

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования –

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра теоретической и общей электротехники

Н.И.ДОБРОЖАНОВА, В.Н.ТРУБНИКОВА

**Применение законов Ома и Кирхгофа к
расчету линейных электрических цепей посто-
янного тока**

**ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ОСНОВАМ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования – «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2003

ББК 31.211я7
Д 56
УДК 621.3.011.7(076.5)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент Л.В.Быковская

Д 56 **Доброжанова Н.И., Трубникова В.Н.**
Применение законов Ома и Кирхгофа к расчету линейных
электрических цепей постоянного тока: Практикум по
ТОЭ. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. - 20 с.

Практикум предназначен для самостоятельной подготовки студентов по разделу «Цепи постоянного тока». Содержит теоретические сведения и примеры расчета цепей с использованием законов Ома и Кирхгофа, а также задачи для самостоятельного решения.

ББК 31.211я7

© Доброжанова Н.И., Трубникова В.Н., 2003
© ГОУ ОГУ, 2003

Введение

Физическое действие электрического тока проявляется в нагреве и механическом воздействии на токоведущие элементы электротехнического устройства. В конечном итоге это влияет на долговечность и надежность его работы. Перегрев токоведущих элементов устройства в первую очередь вызывает интенсивный износ изоляции, что, в конечном счете, приводит к короткому замыканию сопровождаемому, как правило, электрической дугой. Превышение механических усилий своего допустимого значения приводит к разрушению устройства, затем – к короткому замыканию. Поэтому первым этапом расчета электротехнического устройства, ставится задача определения величин токов в элементах устройства. При этом считается, что конфигурация и параметры элементов схемы электрической цепи устройства известны.

Наиболее общими, универсальными законами, позволяющими рассчитывать любую электрическую цепь, являются законы Кирхгофа.

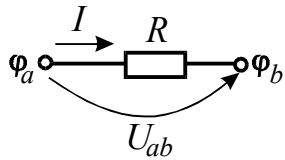
В данном практикуме по теоретическим основам электротехники рассмотрены примеры расчета линейных электрических цепей постоянного тока с использованием законов Ома и Кирхгофа, а также задачи для самостоятельного решения.

Практикум предназначен для глубокой самостоятельной проработки и самоконтроля усвоения курса ТОЭ. Материал подобран и расположен таким образом, что позволяет студентам эффективно и с минимальными затратами времени усвоить все вопросы, рассматриваемые на лекциях и лабораторно-практических занятиях.

1 Применение законов Ома и Кирхгофа к расчету линейных электрических цепей постоянного тока

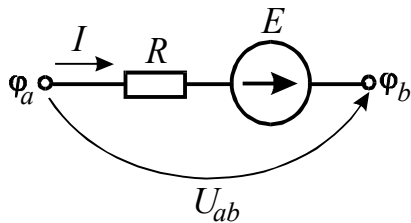
1.1 Законы Ома

Закон Ома для участка цепи (в пределах ветви) позволяет найти ток участка по известной разности потенциалов (напряжению) на зажимах участка.



$$I = \frac{U_{ab}}{R} = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R} \quad \text{— Закон Ома для участка цепи, не содержащего источник ЭДС (рисунок 1)}$$

Рисунок 1



$$I = \frac{\pm U_{ab} \pm E}{R} = \frac{\pm(\varphi_a - \varphi_b) \pm E}{R} \quad \text{— Закон Ома для участка цепи, содержащего источник ЭДС (активная ветвь) (рисунок 2).}$$

Рисунок 2

Если положительные направления напряжения и ЭДС совпадают с произвольно выбранным положительным направлением тока ветви, то в приведенной формуле они учитываются со знаком плюс, и со знаком минус, если их направления не совпадают с направлением тока.

Задача 1.1.1 Найти ток ветви (рисунок 3), если: $U=10$ В, $E=20$ В, $R=5$ Ом.

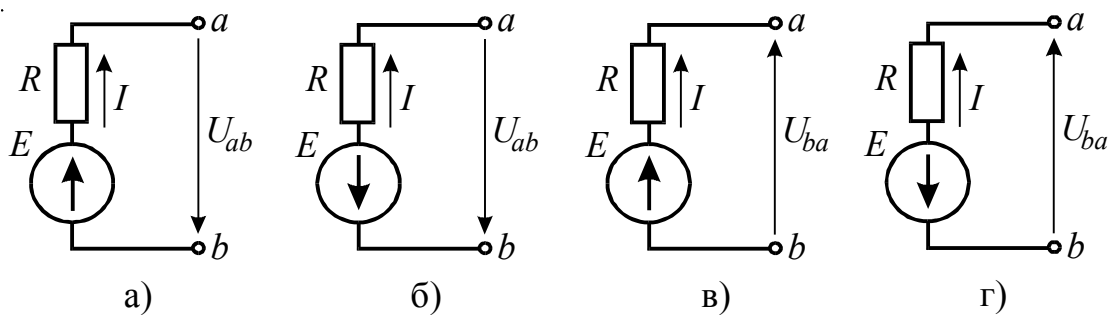


Рисунок 3

Решение:

Так как все схемы рисунка 3 представляют собой активные ветви, то для определения токов в них используем закон Ома обобщенный закон Ома. Рассмотрим рисунок 3 а: направление ЭДС совпадает с произвольно выбранным условно положительным направлением тока, следовательно, в формуле обобщенного закона Ома величина ЭДС учитывается со знаком

«плюс». Направление напряжения U_{ab} не совпадает с направлением тока, и в формуле обобщенного закона Ома величина напряжения учитывается со знаком «минус»:

$$а) \quad I = \frac{-U_{ab} + E}{R} = \frac{-10 + 20}{5} = 2 \text{ A};$$

Аналогично определяются токи в схемах б, в, г рисунка 3:

$$б) \quad I = \frac{-U_{ab} - E}{R} = \frac{-10 - 20}{5} = -6 \text{ A};$$

$$в) \quad I = \frac{U_{ba} + E}{R} = \frac{10 + 20}{5} = 6 \text{ A};$$

$$г) \quad I = \frac{U_{ba} - E}{R} = \frac{10 - 20}{5} = -2 \text{ A}.$$

Задача 1.1.2 Найти напряжение между зажимами ветвей (рисунок 4).

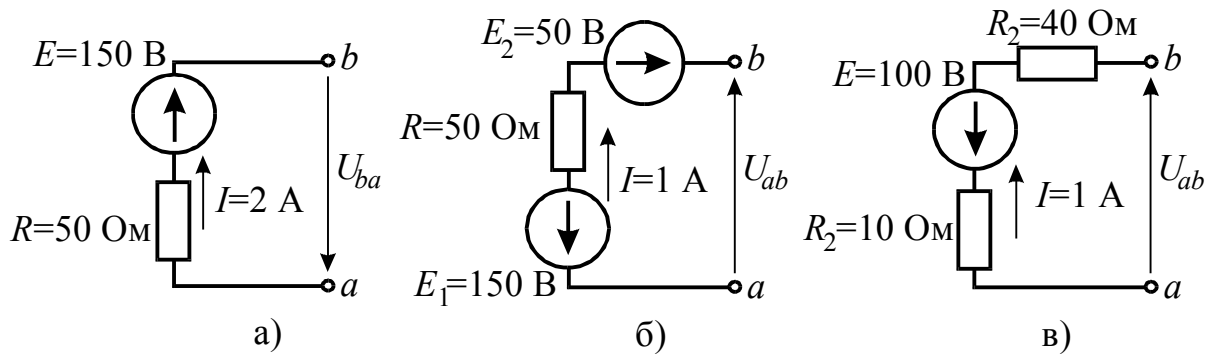


Рисунок 4

Решение:

Участок цепи, изображенный на рисунке 4 а содержит источник ЭДС, т.е. является активным, поэтому воспользуемся обобщенным законом Ома:

$$I = \frac{-U_{ba} + E}{R},$$

откуда выразим напряжение на зажимах:

$$U_{ba} = E - I \cdot R = 150 - 2 \cdot 50 = 50 \text{ В}.$$

Аналогично определяются напряжения на зажимах участков, изображенных на рисунках 4 б и 4 в.

$$б) \quad I = \frac{U_{ab} + E_2 - E_1}{R}, \Rightarrow U_{ab} = I \cdot R + E_1 - E_2 = 1 \cdot 50 + 150 - 50 = 150 \text{ В};$$

$$в) \quad I = \frac{U_{ab} - E}{R_1 + R_2}, \Rightarrow U_{ab} = I \cdot (R_1 + R_2) + E = 2 \cdot (10 + 40) + 100 = 200 \text{ В}.$$

Задача 1.1.3 Определить неизвестные потенциалы точек участка цепи (рисунок 5).

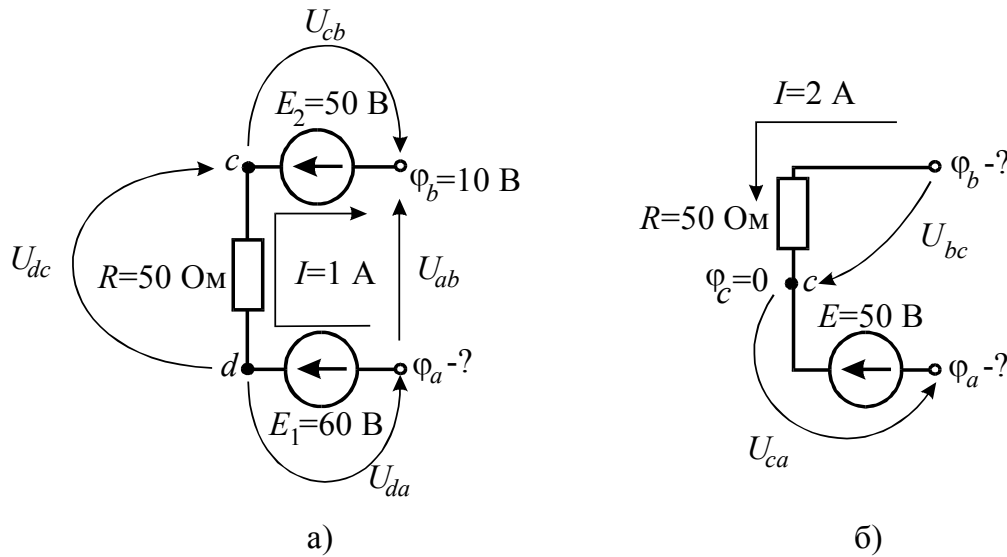


Рисунок 5

Решение:

Для схемы рисунка 5 а запишем обобщенный закон Ома:

$$I = \frac{U_{ab} + E_1 - E_2}{R},$$

откуда выразим напряжение на зажимах ветви:

$$U_{ab} = I \cdot R - E_1 + E_2.$$

Если представить напряжение U_{ab} как разность потенциалов:

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b,$$

тогда при известных параметрах цепи, токе и потенциале φ_b определим потенциал φ_a :

$$\varphi_a = I \cdot R - E_1 + E_2 + \varphi_b = 1 \cdot 50 + 100 - 60 + 10 = 10 \text{ В.}$$

Эту же задачу можно решить другим способом. Напряжение на зажимах источника ЭДС E_2 , без учета внутреннего сопротивления источника, по величине равно E_2 и направлено от точки с большим потенциалом (точка c) к точке с меньшим потенциалом (точка b):

$$U_{cb} = E_2 = \varphi_c - \varphi_b,$$

и тогда, зная потенциал φ_b , определим потенциал точки c :

$$\varphi_c = \varphi_b + E_2.$$

Потенциал точки d больше потенциала точки c на величину падения напряжения на сопротивлении R :

$$U_{cd} = \varphi_c - \varphi_d = I \cdot R,$$

тогда

$$\varphi_d = \varphi_c + I \cdot R = \varphi_b + E_2 + I \cdot R.$$

Потенциал точки a определяем с учетом направления напряжения U_{da} на зажимах источника ЭДС E_1 . Напряжение U_{da} направлено от точки с большим потенциалом (точка d) к точке с меньшим потенциалом (точка a):

$$U_{da} = E_1 = \varphi_d - \varphi_a,$$

откуда следует, что

$$\varphi_a = \varphi_d - E_1$$

или

$$\varphi_a = \varphi_b + E_2 + I \cdot R - E_1.$$

Рассмотрим решение задачи для схемы рисунка 5 б. При известном потенциале точки c , параметрах элементов и токе, определим потенциалы крайних точек участка цепи φ_a и φ_b . Напряжение на участке $b-c$, выраженное через разность потенциалов, определим по закону Ома:

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = I \cdot R,$$

откуда следует

$$\varphi_b = \varphi_c + I \cdot R = 0 + 2 \cdot 50 = 100 \text{ В.}$$

Напряжение на участке $c-a$, равное по величине E , направлено от точки с большим потенциалом к точке с меньшим потенциалом:

$$U_{ca} = E = \varphi_c - \varphi_a$$

$$\varphi_a = \varphi_c - E = 0 - 50 = -50 \text{ В.}$$

Задача 1.1.4 В цепи (рисунок 6) известны величины сопротивлений резистивных элементов: $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, входное напряжение $U=100$ В и мощность, выделяемая на резистивном элементе с сопротивлением R_1 : $P_1=40$ Вт. Определить величину сопротивления резистора R_3 .

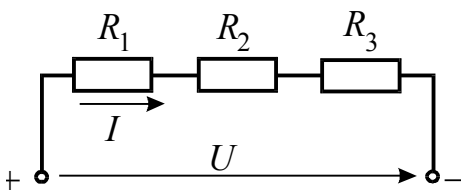


Рисунок 6

Решение:

Согласно закону Джоуля-Ленца, мощность на резистивном элементе определяется:

$$P = U \cdot I,$$

или, согласно закону Ома:

$$P = I^2 \cdot R$$

По известному значению мощности на резистивном элементе R_1 и величине сопротивления этого элемента определим ток в ветви:

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 \Rightarrow I = \sqrt{P_1/R_1} = \sqrt{40/10} = 2 \text{ А.}$$

По закону Ома напряжение на зажимах определится:

$$U = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3),$$

тогда величина сопротивления резистивного элемента:

$$R_3 = \frac{U - I(R_1 + R_2)}{I} = \frac{100 - 2(10 + 20)}{2} = 20 \text{ Ом.}$$

Задача 1.1.5 Определить показания вольтметров цепи (рисунок 7), если $R_1=50 \text{ Ом}$, $R_2=150 \text{ Ом}$, $U=150 \text{ В}$, $E=50 \text{ В}$.

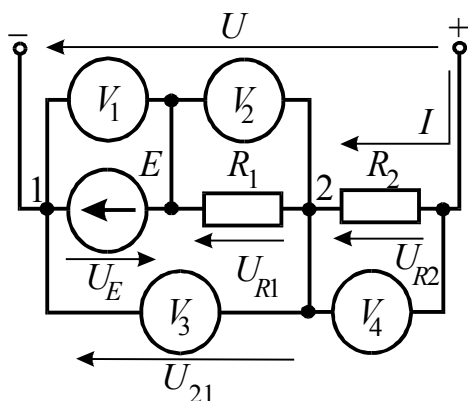


Рисунок 7

Решение:

Ток в цепи определим по закону Ома:

$$I = \frac{U + E}{R_1 + R_2} = \frac{150 + 50}{50 + 150} = 1 \text{ А.}$$

Вольтметр V_1 показывает напряжение на источнике ЭДС E :

$$V_1 = U_E = E = 50 \text{ В.}$$

Вольтметры V_2 и V_4 показывают величину падения напряжения на резистивных элементах R_1 и R_2 :

$$V_2 = U_{R1} = I \cdot R_1 = 1 \cdot 50 = 50 \text{ В;}$$

$$V_4 = U_{R2} = I \cdot R_2 = 1 \cdot 150 = 150 \text{ В.}$$

Вольтметр V_3 , показывает напряжение на участке 2-1 U_{21} , которое определим как алгебраическую сумму напряжений U_E и U_{R1} :

$$V_3 = U_{21} = U_{R1} - U_E = 50 - 50 = 0.$$

Задача 1.1.6 Ток симметричной цепи (рисунок 8) $I=2,5 \text{ А}$, $R_1=2,4 \text{ Ом}$, $R_2=4,8 \text{ Ом}$, $R_3=7,2 \text{ Ом}$, внутреннее сопротивление источника ЭДС $R_0=0,6 \text{ Ом}$. Определить ЭДС E и мощность источника энергии.

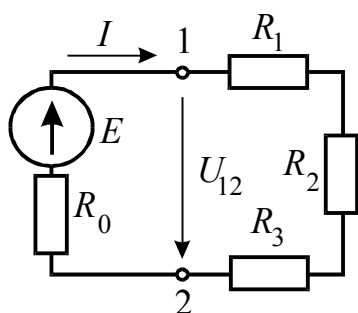


Рисунок 8

Решение:

Напряжение на зажимах 1-2 определим по закону Ома для пассивной ветви:

$$U_{12} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3) = 2,5 \cdot (2,4 + 4,8 + 7,2) = 36 \text{ В.}$$

Величину ЭДС источника энергии определим из выражения закона Ома для активной ветви:

$$I = \frac{-U + E}{R_0}, \Rightarrow E = I \cdot R_0 + U = 2,5 \cdot 0,6 + 36 = 37,5 \text{ В.}$$

5 В.

Мощность, развиваемая источником энергии, определится:

$$P_{II} = E \cdot I = 37,5 \cdot 2,5 = 93,75 \text{ Вт.}$$

1.2 Законы Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа является следствием закона сохранения заряда, согласно которому в узле заряд одного знака не может ни накапливаться, ни убывать, и формулируется следующим образом:

Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле, равна нулю

$$\sum I_k = 0.$$

При этом токи, направленные к узлу, берут с одним произвольно выбранным знаком, а токи, направленные от узла – с противоположным.

Второй закон Кирхгофа является следствием закона сохранения энергии, в силу которого изменение потенциала в замкнутом контуре равно нулю.

При обходе замкнутого контура по отдельным участкам потенциал конечного узла этого участка повышается относительно потенциала его начального узла на величину напряжения, если направление обхода противоположно направлению напряжения, и понижается, когда направление обхода контура и направление напряжения совпадают. Поэтому изменения потенциала в замкнутом контуре можно определить суммированием напряжений с учетом их знаков. Согласно второму закону Кирхгофа: *алгебраическая сумма напряжений участков замкнутого контура равна нулю*

$$\sum U_k = 0.$$

При этом напряжения, положительные направления которых совпадают с направлением обхода контура, берутся с положительными знаками, а напряжения, положительные направления которых противоположны направлению обхода – с отрицательными знаками.

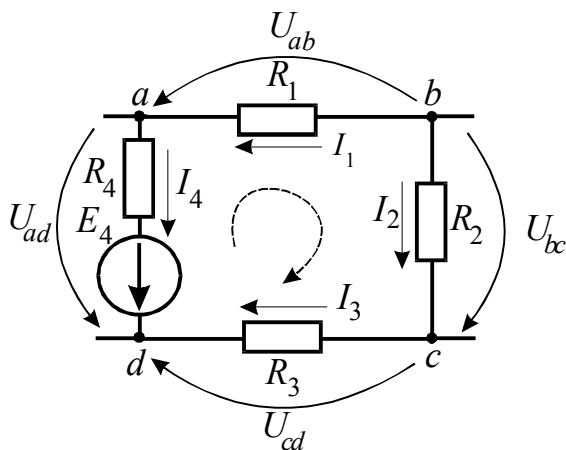


Рисунок 9

Уравнение по второму закону Кирхгофа для замкнутого контура *abcd* (рисунок 9):

$$-U_{ba} + U_{bc} + U_{cd} - U_{ad} = 0$$

Существует другое определение второго закона Кирхгофа: *алгебраическая сумма падений напряжений на элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС, действующих в этом контуре.*

$$\sum I_k \cdot R_k = \sum E_k$$

Падения напряжения входят в сумму со знаком «плюс», если направления тока и обхода контура совпадают, и со знаком «минус» – если не совпадают. Аналогично учитывают знаки, суммируя величины электродвижущих сил источников ЭДС:

$$-I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4 = -E_4$$

Задача 1.2.1 В цепи (рисунок 10) известны значения токов $I_6=2$ А, $I_2=1,25$ А, $I_5=0,8$ А; величины сопротивлений $R_1=2$ Ом, $R_2=3$ Ом, $R_3=2$ Ом, $R_4=2$ Ом, $R_5=5$ Ом. Определить напряжение U на входных зажимах цепи, сопротивление R_6 и величину E источника ЭДС.

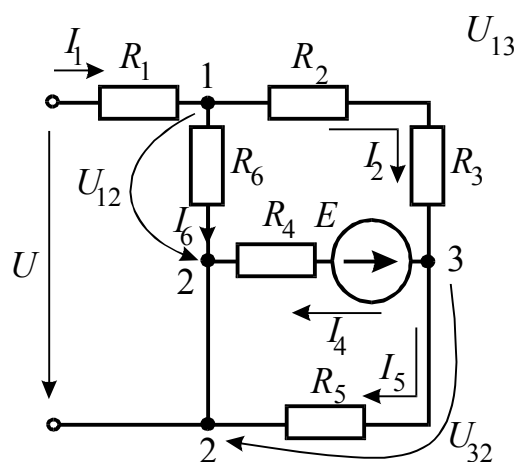


Рисунок 10

Решение:

По закону Ома определим напряжение между узлами 3-2:

$$U_{32} = I_5 \cdot R_5 = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ В.}$$

Из уравнения, составленного по первому закону Кирхгофа для узла 3:

$$I_2 - I_4 - I_5 = 0$$

определим ток I_4 :

$$I_4 = I_2 - I_5 = 1,25 - 0,8 = 0,45 \text{ А.}$$

Тогда, по закону Ома для ветви с

сопротивлением R_4 :

$$I_4 = \frac{U_{32} - E}{R_4},$$

откуда выражаем величину E источника ЭДС:

$$E = U_{32} - I_4 \cdot R_4 = 4 - 0,45 \cdot 2 = 3,1 \text{ В.}$$

Напряжение U_{12} можно выразить из уравнения, записанного по II закону Кирхгофа для контура 1-3-2-1:

$$U_{13} + U_{23} - U_{12} = 0,$$

$$U_{12} = U_{13} + U_{32} = I_2 \cdot (R_2 + R_3) + U_{32} = 1,25 \cdot (3 + 2) + 4 = 10,25 \text{ В.}$$

Зная величины напряжения U_{12} и тока I_6 , определим величину сопротивления R_6 :

$$R_6 = \frac{U_{12}}{I_6} = \frac{10,25}{2} = 5,125 \text{ Ом.}$$

Напряжение на входных зажимах цепи определится:

$$U = U_{R1} + U_{12} = I_1 \cdot R_1 + U_{12}.$$

Ток I_1 определим из уравнения, записанного по первому закону Кирхгофа для 1 узла:

$$I_1 - I_2 - I_6 = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 + I_6 = 1,25 + 1,5 = 2,75 \text{ А,}$$

тогда

$$U = 2,75 \cdot 2 + 10,25 = 15,75 \text{ В.}$$

Задача 1.2.2 В цепи (рисунок 11) известны величины сопротивлений резистивных элементов $R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=12 \text{ Ом}$, $R_3=5 \text{ Ом}$, $R_4=1 \text{ Ом}$; мощность, изменяемая ваттметром $P=320 \text{ Вт}$. Определить токи ветвей, напряжение на зажимах цепи.

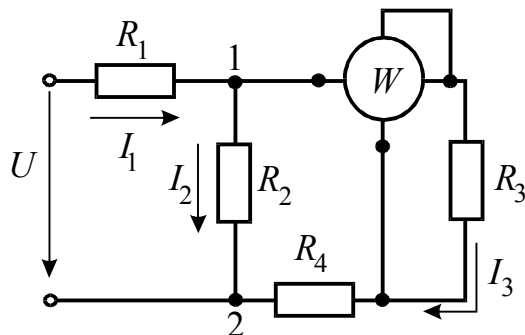


Рисунок 11

Решение:

Из формулы для расчета мощности выражаем ток I_3 :

$$I_3 = \sqrt{P/R_3} = \sqrt{320/5} = 8 \text{ А.}$$

Затем определяем напряжение на зажимах параллельных ветвей:

$$U_{12} = I_3 \cdot (R_3 + R_4) = 8 \cdot (5 + 1) = 48 \text{ В.}$$

По закону Ома определяем ток в ветви с сопротивлением R_2 :

$$I_2 = \frac{U_{12}}{R_2} = \frac{48}{12} = 4 \text{ А.}$$

Значение тока в неразветвленной части цепи определим из уравнения, записанного по первому закону Кирхгофа для узла 1:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 + I_3 = 4 + 8 = 12 \text{ А.}$$

Напряжение на входных зажимах цепи можно представить как сумму падений напряжений на сопротивлениях R_1 и R_2 :

$$U = U_{R1} + U_{12},$$

где $U_{R1} = I_1 \cdot R_1 = 12 \cdot 1 = 12 \text{ В}$,

тогда

$$U = 12 + 48 = 60 \text{ В.}$$

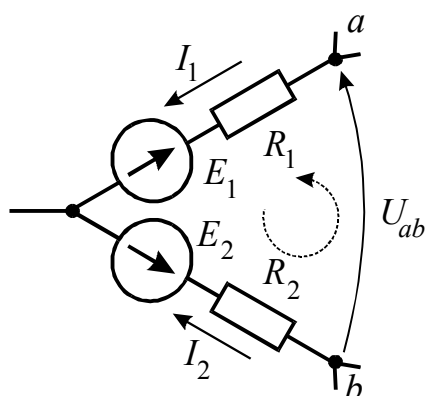


Рисунок 12

Задача 1.2.3 На рисунке 12 показана часть сложной цепи. Задано: $I_1=3 \text{ А}$, $I_2=2,4 \text{ А}$, $E_1=70 \text{ В}$, $E_2=20 \text{ В}$, $R_1=3 \text{ Ом}$, $R_2=5 \text{ Ом}$. Найти напряжение U_{ab} .

Решение:

Уравнение по второму закону Кирхгофа для данного контура, при выбранном направлении обхода контура, запишется следующим образом:

$$U_{ab} + I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 = E_2 - E_1,$$

откуда выражаем напряжение U_{ab} :

$$\begin{aligned} U_{ab} &= E_2 - E_1 - I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 = \\ &= 20 - 70 - 3 \cdot 3 + 2,4 \cdot 5 = -47 \text{ В.} \end{aligned}$$

Задача 1.2.4 В схеме (рисунок 13) известны: $E_1=10$ В, $E_2=20$ В, $E_3=30$ В, $R=1$ Ом, $I_1=1$ А, $I_2=2$ А. Определить напряжения U_{12} , U_{34} , U_{13} , U_{24} , U_{14} , U_{23} .

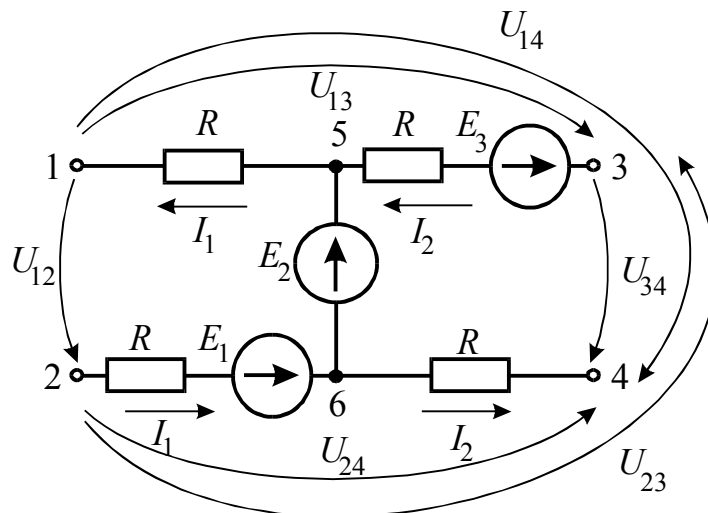


Рисунок 13

Решение:

Считаем направления обходов контуров совпадающими с направлениям искомых напряжений. Запишем уравнения по второму закону Кирхгофа для каждого контура и выразим напряжения:

контур 1-2-6-5-1 $U_{12} + I_1(R + R) = E_1 + E_2,$

$$U_{12} = E_1 + E_2 - I_1 \cdot 2R = 10 + 20 - 1 \cdot 2 \cdot 1 = 28 \text{ В;}$$

контур 3-4-6-5-3 $U_{34} - I_2(R + R) = E_2 + E_3,$

$$U_{34} = E_2 + E_3 + I_2 \cdot 2R = 20 + 30 + 2 \cdot 2 \cdot 1 = 54 \text{ В;}$$

контур 1-3-5-1 $U_{13} + I_1R + I_2R = -E_3,$

$$U_{13} = -E_3 - R(I_1 + I_2) = -30 - 1 \cdot (1 + 2) = -33 \text{ В;}$$

контур 2-4-6-2

$$U_{24} - I_2 R - I_1 R = -E_1,$$

$$U_{24} = -E_1 + R(I_1 + I_2) = -10 + 1 \cdot (1 + 2) = -7 \text{ В};$$

контур 1-4-6-5-1

$$U_{14} - I_2 R + I_1 R = E_2,$$

$$U_{14} = E_2 + R(I_2 - I_1) = 20 + 1 \cdot (2 - 1) = 21 \text{ В};$$

контур 2-3-5-6-2

$$U_{23} + I_2 R - I_1 R = -E_3 - E_2 - E_1,$$

$$U_{23} = -E_3 - E_2 - E_1 + R(I_1 - I_2) = -30 - 20 - 10 + 1 \cdot (1 - 2) = -61 \text{ В}.$$

Задача 1.2.5 Определить показание амперметра (рисунок 14), если $U_{ab}=107 \text{ В}$, $U_{bc}=-60 \text{ В}$, $R_1=7 \text{ Ом}$, $R_2=8 \text{ Ом}$, $E_1=100 \text{ В}$, $E_2=70 \text{ В}$.

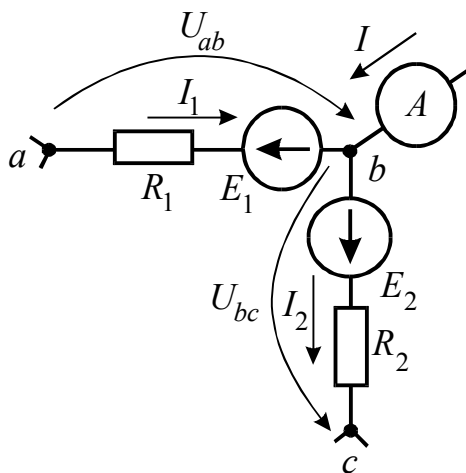


Рисунок 14

Решение:

По закону Ома определим значения токов в ветвях:

$$I_1 = \frac{U_{ab} - E_1}{R_1} = \frac{107 - 100}{7} = 1 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{U_{bc} + E_2}{R_2} = \frac{-60 + 70}{8} = 1,25 \text{ А}.$$

Запишем уравнение по первому закону Кирхгофа для узла b :

$$I + I_1 - I_2 = 0,$$

откуда

$$I = I_2 - I_1 = 1,25 - 1 = 0,25 \text{ А}.$$

Задача 1.2.6 На рисунке 15 показана часть сложной цепи. Найти напряжение U_{ab} , если $U_{cd}=102 \text{ В}$, $R_1=8 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=6 \text{ Ом}$, $E_1=30 \text{ В}$, $E_2=100 \text{ В}$, $E_3=70 \text{ В}$, $I_1=10 \text{ А}$.

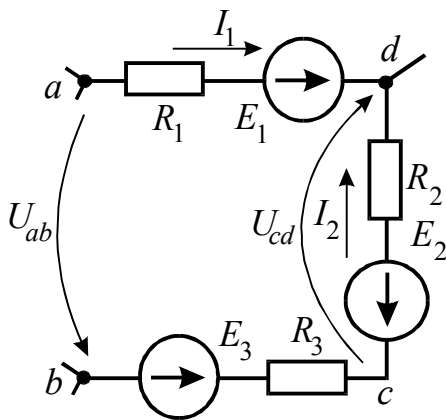


Рисунок 15

Решение:

По закону Ома определим ток на участке $b-d$:

$$I_2 = \frac{U_{cd} - E_2}{R_2} = \frac{102 - 100}{2} = 1 \text{ А}.$$

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для контура $a-b-c-d$:

$$U_{ab} + I_2 \cdot (R_3 + R_2) - I_1 R_1 = E_3 - E_2 - E_1,$$

откуда выразим напряжение U_{ab} :

$$U_{ab} = E_3 - E_2 - E_1 - I_2 \cdot (R_3 + R_2) + I_1 R_1 = 70 - 100 - 30 - 1 \cdot (2 + 6) + 10 \cdot 8 = 12 \text{ В}.$$

Задача 1.2.7 В схеме электрической цепи, приведенной на рисунке 16, определить токи в ветвях пользуясь законами Кирхгофа. Параметры элементов цепи: $R_1=50$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=50$ Ом, $R_4=80$ Ом, $E_1=50$ В, $E_2=400$ В.

Решение:

Выбираем произвольно положительные направления искомых токов ветвей и обозначаем их на схеме. Составляем уравнение по первому закону Кирхгофа для узла 1. Выбрав направления обходов контуров, составляем уравнения по второму закону Кирхгофа. Получаем систему из трех уравнений:

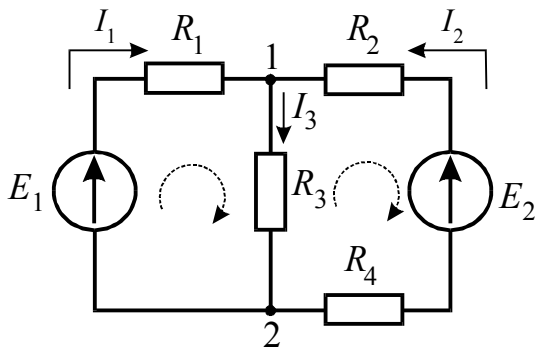


Рисунок 16

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \\ -I_2 (R_2 + R_4) - I_3 R_3 = -E_2 \end{cases}$$

Решаем полученную систему уравнений с помощью определителей:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 50 & 0 & 50 \\ 0 & -100 & -50 \end{vmatrix} = 12500; \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 50 & 0 & 50 \\ -400 & -100 & -50 \end{vmatrix} = -12500;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 50 & 50 & 50 \\ 0 & -400 & -50 \end{vmatrix} = -37500; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 50 & 0 & 50 \\ 0 & -100 & -400 \end{vmatrix} = 25000.$$

Находим значения токов:

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-12500}{12500} = -1 \text{ А}; \quad I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{37500}{12500} = 3 \text{ А}; \quad I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{25000}{12500} = 2 \text{ А}.$$

Для проверки правильности расчета составим уравнение баланса мощностей:

$$P_{ист} = P_{потр}$$

Мощность источников: $P_{ист} = I_1 E_1 + I_2 E_2 = -1 \cdot 50 + 3 \cdot 400 = 1150$ Вт,

Мощность потребителей:

$$P_{потр} = I_1^2 R_1 + I_2^2 (R_2 + R_4) + I_3^2 R_3 = -1^2 \cdot 50 + 3^2 \cdot (20 + 80) + 2^2 \cdot 50 = 1150 \text{ Вт}.$$

Задача 1.2.8 Определить токи ветвей цепи (рисунок 17), если: $R_1=20$ Ом, $R_2=40$ Ом, $E_1=100$ В, $J=1$ А.

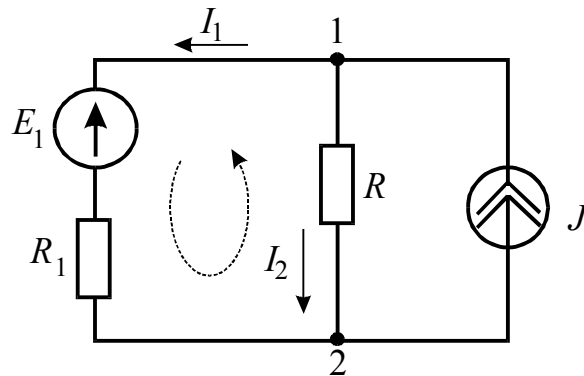


Рисунок 17

Решение:

Произвольно задаемся положительными направлениями токов в ветвях с сопротивлениями R_1 и R_2 . В ветви с источником тока направление тока уже определено полярностью источника. Составляем уравнение по первому закону Кирхгофа для узла 1. Количество контурных уравнений зависит от количества ветвей с неизвестными токами, т.е. ветвей, не содержащих источники тока. Для данной цепи количество контурных уравнений равно 1. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + J = 0 \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 = -E_1 \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} -I_1 - I_2 = -J \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 = -E_1 \end{cases}$$

Решаем систему уравнений с помощью определителей:

$$\Delta = \begin{vmatrix} -1 & -1 \\ 20 & -40 \end{vmatrix} = 40 + 20 = 60; \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} -1 & -1 \\ -100 & -40 \end{vmatrix} = 40 - 100 = -60;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} -1 & -1 \\ 20 & -100 \end{vmatrix} = 100 + 20 = 120.$$

Определяем значения токов:

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-60}{60} = -1 \text{ А}; \quad I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{120}{60} = 2 \text{ А}.$$

1.3 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.3.1 В неразветвленной цепи (рисунок 18) $E_1=120$ В, $E_2=40$ В, $R_1=12$ Ом, $R_2=8$ Ом. Определить напряжение между точками a и b .

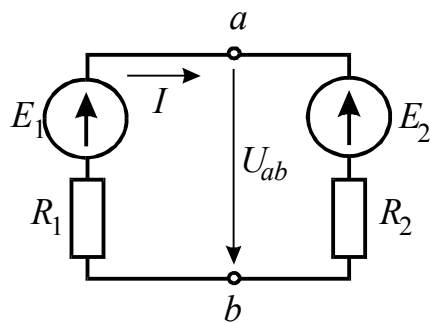


Рисунок 18

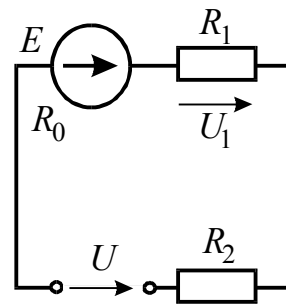


Рисунок 19

Задача 1.3.3 Для цепи (рисунок 20) определить токи I_1 и I_2 , рассчитать мощность, развиваемую источниками энергии, если $R_1=R_2=5$ Ом, $E_1=20$ В, $E_2=40$ В, $J=2$ А.

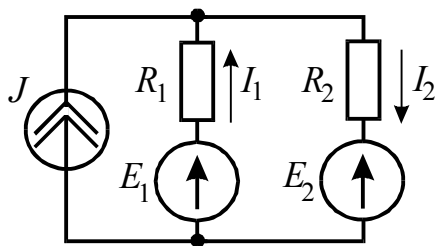


Рисунок 20

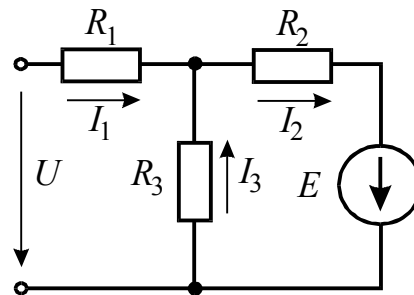


Рисунок 21

Задача 1.3.5 Определить токи I_1 и I_2 (рисунок 22), если $U=20$ В, $E_1=50$ В, $E_2=10$ В, $J=2$ А, $R_1=R_2=R_3=10$ Ом, $R_4=2$ Ом.

Задача 1.3.6 В цепи (рисунок 23) $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $E_1=60$ В, $E_2=20$ В, $E_3=10$ В, $U=40$ В. Определить показание вольтметра.

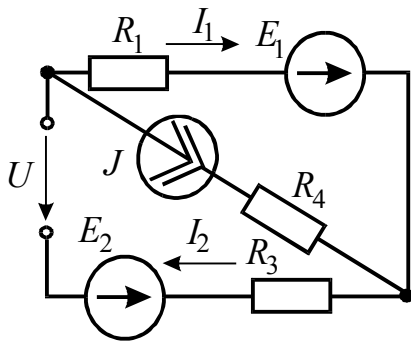


Рисунок 22

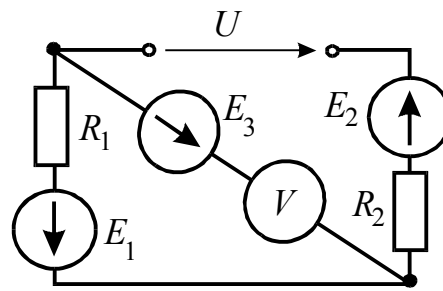


Рисунок 23

Задача 1.3.8 Определить ток в сопротивлении нагрузки и напряжения на зажимах источников тока (рисунок 24), если $J_1=3$ А, $J_2=6$ А, $R_1=R_2=R_3=R_n=1$ Ом.

Задача 1.3.9 Параметры источников энергии электрической цепи (рисунок 25): $E_1=10$ В, $E_2=6$ В, $E_6=4$ В, $J_3=3$ А, $J_4=4$ А, $J_5=2$ А. Определить токи источников ЭДС: I_1, I_2, I_6 и напряжения источников тока: U_3, U_4, U_5 .

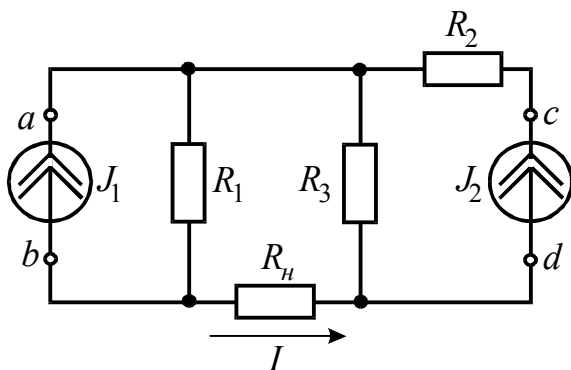


Рисунок 24

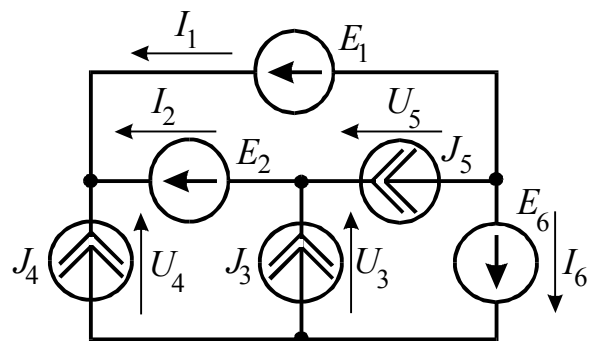


Рисунок 25

Задача 1.3.10 В цепи (рисунок 26) $R_1=10$ Ом, $R_2=R_3=R_5=25$ Ом, $R_4=50$ Ом, $U=120$ В определить токи в ветвях цепи и показание вольтметра, включенного между точками c и d .

Задача 1.3.11 В цепи (рисунок 27) $E=20$ В, $J=2$ А, $R=15$ Ом, $R_1=85$ Ом. Определить токи, проверить баланс мощностей.

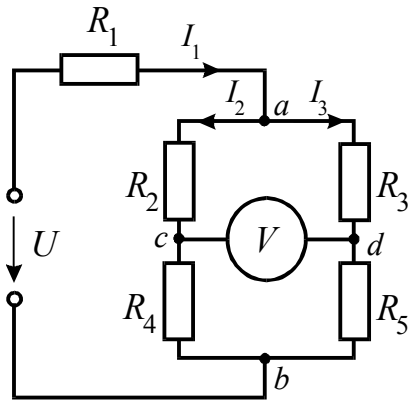


Рисунок 26

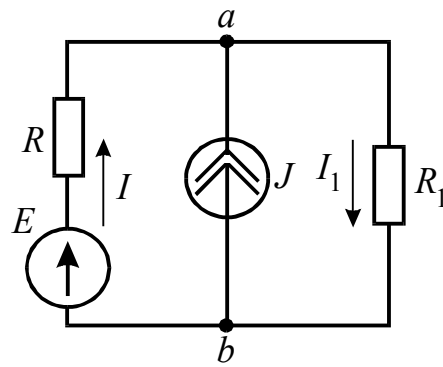


Рисунок 27

Задача 1.3.12 Определить показания ваттметров и амперметра при включенном и выключенном ключе K , если: $R=20$ Ом, $E=40$ В, $J=4$ А, $U=120$ В (рисунок 28).

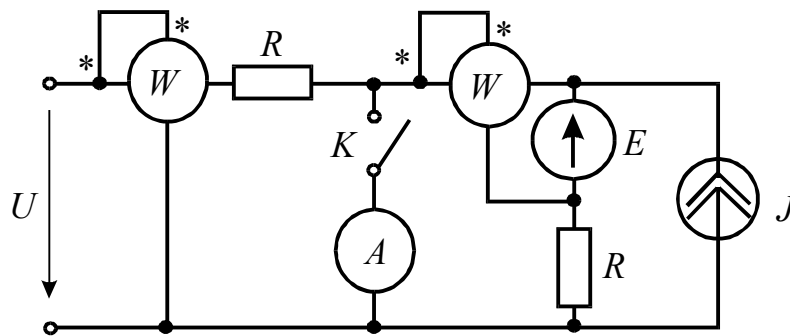


Рисунок 28

Список использованных источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учеб. для вузов /Л.А. Бессонов. – 10-е изд. – М.: Гардарики, 2000. – 638с.: ил.
2. Гольдин О.Е. и др. Программированное изучение теоретических основ электротехники: Учебное пособие. /О.Е.Гольдин, А.Е.Каплянский, Л.С.Полотовский. – М: Высшая школа, 1978. –287с.: ил.
3. Сборник задач и упражнений по теоретическим основам электротехники: Учебное пособие для вузов. /Под ред. П.А. Ионкина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 767с.: ил.
4. Сборник задач по теоретическим основам электротехники: Учебное пособие для вузов. /Под ред. Л.А. Бессонова. – 3-е изд., переработ. и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 472с.: ил
5. Сборник задач по теоретическим основам электротехники: Учеб. пособие для вузов /Под ред. Л.А. Бессонова. – 3-е изд., переработ. и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 543с.: ил.
6. Репьев Ю.Г., Семенко Л.П., Поддубный Г.В. Теоретические основы электротехники. Теория цепей. – Краснодар: Краснодарский политехнический институт, 1990. – 299с.
7. Огорелков, Б.И. Методические указания к РГЗ № 1 по ТОЗ. Анализ установившихся процессов в электрических цепях постоянного тока /А.Н.Ушаков, Н.Ю.Ушакова, Б.И.Огорелков.– Оренбург: ОрПТИ, 1987. –46с.
8. Методы расчета электрических цепей постоянного тока: Методические указания /Б.И.Огорелков, А.Н.Ушаков, Н.Ю.Ушакова. – Оренбург: ОрПТИ, 1990.-45с.