нашей следующей статье.

Задача 1. Для электрической цепи, схема которой представлена на рисунке 2, определите силу тока I_n , текущего через нагрузку, напряжение U_n на нагрузке, мощность $P_{ист}$, мощность P_n , выделяемую в нагрузке, силу тока короткого замыкания $I_{к.з.}$, КПД $\eta = P_n / P_{ист}$.

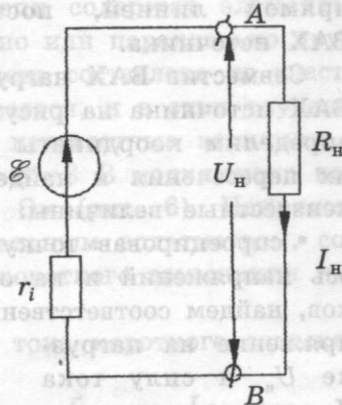


Рис. 2

Решим задачу поэтапно. Сначала рассмотрим ВАХ нагрузки, исключив из рассмотрения источник напряжения. Для ее построения необходимо найти хотя бы две точки $(U_i; I_i)$, соединив которые прямой линией, получим искомую ВАХ.

Предположим, что $U_n = 0$, тогда $I_n = U_n / R_n = 0$.

Пусть теперь $U_n = \mathcal{E}$; при этом $I_n = \mathcal{E} / R_n$, где \mathcal{E} — ЭДС источника.

Таким образом, координаты двух необходимых точек найдены: $(0; 0)$, $(\mathcal{E}; \mathcal{E} / R_n)$, и можно построить ВАХ (рис. 3).

Для построения ВАХ источника напряжения (рис. 4):

- исключим из рассмотрения сопротивление нагрузки;
- рассмотрим режим холостого хода. Оставление свободными клемм A и B источника эквивалентно подключению к ним резистора с $R_n = \infty$. Тогда $U_{ист}^{x.x} = \mathcal{E}$, $I_{ист}^{x.x} = 0$;

• рассмотрим режим короткого замыкания. Замкнутым накоротко клеммам A и B источника соответствует подключение нагрузки с $R_n = 0$. При этом $U_{ист}^{к.з} = \mathcal{E}$, $I_{ист}^{к.з} = \mathcal{E}/r_i$, r_i — сопротивление источника.

Следовательно, координаты точек, лежащих на ВАХ источника, таковы: $(\mathcal{E}; 0)$, $(0; \mathcal{E}/r_i)$. Соединив эти точки прямой линией, построим ВАХ источника.

Совместив ВАХ нагрузки и ВАХ источника на рисунке 5, определим координаты точки их пересечения и найдем все неизвестные величины:

• спроецировав точку A на ось напряжений и на ось токов, найдем соответственно напряжение на нагрузке U_n и силу тока I_n , протекающего через нее;

• по определению, мощность источника равна произведению ЭДС источника и силы тока, текущего через нагрузку: $P_{ист} = \mathcal{E}I_n$. Графически это произведение определяется площадью прямоугольника со сторонами \mathcal{E} и I_n ;

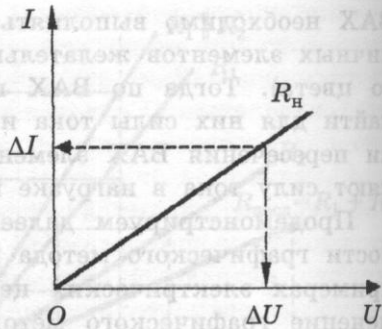


Рис. 3

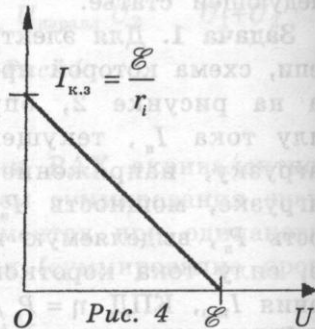


Рис. 4

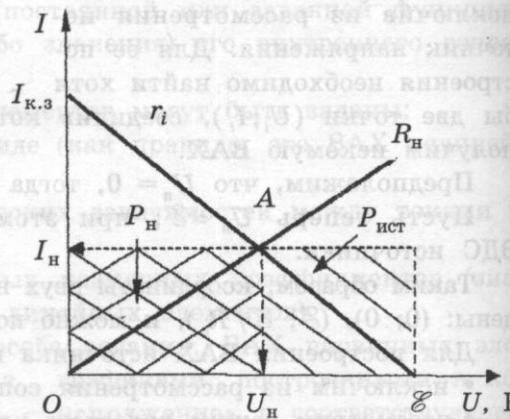


Рис. 5

- мощность, выделяемая в нагрузке, равна произведению напряжения на нагрузке U_n и силы тока I_n , текущего через нее, — $P_n = U_n I_n$. Численное значение этой мощности равно площади прямоугольника со сторонами U_n и I_n ;

- КПД цепи определяется отношением мощности, выделяемой в нагрузке, к мощности источника:

$$\eta = \frac{P_n}{P_{ист}} = \frac{U_n I_n}{\mathcal{E} I_n} = \frac{U_n}{\mathcal{E}}.$$

Графически КПД цепи можно определить как отношение площадей прямоугольников, соответствующих мощности нагрузки и мощности источника.

Простейшие электрические цепи содержат элементы цепи, соединенные последовательно или параллельно друг другу. Чаще же электрическая цепь составлена из участков того и другого типов. Оказывается, и в этих случаях несложно графически определить неизвестные величины.

Задача 2. К источнику с ЭДС $\mathcal{E} = 3$ В подключена нагрузка с сопротивлением $R_n = 20$ Ом (рис. 6). Напряжение на нагрузке, измеренное идеальным вольтметром, составило 2 В. Какова сила тока короткого замыкания источника?

Аналитическое решение. Сила тока короткого замыкания $I_{к.з}$ определится соотношением

$$I_{к.з} = \mathcal{E}/r_i, \quad (2.1)$$

где r_i — внутреннее сопротивление источника.

Так как источник и нагрузка соединены последовательно, сила тока в них одинакова и равна I_n . В соответствии с законом Ома для участка цепи имеем:

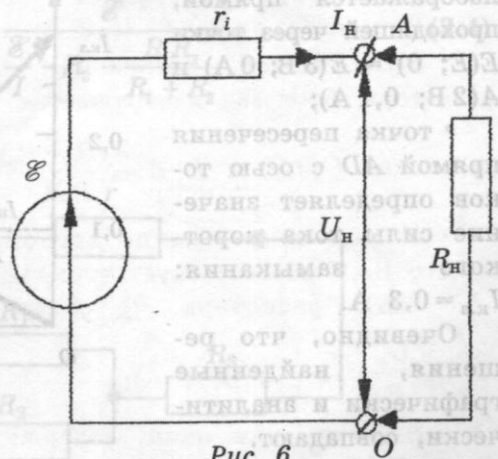


Рис. 6

$$I_n = \frac{U}{R_n}, \quad (2.2)$$

$$I_i = \frac{U_i}{r_i} = \frac{\mathcal{E} - U_n}{r_i}. \quad (2.3)$$

Решая совместно уравнения (2.2) и (2.3) с учетом равенства $I_n = I_i$, определим внутреннее сопротивление источника:

$$r_i = \frac{(\mathcal{E} - U)R}{U}. \quad (2.4)$$

Подставляя (2.4) в (2.1), найдем:

$$I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}U}{(\mathcal{E} - U)R}. \quad (2.5)$$

По формуле (2.5) вычислим $I_{к.з} = 0,3 \text{ А}$.

Графическое решение этой задачи представлено на рисунке 7 и выполнено согласно следующему алгоритму:

- ВАХ нагрузки проходит через точки $O(0 \text{ В}; 0 \text{ А})$ и

$$A\left(U_n; \frac{U_n}{R_n}\right) = A(2 \text{ В}; 0,1 \text{ А});$$

- ВАХ источника изображается прямой, проходящей через точки $E(E; 0) = E(3 \text{ В}; 0 \text{ А})$ и $A(2 \text{ В}; 0,1 \text{ А})$;

- точка пересечения прямой AD с осью токов определяет значение силы тока короткого замыкания: $I_{к.з} = 0,3 \text{ А}$.

Очевидно, что решения, найденные графически и аналитически, совпадают.

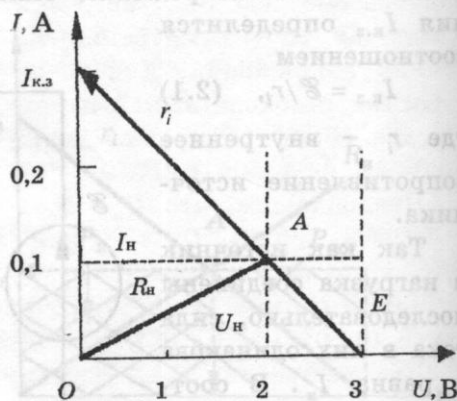


Рис. 7

Задача 3. Электрическая цепь, схема которой представлена на рисунке 8, задана следующими параметрами: $\mathcal{E} = 10$ В, $I = 1$ А, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Найдите силу тока короткого замыкания.

Аналитическое решение. Электрическая цепь содержит участки с последовательным и параллельным соединением элементов. Воспользовавшись соответствующими правилами расчета сопротивлений, определим эквивалентное сопротивление цепи:

$$R = r + R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (3.1)$$

Из закона Ома для полной цепи следует, что

$$R = \frac{\mathcal{E}}{I}. \quad (3.2)$$

Сопоставляя формулы (3.1) и (3.2), найдем внутреннее сопротивление источника:

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I} - R_3 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (3.3)$$

Теперь несложно найти силу тока короткого замыкания:

$$I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}}{r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{\mathcal{E}}{I} - R_3 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}. \quad (3.4)$$

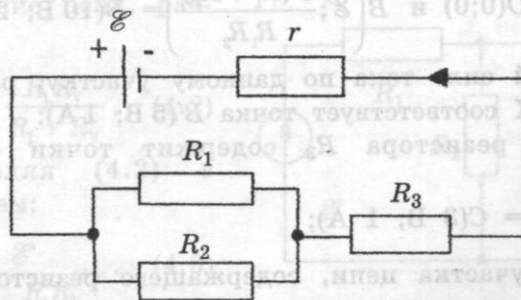


Рис. 8

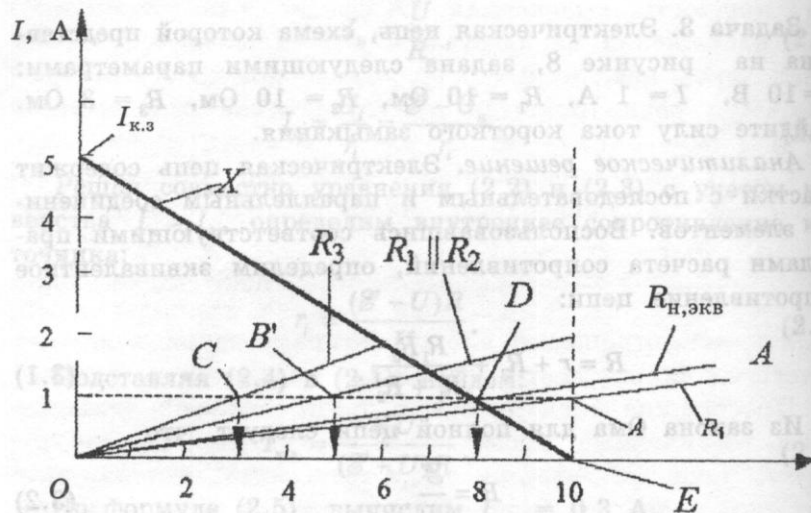


Рис. 9

В результате вычисления по формуле (3.4) найдем:
 $I_{к.з} = 5 \text{ А}$.

Графическое решение этой задачи (рис. 9) состоит из следующих этапов:

- ВАХ резисторов R_1 и R_2 совпадают, так как их сопротивления равны ($R_1 = R_2$), и проходят через точки $O(0; 0)$ и $A(\mathcal{E}; \mathcal{E}/R_1) = A(10 \text{ В}; 1 \text{ А})$;

- ВАХ участка, содержащего параллельно соединенные резисторы R_1 и R_2 , изображается прямой, проходящей че-

рез точки $O(0; 0)$ и $B\left(\mathcal{E}; \frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{R_1 R_2}\right) = B(10 \text{ В}; 2 \text{ А})$;

- полной силе тока по данному участку, равной 1 А, на его ВАХ соответствует точка $B'(5 \text{ В}; 1 \text{ А})$;

- ВАХ резистора R_3 содержит точки $O(0; 0)$ и

$C\left(U_n; \frac{U_n}{R_3}\right) = C(3 \text{ В}; 1 \text{ А})$;

- ВАХ участка цепи, содержащего резисторы R_1 , R_2 , R_3 и имеющего эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}} = 8 \text{ Ом}$,

проходит через точки $O(0; 0)$ и $D(U_B + U_C; I_B = I_C) = D(8 \text{ В}; 1 \text{ А});$

- ВАХ источника проходит через точки $E(\mathcal{E}; 0) = E(10 \text{ В}; 0 \text{ А})$ и $D(8 \text{ В}; 1 \text{ А});$

- точка $I_{к.з}$ пересечения ВАХ источника с осью токов имеет координаты $(0 \text{ В}; 5 \text{ А})$ и определяет силу тока короткого замыкания: $I_{к.з} = 5 \text{ А}.$

Задача 4. К потенциометру сопротивлением $R = 4 \text{ кОм}$ приложено напряжение $U = 110 \text{ В}.$ Определите показание вольтметра с сопротивлением $R_V = R_n = 10 \text{ кОм},$ если подвижный контакт находится в среднем положении.

Аналитическое решение. Преобразуем исходную схему электрической цепи (рис. 10) к виду, представленному на рисунке 11, а затем – к эквивалентной схеме (рис. 12).

Так как значение внутреннего сопротивления источника не задано, будем считать его равным нулю. Поэтому $\mathcal{E} = U = 110 \text{ В}.$ Силу тока, текущего в неразветвленной части цепи (рис. 11), определим на основании закона Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{экв}}}, \quad (4.1)$$

где $R_{\text{экв}}$ – эквивалентное сопротивление цепи, равное

$$R_{\text{экв}} = R_1 + \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V}. \quad (4.2)$$

Подставляя (4.2) в (4.1), найдем:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V}}. \quad (4.3)$$

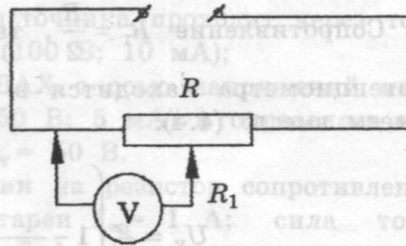


Рис. 10

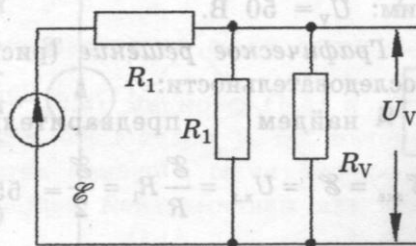


Рис. 11

Напряжение на вольтметре определится разностью ЭДС источника и падения напряжения в неразветвленной части цепи:

$$U_v = \mathcal{E} - IR = \mathcal{E} - \mathcal{E} R_1 / \left(R_1 + \frac{R_1 R_v}{R_1 + R_v} \right) =$$

$$= \mathcal{E} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{R_v}{R_1 + R_v}} \right). \quad (4.4)$$

Сопротивление $R_1 = \frac{R}{2}$, так как подвижный контакт потенциометра находится в среднем положении. Тогда имеем вместо (4.4):

$$U_v = \mathcal{E} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{R_v}{R/2 + R_v}} \right). \quad (4.5)$$

Подставляя в формулу (4.5) исходные данные, вычислим: $U_v = 50$ В.

Графическое решение (рис. 13) выполняется в такой последовательности:

- найдем предварительно ЭДС источника

$$\mathcal{E}_{\text{экв}} = \mathcal{E}' = U_{\text{х.х}} = \frac{\mathcal{E}}{R} R_1 = \frac{\mathcal{E}}{2} = 55 \text{ В}$$

и силу тока короткого замыкания $I_{\text{к.з}} = \frac{\mathcal{E}}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R/2}; I_{\text{к.з}} = \frac{110 \text{ В}}{2000 \text{ Ом}} = 55 \text{ мА};$

$$r' = \frac{R_1}{2} = \frac{R}{4}$$

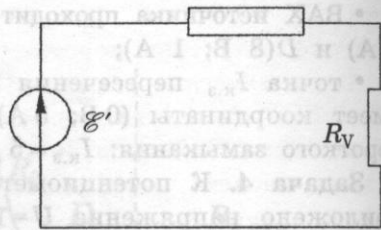


Рис. 12

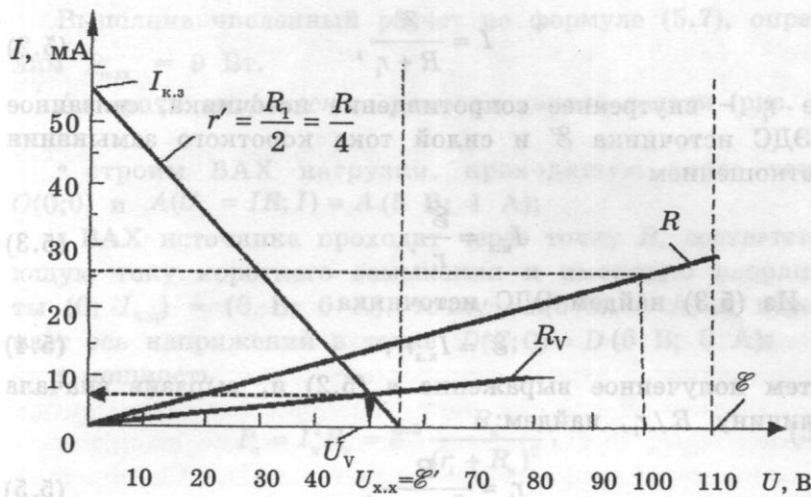


Рис. 13

- ВАХ эквивалентного источника проходит через точки $O(0;0)$ и $A(U;U/R_V)=A(100\text{ В}; 10\text{ мА})$;
- точка C пересечения ВАХ с осью напряжений имеет координаты $(U_V; I_V) = (50\text{ В}; 5\text{ мА})$ и определяет напряжение на вольтметре: $U_V = 50\text{ В}$.

Задача 5. При замыкании на резистор сопротивлением $R=5\text{ Ом}$ сила тока батареи $I=1\text{ А}$; сила тока короткого замыкания $I_{к.з}=6\text{ А}$. Определите максимальную полезную мощность этой батареи.

Аналитическое решение.
Схема электрической цепи представлена на рисунке 14.

Полезная мощность определится произведением силы тока в цепи и напряжения на источнике:

$$P = IU. \quad (5.1)$$

Сила тока в цепи в соответствии с законом Ома равна:

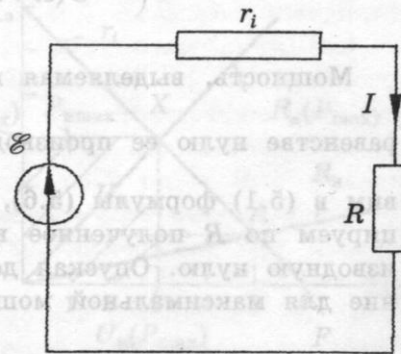


Рис. 14

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r_i}, \quad (5.2)$$

где r_i — внутреннее сопротивление источника, связанное с ЭДС источника \mathcal{E} и силой тока короткого замыкания соотношением

$$I_{\text{к.з}} = \frac{\mathcal{E}}{r_i}. \quad (5.3)$$

Из (5.3) найдем ЭДС источника

$$\mathcal{E} = I_{\text{к.з}} r_i, \quad (5.4)$$

учтем полученное выражение в (5.2) и, выразив сначала величину R/r_i , найдем:

$$r_i = \frac{R}{\frac{I_{\text{к.з}}}{I} - 1}. \quad (5.5)$$

Падение напряжения во внешней цепи определим, вычитая из ЭДС источника падение напряжения на нем:

$$U = \mathcal{E} - I r_i = \mathcal{E} - \frac{I R}{\frac{I_{\text{к.з}}}{I} - 1} = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E} R}{\frac{\mathcal{E}(R + r_i)}{r_i \mathcal{E}} - 1} = \mathcal{E} \left(1 - \frac{\mathcal{E} r_i}{\mathcal{E}(R + r_i) - \mathcal{E} r_i} \right) = \mathcal{E} \frac{R - r_i}{R + r_i}. \quad (5.6)$$

Мощность, выделяемая на нагрузке, максимальна при равенстве нулю ее производной по R : $\frac{dP}{dR} = 0$. Подставим в (5.1) формулы (5.6), (5.4) и (5.5), продифференцируем по R полученное выражение и приравняем производную нулю. Опуская детали, запишем сразу выражение для максимальной мощности:

$$P_{\text{max}} = \frac{I_{\text{к.з}}^2 r_i}{4}. \quad (5.7)$$

Выполнив численный расчет по формуле (5.7), определим $P_{\max} = 9$ Вт.

Алгоритм графического решения данной задачи (рис. 15) таков:

- строим ВАХ нагрузки, проходящую через точки $O(0;0)$ и $A(U_n = IR; I) = A(5 \text{ В}; 1 \text{ А})$;

- ВАХ источника проходит через точку B , соответствующую току короткого замыкания и имеющую координаты $(0; I_{к.з}) = (0 \text{ В}; 6 \text{ А})$, точку $A(5 \text{ В}; 1 \text{ А})$ и пересекает ось напряжений в точке $D(E; 0) = D(6 \text{ В}; 0 \text{ А})$;

- мощность

$$P_n = I_n^2 R_n = \mathcal{E}^2 \frac{R_n}{(r_i + R_n)^2}, \quad (5.8)$$

выделяющаяся на нагрузке, максимальна при условии

$\frac{dP_n}{dR_n} = 0$. Дифференцируя (5.8), покажем, что мощность

максимальна при $R_n = r_i$;

- теперь строим ВАХ нагрузки при условии, соответствующем максимальной мощности; ВАХ проходит через точку $O(0; 0)$, а углы

наклона ВАХ нагрузки и ВАХ источника отличаются только знаком ($\angle XEO = -\angle XOE$);

- точка X пересечения ВАХ, построенной при условии максимизации мощности, с прямой, проходящей через точки A и D , имеет координаты $F(3 \text{ В}; 3 \text{ А})$;

- опуская из точки F перпендикуляры на оси напряжений и то-

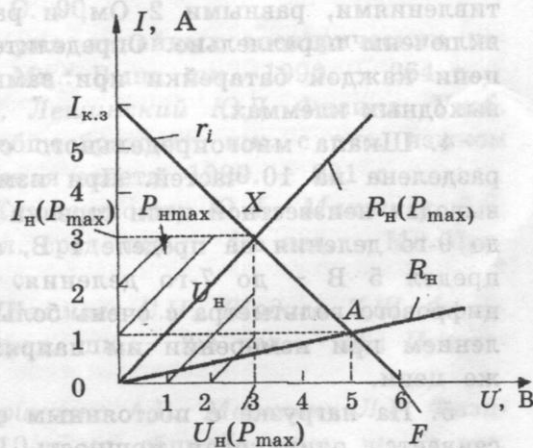


Рис. 15

ков, построим прямоугольник. Площадь этого прямоугольника равна искомой максимальной мощности: $P_{\max} = U_n I_n = 3 \text{ В} \cdot 3 \text{ А} = 9 \text{ Вт}$ (площадь заштрихована на рис. 15).

В заключение приведем условия задач для самостоятельного решения.

Задачи

1. При зарядке аккумулятора током силой $I_3 = 5 \text{ А}$ напряжение на его клеммах составляет $U_3 = 13,7 \text{ В}$. При подключении к заряженному аккумулятору нагрузки сопротивлением $R_n = 1 \text{ Ом}$ напряжение на его клеммах составляет $U_n = 12 \text{ В}$. Определите напряжение на клеммах заряженного аккумулятора без нагрузки $U_{x,x}$ (напряжение холостого хода) и максимальный ток, который может протекать в цепи аккумулятора $I_{к.з}$ (ток короткого замыкания).

2. При протекании тока силой $I_2 = 4 \text{ А}$ во внешней цепи батарея аккумуляторов отдает мощность $P_1 = 18 \text{ Вт}$, при протекании тока силой $I_2 = 2 \text{ А}$ — мощность $P_2 = 10 \text{ Вт}$. Определите ЭДС батареи.

3. Две батарейки с одинаковыми внутренними сопротивлениями, равными 2 Ом , и разными ЭДС (2 и 4 В) включены параллельно. Определите напряжения и токи в цепи каждой батарейки при замкнутых и разомкнутых выходных клеммах.

4. Шкала многопредельного стрелочного вольтметра разделена на 10 частей. При измерении напряжения на выводах неизвестной цепи стрелка вольтметра отклонилась до 9 -го деления на пределе 1 В , а при переключении на предел 5 В — до 7 -го деления. Определите показания цифрового вольтметра с очень большим входным сопротивлением при измерении им напряжения на выводах той же цепи.

5. На нагрузке с постоянным сопротивлением R_n рассеивается одинаковая мощность P_1 при подключении к ней: а) двух идентичных последовательно соединенных

гальванических элементов; б) двух таких же элементов, соединенных параллельно. Определите мощность P_2 , рассеиваемую на той же нагрузке при подключении к ней лишь одного из гальванических элементов.

6. Элемент с ЭДС $\mathcal{E} = 6$ В дает максимальный ток силой $I_T = 3$ А. Определите наибольшую мощность, которая может быть выделена источником на внешнем сопротивлении.

7. На каждом из резисторов сопротивлением R , подключаемом к входу мощного источника питания, выделяется мощность $P = 500$ Вт. Найдите мощность, выделяемую на каждом из двух последовательно соединенных резисторов, подключенных к тому же источнику.

8. Электрическая плитка содержит три спирали сопротивлением 120 Ом каждая, соединенные параллельно, и включается в электрическую сеть последовательно через мощный резистор сопротивлением 50 Ом. Определите, как изменится время, необходимое для нагревания чайника с водой до кипения при перегорании одной из спиралей, по сравнению с временем, необходимым для этого при исправной плитке.

1. Физический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1984. – С. 90.

2. Яцкевич В.В. Теория линейных электрических цепей: Справ. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 264 с.

3. Исаченкова Л.А., Лещинский Ю.Д. Физика: Учеб. пособие для 8-го кл. общеобразоват. шк. с рус. языком обучения. – Мн.: Народная асвета, 1999. – 231 с.

4. Буховцев Б.Б., Климонтович Ю.Л., Мякишев Г.Я. Физика: Учеб. для 9 кл. сред. шк. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 1988. – 271 с.

5. Шахмаев Н.М., Шахмаев С.Н., Шодиев Д.Ш. Физика: Учеб. для 10 кл. сред. шк. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1992. – 240 с.

6. Жилко В.В., Лавриненко А.В., Маркович Л.Г. Физика: Учеб. пособие для 10-го кл. общеобразоват. шк. с рус. языком обучения. – Мн.: Народная асвета, 2001. – 319 с.

7. Физика: Учеб. для 10 кл. шк. и кл. с углубл. изуч. физики / А.Т.Глазунов, О.Ф.Кабардин, А.Н.Малинин и др.; Под ред. А.А.Пинского. – 5-е изд. – М.: Просвещение, 2000. – 415 с.

8. Бендриков Г.А., Буховцев Б.Б., Керженцев В.В., Мякишев Г.Я. Физика. Сборник задач (с решениями). – 10-е изд. – М.: Издательский Дом ОНИКС: Новая волна: Альянс-В, 1999. – 416 с.

17. Гельфгат И.М., Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями. – 3-е изд., перераб. – Москва–Харьков: ИЛЕКСА, ГИМНАЗИЯ, 1997. – 252 с.

18. Парфентьева Н., Фомина М. Решение задач по физике. Ч. 2: В помощь поступающим в вузы. – М.: Мир, 1993. – 208 с.

Задача Рене Декарта

А.М.Кивако

В программе по физике для X класса имеется тема «Оптические явления в атмосфере». Для закрепления данной темы предлагаем решить интересную расчетную задачу с историческим содержанием, которую впервые разрешил Декарт в 1637 году: «Почему радуга видна в виде полукруглости с углом раствора около 42° ».

Основные черты радуги можно понять, изучая распространение света внутри одной изолированной капли воды. Хотя все солнечные лучи, падающие на каплю, параллельны друг другу, но они падают на сферическую поверхность, и поэтому углы падения для них лежат в пределах от 0 до 90° . Большая часть света вблизи центра капли либо проходит насквозь, либо отражается под углом почти 180° . А лучи, падающие вблизи вершины капли, отклоняются сильнее тех лучей, которые падают вблизи центра капли.



Да ведама аўтараў і падпісчыкаў!

Рэдакцыя прымае да разгляду матэрыялы на беларускай і рускай мовах аб'ёмам да 20 машынапісных старонак, у 2 экземплярах (першы і другі).

Артыкулы павінны быць надрукаваны на белай паперы праз 2 інтэрвалы на адным баку ліста фарматам А4 (тэксты, набраныя на камп'ютэры, — кеглем 12).

Фотаздымкі прымаюцца чорна-белыя. Малюнкі і графікі выконваюцца асобна на глянцавай паперы чорнай тушшу ў фармаце, які забяспечвае выразнасць перадачы ўсіх дэталей.

Неабходна ўказаць прозвішча, імя і імя па бацьку аўтара, месца яго працы, займаемую пасаду, вучоную ступень, вучонае званне, хатні адрас, тэлефоны, пашпартныя даныя (серыя, нумар, калі і кім выдадзены, адрас прапіскі). **Аўтарам, якія разам з матэрыялам не дасылаюць пашпартныя даныя, ганарар не будзе выплачвацца. Без гэтых даных матэрыялы прымацца не будуць.**

Паколькі наш часопіс не паступае ў рознічны гандаль, набыццё яго можна шляхам падпіскі. Дасылаючы матэрыял, зрабіце заяўку на патрэбную колькасць экзэмпляраў часопіса з Вашым артыкулам.

Кошт дасланных Вам часопісаў будзе ўтрыманы з ганарару.

Рэдакцыя не заўсёды падзяляе думкі аўтараў. Апошнія нясуць адказнасць за ўсю інфармацыю, якая ўтрымліваецца ў артыкуле, у адпаведнасці з Законам аб друку Рэспублікі Беларусь.

Рукапісы аўтарам не вяртаюцца.

Рэдактар	А.У. Палянская
Камп'ютэрны набор	А.П. Другавец
Вёрстка	Н.В. Сакалова
Карэктар	Л.В. Суцягіна

Падпісана ў друк 9.04.2003. Фармат 60×84¹/₁₆. Папера афсетная. Друк афсетны. Ум. друк. арк. 7,4. Ул.-выд. арк. 7,2. Тыраж 2782. Заказ № 92. Цана свабодная.

Адрас рэдакцыі часопіса "Фізіка: праблемы выкладання":
220040, г. Мінск, вул. Някрасава, д. 20. АПА.

Надрукавана ў друкарні Выдавецкага цэнтра Нацыянальнага інстытута адукацыі Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь.
Ліцэнзія ЛП №514 ад 24.10.2002. 220088, г. Мінск, вул. Захарава, 59.