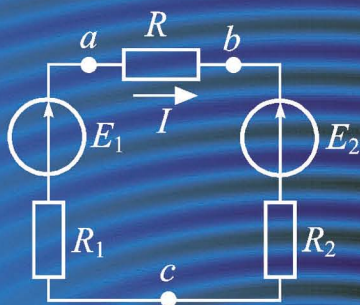


# СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ



# СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ

Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по инженерно-техническим специальностям

Под общей редакцией Ю.В. Бладыко

2-е издание, исправленное



Минск  
«Вышэйшая школа»

УДК [621.3+621.38](076.1)(075.8)  
ББК 312я73  
С23

Авторы: Ю.В. Бладыко, Т.Т. Розум, Ю.А. Куварзин, С.В. Домников,  
Г.В. Згаевская

Рецензенты: кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники Белорусского государственного технологического университета; заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого кандидат технических наук, доцент *А.В. Козлов*

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

**Сборник** задач по электротехнике и электронике : учеб.  
С23 пособие / Ю. В. Бладыко [и др.] ; под общ. ред. Ю.В. Бладыко. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2013. – 478 с. : ил.  
ISBN 978-985-06-2287-7.

В сборник включены задачи по цепям постоянного тока, однофазным электрическим цепям переменного тока, трехфазным цепям, переходным процессам, магнитным цепям, трансформаторам, электрическим машинам, электрическим измерениям и электронике. Приведены типовые задачи с решениями, контрольные задачи для самостоятельного решения или для решения на практических занятиях, многовариантные тесты для компьютерного либо аудиторного контроля знаний.

Первое издание вышло в 2012 г.

Для студентов учреждений высшего образования по инженерно-техническим специальностям.

УДК [621.3+621.38](076.1)(075.8)  
ББК 312я73

ISBN 978-985-06-2287-7

© Оформление УП «Издательство  
"Вышэйшая школа"», 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Электротехническая подготовка инженеров неэлектротехнических специальностей предусматривает достаточно подробное изучение практического использования различных электроустановок. Инженер любой специальности должен знать конструкции, принципы действия, свойства, области применения, возможности основных электротехнических, электронных устройств и измерительных приборов, уметь их рассчитывать, определять параметры и характеристики. В результате освоения курса электротехники и электроники студент обязан знать электротехнические законы, методы анализа электрических, магнитных и электронных цепей.

Данный сборник задач предназначен в качестве учебного пособия для студентов инженерно-технических специальностей по курсам «Электротехника», «Электротехника и электроника», «Электротехника и промышленная электроника», «Электротехника, электрические машины и аппараты». Материал пособия соответствует учебным программам этих дисциплин и может быть использован также при подготовке по электротехнике и электронике в других курсах.

Размещение задач соответствует последовательности изложения материала курса, которая принята кафедрой «Электротехника и электроника» Белорусского национального технического университета. Однако материал отдельных глав достаточно независим, и порядок его использования может быть иным. В каждой главе даны типовые задачи с решениями, контрольные задачи, рекомендуемые для самостоятельного решения или для решения на практических занятиях. В конце книги приведены многовариантные тесты для компьютерного либо аудиторного контроля знаний.

Авторы стремились к тому, чтобы каждая новая типовая задача была снабжена подробным решением и пояснениями. Это облегчает самостоятельную работу студентов над последующими аналогичными задачами. Поэтому предлагаемый сборник задач может быть полезен студентам-заочникам и студентам дистанционной формы обучения.

В сборник включены задачи по линейным и нелинейным цепям постоянного тока, однофазным линейным электрическим цепям синусоидального тока, трехфазным цепям, переходным процессам и несинусоидальным токам в линейных электрических цепях, магнитному полю, магнитным цепям с постоянными и переменными

магнитодвижущими силами, трансформаторам, электрическим машинам постоянного и переменного тока, электрическим измерениям и электронике. Рассматриваются полупроводниковые диоды и выпрямители, транзисторы и усилительные каскады, операционные усилители, импульсные и цифровые устройства.

Используемая в пособии терминология соответствует рекомендациям ГОСТ 19880–74 «Электротехника. Основные понятия. Термины и определения».

Обозначение единиц физических величин соответствует ТР 2007/003/ВУ «Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь».

Книга базируется на коллективном опыте работы преподавателей кафедры «Электротехника и электроника» Белорусского национального технического университета. При подготовке данного учебного пособия большую помощь авторам оказали старшие преподаватели А.В. Куцыло, Г.А. Михальцевич, доценты В.И. Можар, А.А. Мазуренко, Р.Р. Мороз, инженер-электроник первой категории Т.А. Мархель, а также и И.Н. Михневич.

Авторы выражают благодарность рецензентам – коллективу кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники Белорусского государственного технологического университета (и особо кандидатам технических наук, доцентам Д.С. Карповичу и В.И. Горошко) и заведующему кафедрой «Теоретические основы электротехники» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого кандидату технических наук, доценту А.В. Козлову – за ценные советы и замечания, способствовавшие улучшению пособия.

Все отзывы и предложения просьба направлять по адресу: издательство «Вышэйшая школа», пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

*Авторы*

# 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## Задачи с решениями

**Задача 1.1.** При прохождении тока  $I = 10$  А через источник ЭДС в одном направлении напряжение между его зажимами  $U_1 = 110$  В, а при том же токе, проходящем в обратном направлении, напряжение  $U_2 = 130$  В (рис. 1.1). Определить ЭДС, внутреннее сопротивление источника и мощность, отдаваемую им во внешнюю цепь или получаемую из нее.

**Решение.** Напряжение между зажимами источника связано с его ЭДС  $E$ , силой тока  $I^*$  и внутренним сопротивлением  $R_0$  следующей зависимостью:

$$U = E \pm R_0 I,$$

где минус соответствует совпадению направлений ЭДС и тока, а плюс – их встречному направлению.

Таким образом, для двух заданных режимов источника ЭДС можно составить систему двух уравнений:

$$\begin{cases} U_1 = E - R_0 I; \\ U_2 = E + R_0 I. \end{cases}$$

Решив эту систему уравнений, получим:  $E = 120$  В,  $R_0 = 1$  Ом.

На рис. 1.1, *а* направления ЭДС и тока одинаковы. Это означает, что данный источник ЭДС работает в режиме генератора, т.е. он отдает во внешнюю цепь мощность

$$P_1 = U_1 I = 110 \cdot 10 = 1100 \text{ Вт.}$$

При встречном направлении ЭДС и тока (рис. 1.1, *б*) источник ЭДС работает в режиме приемника энергии, потребляя из внешней цепи мощность

$$P_2 = U_2 I = EI + R_0 I^2 = 1200 + 100 = 1300 \text{ Вт,}$$

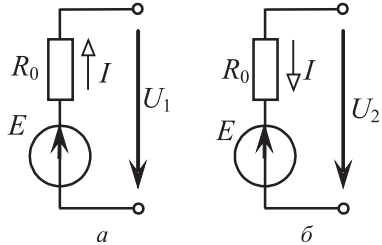


Рис. 1.1

\* В дальнейшем вместо термина «сила тока» используется термин «ток» (ГОСТ 19880).

где  $EI$  – электрическая мощность, преобразуемая в мощность других видов, например накапливаемую в виде химической энергии аккумулятора;  $R_0 I^2$  – электрическая мощность, выделяемая в виде теплоты во внутреннем сопротивлении источника ЭДС.

**Задача 1.2.** Два источника ЭДС включены по схеме, приведенной на рис. 1.2, а, ЭДС  $E_1 = 80$  В,  $E_2 = 40$  В, внутренние сопротивления источников  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 1$  Ом, внешнее сопротивление  $R = 7$  Ом. 1. Определить: режимы работы источников ЭДС; напряжения  $U_{ac}$ ,  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$ . 2. Построить потенциальную диаграмму  $\varphi(R)$  вдоль контура цепи. 3. Записать и проверить уравнение баланса мощностей.

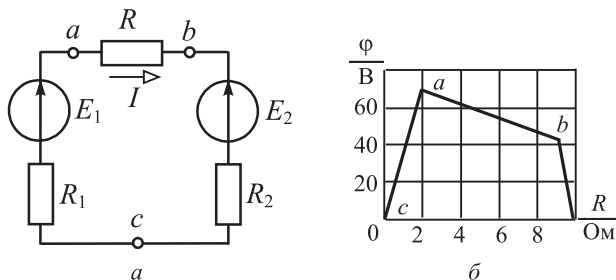


Рис. 1.2

Решение. 1. На основании закона Ома для неразветвленной цепи ток

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R_0 + \Sigma R} = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R} = \frac{80 - 40}{2 + 1 + 7} = 4 \text{ А.}$$

Ток  $I$  направлен одинаково с ЭДС  $E_1$  и противоположен ЭДС  $E_2$ . Следовательно, источник ЭДС  $E_1$  работает в режиме генератора, а источник ЭДС  $E_2$  – в режиме потребителя.

Напряжение на зажимах источника ЭДС  $E_1$  (генератора)

$$U_{ac} = E_1 - R_1 I = 80 - 2 \cdot 4 = 72 \text{ В,}$$

на зажимах источника ЭДС  $E_2$

$$U_{bc} = E_2 + R_2 I = 40 + 1 \cdot 4 = 44 \text{ В}$$

или

$$U_{bc} = E_1 - R_1 I - RI = 44 \text{ В.}$$

На внешнем сопротивлении  $U_{ab} = RI = 7 \cdot 4 = 28$  В.

2. Принимаем потенциал точки  $c$   $\varphi_c = 0$ . Тогда:

$$\varphi_a = \varphi_c - R_1 I + E_1 = 0 - 2 \cdot 4 + 80 = 72 \text{ В};$$

$$\varphi_b = \varphi_a - RI = 72 - 7 \cdot 4 = 44 \text{ В}$$

или

$$\varphi_b = \varphi_c + R_2 I + E_2 = 0 + 1 \cdot 4 + 40 = 44 \text{ В}.$$

Потенциальная диаграмма, построенная по полученным данным, изображена на рис. 1.2, б.

3. Уравнение баланса мощности имеет вид

$$\Sigma P_{\text{и}} = \Sigma P_{\text{п}},$$

где  $\Sigma P_{\text{и}}$  – суммарная мощность, развиваемая источниками энергии;  
 $\Sigma P_{\text{п}}$  – суммарная мощность, расходуемая в цепи.

В данной задаче

$$\Sigma P_{\text{и}} = E_1 I = 80 \cdot 4 = 320 \text{ Вт};$$

$$\Sigma P_{\text{п}} = R_1 I^2 + R_2 I^2 + RI^2 + E_2 I = 2 \cdot 16 + 1 \cdot 16 + 7 \cdot 16 + 40 \cdot 4 = 320 \text{ Вт}.$$

Мощность  $R_1 I^2 + R_2 I^2 + RI^2 = 160$  Вт преобразуется в тепловую в сопротивлениях  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R$ , мощность  $E_2 I = 160$  Вт преобразуется в мощность другого вида, например в химическую энергию при зарядке аккумулятора.

**Задача 1.3.** В цепи, приведенной на рис. 1.3,  $E_1 = 10$  В,  $E_2 = 6$  В,  $E_3 = 4$  В,  $U_{ab} = 12$  В,  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 5$  Ом,  $R_3 = 1$  Ом. Определить электрический ток в цепи.

Решение. Произвольно обозначаем на схеме условное положительное направление тока.

Обходя контур схемы, например по ходу часовой стрелки, записываем уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$E_1 - E_2 + E_3 = R_1 I + R_2 I + R_3 I - U_{ab},$$

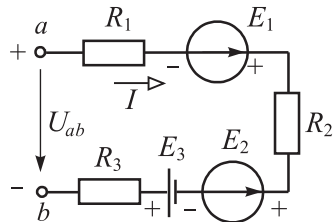


Рис. 1.3



откуда

$$I = \frac{E_1 - E_2 + E_3 + U_{ab}}{R_1 + R_2 + R_3} = 2 \text{ А.}$$

**Задача 1.4.** Напряжение холостого хода источника энергии  $U_x = 100 \text{ В}$ , ток короткого замыкания  $I_k = 200 \text{ А}$ , сопротивление внешней цепи  $R = 19,5 \text{ Ом}$ . 1. Определить параметры схемы замещения эквивалентного источника ЭДС и эквивалентного источника тока. 2. На основании схем замещения рассчитать ток и напряжение внешней цепи. 3. Составить уравнения баланса мощности для обеих схем.

Решение. 1. Электродвижущая сила эквивалентного источника ЭДС равна напряжению холостого хода, т.е.

$$E = U_x = 100 \text{ В.}$$

Сопротивление, включенное последовательно с источником ЭДС схемы замещения,

$$R_0 = E / I_k = 100 / 200 = 0,5 \text{ Ом.}$$

Схема замещения источника энергии эквивалентным источником ЭДС дана на рис. 1.4, а.

Ток эквивалентного источника тока равен току короткого замыкания  $I_k = 200 \text{ А}$ . Сопротивление, параллельное источнику тока схемы замещения,  $R_0 = 0,5 \text{ Ом}$ .

Схема замещения источника энергии эквивалентным источником тока приведена на рис. 1.4, б.

2. Ток и напряжение внешней цепи находим на основании схемы, приведенной на рис. 1.4, а:

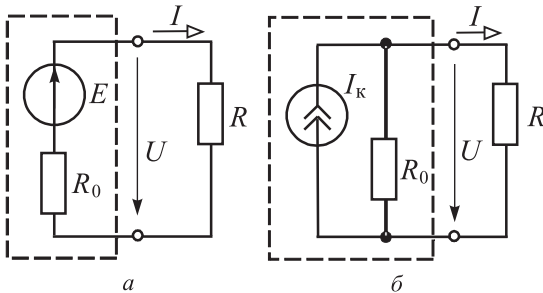


Рис. 1.4

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{100}{0,5 + 19,5} = 5 \text{ A};$$

$$U = E - R_0 I = 100 - 5 \cdot 0,5 = 97,5 \text{ В.}$$

На основании схемы, приведенной на рис. 1.4, б,

$$U = I_{\text{к}} \frac{R_0 R}{R_0 + R} = 200 \cdot \frac{0,5 \cdot 19,5}{0,5 + 19,5} = 97,5 \text{ В};$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{97,5}{19,5} = 5 \text{ А.}$$

3. Схемы замещения источника энергии, приведенные на рис. 1.4, а, б, эквивалентны по токораспределению и напряжениям, создаваемым во внешней цепи, и не эквивалентны по потерям мощности в источниках. Уравнения баланса мощности источника ЭДС:

$$EI = R_0 I^2 + UI; \quad 500 \text{ Вт} = 12,5 + 487,5 \text{ Вт};$$

источника тока:

$$UI_{\text{к}} = U^2/R_0 + UI; \quad 19\,500 \text{ Вт} = 19\,012,5 + 487,5 \text{ Вт.}$$

**Задача 1.5.** ЭДС источника схемы (рис. 1.5, а)  $E = 100 \text{ В}$ . Сопротивление внешней цепи  $R$  изменяется от бесконечности до нуля. Построить зависимость  $U(I)$  при двух значениях внутреннего сопротивления источника:  $R_0 = 1 \text{ Ом}$  и  $R_0 = 2 \text{ Ом}$ .

**Решение.** Напряжение на зажимах источника  $U = E - R_0 I$  является линейной функцией тока. Для построения зависимости  $U(I)$  рассчитываем два режима.

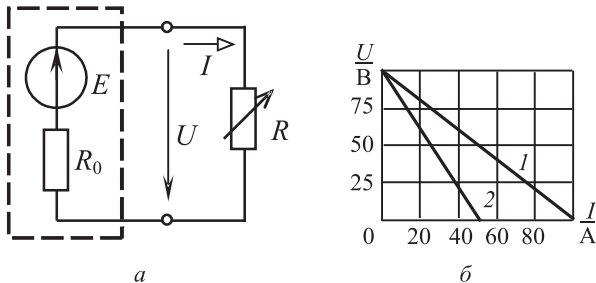


Рис. 1.5

Если  $R = \infty$  (холостой ход), то

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = 0 \text{ и } U = E = 100 \text{ В}$$

(независимо от величины  $R_0$ ).

Если  $R = 0$  (короткое замыкание), то

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{E}{R_0} = I_K; U = 0.$$

При  $R_0 = 1 \text{ Ом}$

$$I_{K1} = 100/1 = 100 \text{ А.}$$

При  $R_0 = 2 \text{ Ом}$

$$I_{K2} = 100/2 = 50 \text{ А.}$$

Зависимость  $U(I)$  для  $R_0 = 1 \text{ Ом}$  представлена на рис. 1.5, б прямой 1, для  $R_0 = 2 \text{ Ом}$  – прямой 2.

**Задача 1.6.** Сопротивление обмотки электрического двигателя, выполненной из медного провода, в холодном состоянии (температура окружающей среды  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $R_1 = 0,16 \text{ Ом}$ ; в нагретом состоянии (после длительного рабочего режима)  $R_2 = 0,2 \text{ Ом}$ . Определить рабочую температуру обмотки двигателя  $t_2$ .

Решение. Температурная зависимость сопротивления проводов определяется соотношением

$$R_2 = R_1(1 + \alpha(t_2 - t_1)),$$

где  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления; для меди  $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

Находим рабочую температуру обмотки двигателя:

$$t_2 = t_1 + \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} = 20 + \frac{0,2 - 0,16}{0,004 \cdot 0,16} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

**Задача 1.7.** Рассчитать площадь сечения и длину нихромового провода, а также плотность тока в нем для нагревателя мощностью 500 Вт при напряжении сети 220 В. Принять температуру окружающей среды равной  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , рабочую температуру нихрома  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи  $k = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/(мм}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$ , удельное сопротивление нихрома в нагретом состоянии  $\rho = 1,25 \text{ мкОм} \cdot \text{ м}$ .

Решение. По заданной мощности и напряжению сети определяем ток нагревателя и его сопротивление:

$$I = \frac{P}{U} = 2,28 \text{ А}; \quad R = \frac{U}{I} = 96,5 \text{ Ом.}$$

При установившемся режиме количество рассеиваемой ежесекундно теплоты  $kS_{\text{пр}}\theta$  равно количеству теплоты  $RI^2$ , выделяемой током. Уравнение теплового равновесия имеет вид

$$RI^2 = kS_{\text{пр}}\theta,$$

где  $k$  – коэффициент теплоотдачи, равный количеству теплоты, отдаваемой в окружающую среду с единицы площади поверхности провода в 1 с при разности температур провода и окружающей среды в  $1^\circ\text{C}$ , Вт/(мм<sup>2</sup> · °C);  $S_{\text{пр}} = \pi dl \cdot 10^3$  – площадь поверхности охлаждения провода, мм<sup>2</sup>, приближенно равная боковой поверхности цилиндрического провода;  $\theta$  – разность температур нагрева нихрома и окружающей среды.

После подстановки в уравнение теплового равновесия  $P = \rho l/S$  и  $S = \pi d^2/4$  определяем требуемый по условиям нагрева диаметр провода:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4I^2\rho}{\pi^2 k\theta \cdot 10^3}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2,28^2 \cdot 1,25}{3,14^2 \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 380 \cdot 10^3}} = 0,45 \text{ мм.}$$

Этому диаметру соответствуют площадь сечения  $S = 0,16 \text{ мм}^2$  и плотность тока  $J = I/S = 14,3 \text{ А/мм}^2$ .

Длина нихромового провода

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{96,5 \cdot 0,16}{1,25} = 12,4 \text{ м.}$$

**Задача 1.8.** К источнику напряжением 220 В последовательно подключены две лампы накаливания с номинальным напряжением  $U_{\text{ном}} = 110 \text{ В}$  и номинальной мощностью  $P_{1\text{ ном}} = 60 \text{ Вт}$ ,  $P_{2\text{ ном}} = 200 \text{ Вт}$ . Определить напряжение и мощность каждой лампы, считая их сопротивления постоянными.

Решение. Для определения напряжения на зажимах каждой лампы находим их сопротивления по номинальным данным:

$$R_1 = \frac{U_{\text{ном}}^2}{P_{1\text{ ном}}} = \frac{110^2}{60} = 202 \text{ Ом}; \quad R_2 = \frac{U_{\text{ном}}^2}{P_{2\text{ ном}}} = \frac{110^2}{200} = 60,5 \text{ Ом.}$$

Тогда ток цепи

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{220}{202 + 60,5} = 0,84 \text{ A},$$

а напряжения на зажимах ламп соответственно равны:

$$U_1 = R_1 I = 169,2 \text{ В}; \quad U_2 = R_2 I = 50,8 \text{ В}.$$

Как видим, последовательное соединение приемников различной мощности в данном случае недопустимо, так как один из них находится под повышенным напряжением, другой – под пониженным. Мощность каждого из них при этом отличается от номинальной:

$$P_1 = U_1 I = R_1 I^2 = 142 \text{ Вт}; \quad P_2 = U_2 I = R_2 I^2 = 42,7 \text{ Вт}.$$

**Задача 1.9.** В цепи (рис. 1.6) с помощью ключей K1 и K2 изменяется режим резистора сопротивлением  $R_3$ . При разомкнутых ключах K1, K2 вольтметр показывает напряжение холостого хода  $U_x$  на зажимах  $cd$ . При замкнутых ключах амперметр показывает ток короткого замыкания  $I_k$ . Доказать, что при замкнутом ключе K1 и разомкнутом ключе K2 (рабочий режим) ток

$$I_3 = \frac{U_x}{R_3 + U_x / I_k}.$$

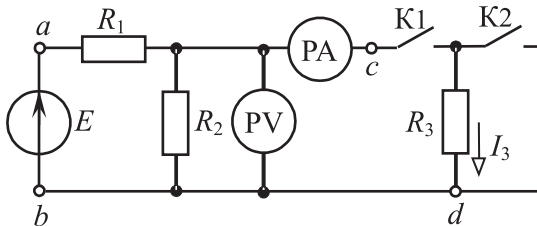


Рис. 1.6

**Решение.** По закону Ома при разомкнутых ключах K1, K2 напряжение холостого хода

$$U_x = R_2 I_x = R_2 \frac{E}{R_1 + R_2}.$$

При замкнутых ключах ток короткого замыкания  $I_k = E/R_1$ .  
 В рабочем режиме (ключ К1 замкнут, ключ К2 – разомкнут) ток резистора

$$I_3 = \frac{U_{cd}}{R_3} = \frac{R_{23}I}{R_3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \frac{I}{R_3} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}.$$

Учитывая записанные выражения для  $U_x, I_k$ , получаем:

$$I_3 = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} E}{R_3 + \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} \frac{R_1}{E}} = \frac{U_x}{R_3 + \frac{U_x}{I_k}}.$$

Последнее соотношение обычно приводится в виде

$$I_3 = \frac{U_x}{R_3 + R_{вх}},$$

где  $R_{вх} = U_x/I_k$  – входное сопротивление цепи относительно зажимов  $cd$  при короткозамкнутых источниках ЭДС и разомкнутой ветви с сопротивлением  $R_3$ . Значение  $R_{вх}$  определяется по данным опытов холостого хода и короткого замыкания или расчетом. Для заданной схемы

$$R_{вх} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

**Задача 1.10.** В цепи (рис. 1.7)  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 30$  Ом,  $R_3 = 20$  Ом,  $R_4 = 40$  Ом. Определить ЭДС  $E$ , при которой напряжение  $U_{ab} = 5$  В.

Решение. По второму закону Кирхгофа

$$0 = R_1 I_1 + U_{ab} - R_4 I_2,$$

тогда  $U_{ab} = R_4 I_2 - R_1 I_1$ .

Токи  $I_1$  и  $I_2$  в ветвях цепи выразим по закону Ома:

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2}; I_2 = \frac{E}{R_3 + R_4}.$$

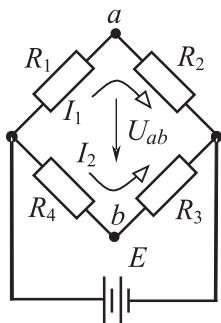


Рис. 1.7

Подставив полученные выражения в уравнение для напряжения  $U_{ab}$ , будем иметь:

$$U_{ab} = E \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right),$$

откуда

$$E = \frac{U_{ab}}{R_4/(R_3 + R_4) - R_1/(R_1 + R_2)} = 12 \text{ В.}$$

**Задача 1.11.** Для питания потребителя электроэнергии мощностью 20 кВт при напряжении 220 В используется двухжильный медный кабель длиной 100 м, проложенный открыто. Относительная допустимая потеря напряжения  $\Delta U\% = 5\%$ . Выбрать площадь сечения жилы кабеля.

**Решение.** По заданному значению потери напряжения находим площадь сечения:

$$S = \frac{200\rho l P}{U^2 \Delta U\%} = \frac{200 \cdot 0,017 \cdot 100 \cdot 20\,000}{220^2 \cdot 5} = 29 \text{ мм}^2.$$

Округляем это значение до ближайшего большего стандартного ( $35 \text{ мм}^2$ ). Проверяем сечение на нагрев: по условиям нагрева рабочий ток потребителя  $I_p = P/U = 91 \text{ А}$  должен быть меньше или равен длительно допустимому току ( $I_p \leq I_{\text{доп}}$ ). По таблице длительно допустимых токовых нагрузок на кабели с медными жилами, проложенные открыто, допустимый ток равен 150 А ( $91 \text{ А} < 150 \text{ А}$ ), значит, площадь сечения  $S = 35 \text{ мм}^2$  удовлетворяет условию нагрева.

**Задача 1.12.** Источник с ЭДС  $E = 230 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $R_0 = 0,2 \text{ Ом}$  соединен линией электропередачи сопротивлением  $R_{\text{л}} = 0,8 \text{ Ом}$  с нагрузкой, потребляющей мощность  $P_{\text{н}} = 2,2 \text{ кВт}$ . Определить КПД линии электропередачи.

**Решение.** Электрическая мощность источника ЭДС равна сумме мощности нагрузки  $P_{\text{н}}$  и мощности потерь  $R_0 I^2$  в источнике и в линии  $R_{\text{л}} I^2$ , выделяемых в них в виде теплоты,

$$EI = P_{\text{н}} + R_0 I^2 + R_{\text{л}} I^2$$

или

$$230I = 2200 + (0,2 + 0,8)I^2.$$

Решение квадратного уравнения дает два значения тока:  $I_1 = 10$  А и  $I_2 = 220$  А. Следовательно, заданный режим возможен при двух различных сопротивлениях нагрузки:

$$R_{н1} = \frac{P_{н}}{I_1^2} = \frac{2200}{10^2} = 22 \text{ Ом}; \quad R_{н2} = \frac{P_{н}}{I_2^2} = 0,0454 \text{ Ом}.$$

При этом КПД линии электропередачи неодинаков:

$$\eta_1 = \frac{P_{н}}{P_{н} + R_{л}I_1^2} = \frac{R_{н1}}{R_{н1} + R_{л}} = \frac{22}{22 + 0,8} = 0,965 ;$$

$$\eta_2 = \frac{P_{н}}{P_{н} + R_{л}I_2^2} = \frac{R_{н2}}{R_{н2} + R_{л}} = \frac{0,0454}{0,0454 + 0,8} = 0,0537.$$

В энергетическом отношении второй режим неприемлем.

**Задача 1.13.** Линия постоянного тока выполнена медными изолированными проводами, проложенными в трубах. Рабочий ток линии  $I_p = 85$  А. Напряжение источника  $U = 230$  В. Длина линии  $l = 50$  м. Допустимая потеря напряжения  $\Delta U\% = 5\%$ . Выбрать площадь сечения проводов.

Решение. Площадь сечения проводов линии по допустимой потере напряжения

$$S = \frac{200\rho l I_p}{U \Delta U\%} = \frac{200 \cdot 0,017 \cdot 50 \cdot 85}{230 \cdot 5} = 12,7 \text{ мм}^2.$$

Принимаем ближайшее стандартное  $S = 16 \text{ мм}^2$ . Выполним проверку принятого сечения по условию нагрева. Нагрев не превысит допустимого, если  $I_{\text{доп}} \geq I_p$ , где  $I_{\text{доп}}$  – длительно допустимый ток по таблице длительно допустимых нагрузок током. Из этой таблицы для медных проводов площадью сечения  $S = 16 \text{ мм}^2$ , проложенных в трубах,  $I_{\text{доп}} = 75$  А, что меньше  $I_p = 85$  А. Следовательно, по условию нагрева  $S = 16 \text{ мм}^2$  не подходит. По той же таблице выбираем ближайшую большую площадь сечения  $S = 25 \text{ мм}^2$ , для которой  $I_{\text{доп}} = 100$  А  $> I_p = 85$  А. Таким образом, в данном случае условие нагрева является определяющим. Проверка выбранного сечения на потерю напряжения не требуется, поскольку для  $S = 25 \text{ мм}^2$  эта потеря заведомо меньше допустимой.

**Задача 1.14.** Определить ток, проходящий через тело человека, который коснулся оголенного провода незаземленной двухпроводной ЛЭП постоянного тока (рис. 1.8, а), если:



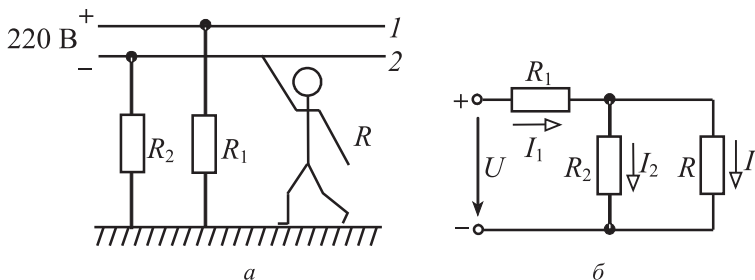


Рис. 1.8

- 1) сопротивления изоляции проводов относительно земли  $R_1 = R_2 = 100 \text{ кОм}$ ;
- 2) сопротивления изоляции снизились до значения  $R_1 = R_2 = 10 \text{ кОм}$ ;
- 3) произошло глухое замыкание провода 1 на землю, а  $R_2 = 100 \text{ кОм}$ .

Сопротивление  $R$  тела человека принять равным  $1 \text{ кОм}$ .

Решение. 1. Расчетная схема представляет собой смешанное соединение сопротивлений (рис. 1.8, б), и ток, проходящий через тело человека, определяется выражением

$$I = \frac{R_2}{R + R_2} I_1 = 2,16 \text{ мА},$$

где  $I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2 R / (R_2 + R)} = 2,18 \text{ мА}$ .

2. В случае ухудшения изоляции аналогично получаем:  $I = 20,2 \text{ мА}$ .

3. При глухом замыкании провода 1 на землю ( $R_1 = 0$ ) человек находится под напряжением  $U = 220 \text{ В}$ , тогда  $I = U/R = 220 \text{ мА}$ .

Пороговое значение неотпускающего постоянного тока составляет  $50 \text{ мА}$ .

**Задача 1.15.** Для контроля изоляции проводов двухпроводной незаземленной ЛЭП постоянного тока используется вольтметр с сопротивлением  $R_v = 50 \text{ кОм}$  (рис. 1.9). Результаты трех измерений:  $U = 220 \text{ В}$ ,  $U_1 = 60 \text{ В}$ ,  $U_2 = 40 \text{ В}$ . Определить сопротивление изоляции  $R_1$  и  $R_2$  каждого из проводов по отношению к земле.

Решение. По первому закону Кирхгофа (рис. 1.9)  $I_V + I_1 = I_2$

или

$$\frac{U_1}{R_V} + \frac{U_1}{R_1} = \frac{U - U_1}{R_2}. \quad (1)$$

Аналогичное уравнение получаем для режима, когда вольтметр подключен между вторым проводом и землей:

$$\frac{U_2}{R_V} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{U - U_2}{R_1}. \quad (2)$$

Совместное решение уравнений (1) и (2) дает:

$$R_1 = R_V \frac{U - U_1 - U_2}{U_2} = 150 \text{ кОм};$$

$$R_2 = R_V \frac{U - U_1 - U_2}{U_1} = 100 \text{ кОм}.$$

Эквивалентное сопротивление изоляции ЛЭП относительно земли

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 60 \text{ кОм}.$$

**Задача 1.16.** В цепи (рис. 1.10)  $U = 72 \text{ В}$ ,  $R_1 = R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 4 \text{ Ом}$ . Определить токи в ветвях при разомкнутом и замкнутом ключе К.

Решение. При разомкнутом ключе К общее сопротивление цепи

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_{ad} = \\ &= R_1 + \frac{(R_2 + R_3)(R_4 + R_5)}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = 9 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Определяем токи в ветвях:

$$I_1 = U/R = 72/9 = 8 \text{ А};$$

$$I_2 = I_3 = \frac{U_{ab}}{R_2 + R_3} = \frac{U - R_1 I_1}{R_2 + R_3} = 3,2 \text{ А};$$

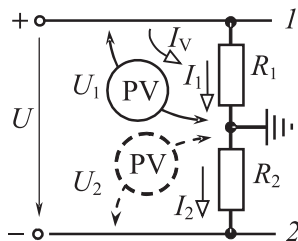


Рис. 1.9

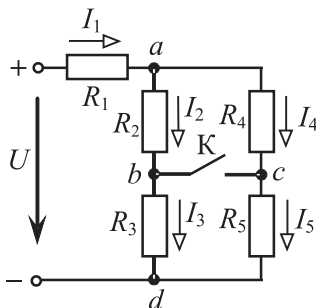


Рис. 1.10

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
<b>1. Электрические цепи постоянного тока .....</b>	<b>5</b>
Задачи с решениями .....	5
Контрольные задачи .....	40
Ответы к контрольным задачам .....	45
<b>2. Однофазные линейные электрические цепи синусоидального тока .....</b>	<b>46</b>
Задачи с решениями .....	46
Контрольные задачи .....	106
Ответы к контрольным задачам .....	113
<b>3. Трехфазные электрические цепи .....</b>	<b>114</b>
Задачи с решениями .....	114
Контрольные задачи .....	138
Ответы к контрольным задачам .....	142
<b>4. Переходные процессы в линейных электрических цепях .....</b>	<b>143</b>
Задачи с решениями .....	143
Контрольные задачи .....	155
Ответы к контрольным задачам .....	156
<b>5. Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях .....</b>	<b>157</b>
Задачи с решениями .....	157
Контрольные задачи .....	174
Ответы к контрольным задачам .....	176
<b>6. Магнитное поле и магнитные цепи с постоянными магнитодвижущими силами .....</b>	<b>177</b>
Задачи с решениями .....	177
Контрольные задачи .....	194
Ответы к контрольным задачам .....	196
<b>7. Магнитные цепи с переменной магнитодвижущей силой .....</b>	<b>197</b>
Задачи с решениями .....	197
Контрольные задачи .....	220
Ответы к контрольным задачам .....	221

<b>8. Трансформаторы</b> .....	222
Задачи с решениями .....	222
Контрольные задачи .....	235
Ответы к контрольным задачам .....	238
<b>9. Электрические измерения</b> .....	239
Задачи с решениями .....	239
Контрольные задачи .....	254
Ответы к контрольным задачам .....	256
<b>10. Асинхронные машины</b> .....	257
Задачи с решениями .....	257
Контрольные задачи .....	280
Ответы к контрольным задачам .....	281
<b>11. Синхронные машины</b> .....	282
Задачи с решениями .....	282
Контрольные задачи .....	304
Ответы к контрольным задачам .....	306
<b>12. Машины постоянного тока</b> .....	307
Задачи с решениями .....	307
Контрольные задачи .....	330
Ответы к контрольным задачам .....	332
<b>13. Полупроводниковые диоды и выпрямители</b> .....	333
Задачи с решениями .....	333
Контрольные задачи .....	341
Ответы к контрольным задачам .....	343
<b>14. Транзисторы и усилительные каскады</b> .....	344
Задачи с решениями .....	344
Контрольные задачи .....	356
Ответы к контрольным задачам .....	359
<b>15. Операционные усилители и их применение</b> .....	360
Задачи с решениями .....	360
Контрольные задачи .....	369
Ответы к контрольным задачам .....	371

<b>16. Импульсные и цифровые устройства</b> .....	372
Задачи с решениями .....	372
Контрольные задачи .....	380
Ответы к контрольным задачам .....	381
<b>Тесты для компьютерного или аудиторного контроля знаний</b> .....	382
Тест 1.1 .....	382
Тест 1.2 .....	386
Тест 1.3 .....	390
Тест 1.4 .....	394
Тест 2.1 .....	399
Тест 2.2 .....	404
Тест 2.3 .....	409
Тест 2.4 .....	413
Тест 3.1 .....	417
Тест 3.2 .....	422
Тест 4.1 .....	426
Тест 5.1 .....	431
Тест 6.1 .....	436
Тест 7.1 .....	440
Тест 8.1 .....	445
Тест 9.1 .....	449
Тест 10.1 .....	453
Тест 11.1 .....	457
Тест 12.1 .....	460
Тест 13.1 .....	465
Тест 14.1 .....	467
Тест 15.1 .....	470
Тест 16.1 .....	472
Рекомендуемая литература .....	475

Учебное издание

**Бладыко** Юрий Витальевич  
**Розум** Таисия Терентьевна  
**Куварзин** Юрий Алексеевич и др.

## **СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Учебное пособие

2-е издание, исправленное

Редактор *Е.В. Мальшева*  
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*  
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*  
Корректор *В.И. Аверкина*  
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 22.04.2013. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Petersburg!». Офсетная печать. Усл. печ. л. 27,9. Уч.-изд. л. 24,5.  
Тираж 1000 экз. Заказ 851.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».  
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.  
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».  
ЛП № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.