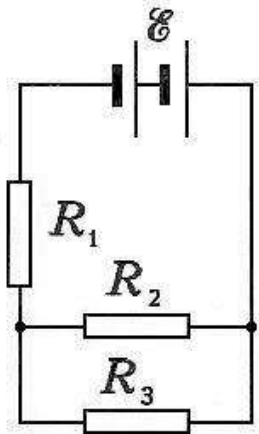
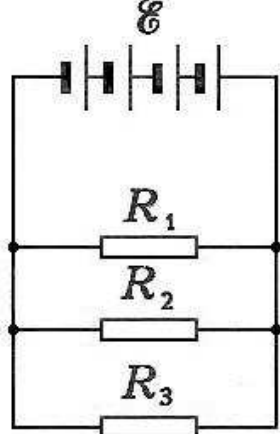
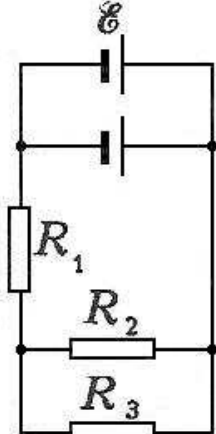
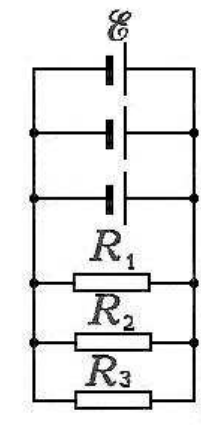
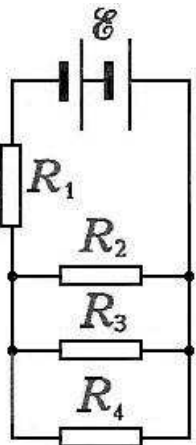
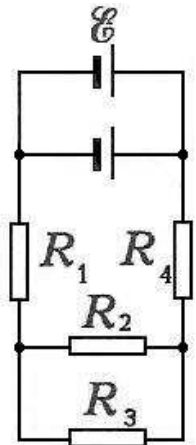
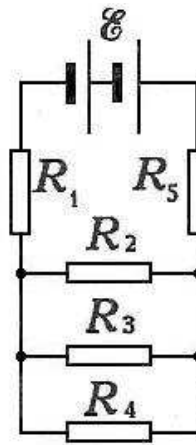
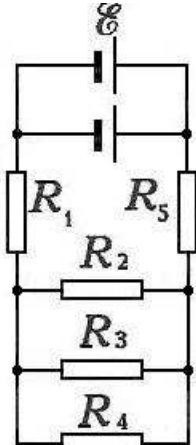
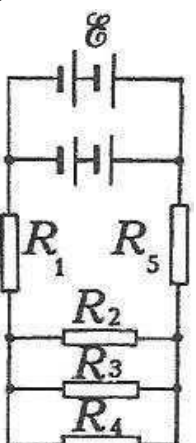
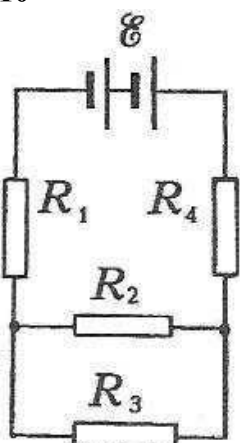
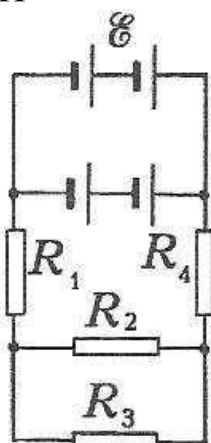
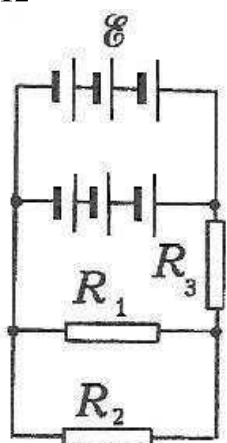


Задача 20. Закон Ома

Несколько одинаковых источников тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r , каждый, собраны в батарею. Внешняя цепь образована соединением резисторов с сопротивлениями R_1, \dots, R_6 . Электрические схемы соединений приведены в таблице 20.1, параметры включенных в цепь элементов - в таблице 20.2,. Пользуясь законом Ома, рассчитайте ЭДС \mathcal{E} и внутреннее сопротивление r батареи, сопротивление внешней цепи R и силу тока I во внешней цепи, силу тока I_1, \dots, I_6 через все резисторы и напряжения U_1, \dots, U_6 на них.

Таблица 12.1

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>5</p> 	<p>6</p> 	<p>7</p> 	<p>8</p> 
<p>9</p> 	<p>10</p> 	<p>11</p> 	<p>12</p> 

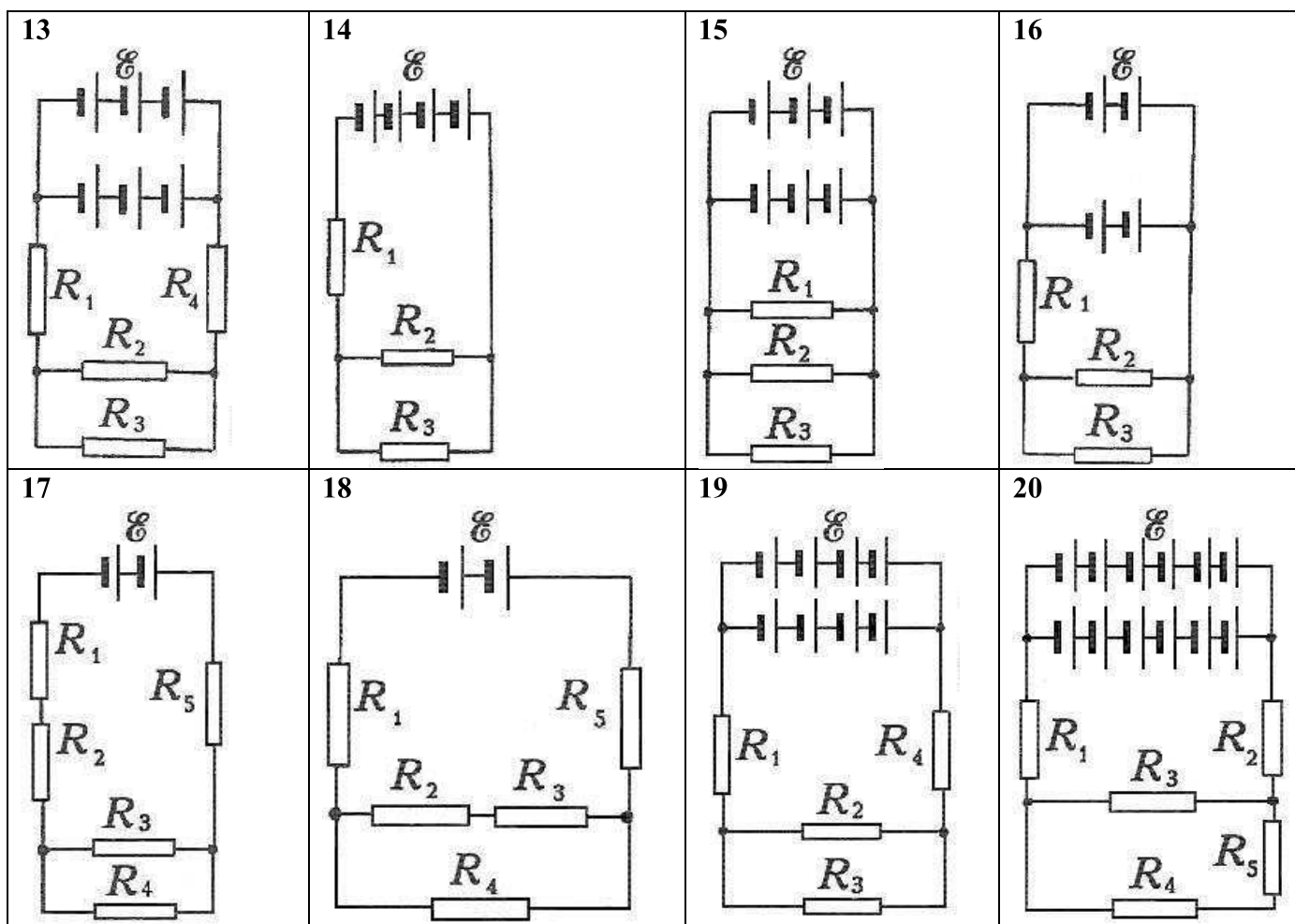


Таблица 20.2

вар.	ε , В	r , Ом	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом
1	4,5	0,5	3	10	15			
2	1,05	0,25	4	20	10			
3	9	2	7,8	2	3			
4	6	0,6	6	10	15			
5	4,5	0,5	6	12	6	12		
6	9	2	3,25	1	3	5		
7	4,5	0,5	1	10	15	6	5	
8	9	2	3	6	6	6	4	
9	2	0,5	0,25	2	6	3	0,75	
10	4,5	0,5	1	3	6	6		
11	3	1	2,75	1	3	1,5		
12	2	0,5	2	3	1,05			
13	2	0,5	0,6	2	3	0,45		
14	1,05	0,25	1	6	3			
15	2	0,5	6	10	15			
16	3	1	12	6	12			
17	4,5	0,5	1,5	0,5	10	15	1	
18	4,5	0,5	5	3	3	3	2	
19	1,5	0,5	0,5	4,5	9	1,5		
20	2	1	2	1	10	8	7	
21	1,5	0,5	7	3	5	10	6,5	3,5

Пример решения задачи 20 (вариант 21, таблица 20.2)

Дано:

$\varepsilon_3=1,5\text{В},$
 $r_3=0,5\text{Ом},$
 $R_1=7\text{Ом},$
 $R_2=3\text{Ом},$
 $R_3=5\text{Ом},$
 $R_4=10\text{Ом},$
 $R_5=6,5\text{Ом},$
 $R_6=3,5\text{Ом}.$

$\varepsilon=?$ $r=?$ $R=?$ $I=?$
 $I_1=?$ $I_2=?$ $I_3=?$ $I_4=?$
 $I_5=?$ $I_6=?$ $U_1=?$
 $U_2=?$ $U_3=?$ $U_4=?$
 $U_5=?$ $U_6=?$

Решение:

Электрическая схема соединения (рис.20)

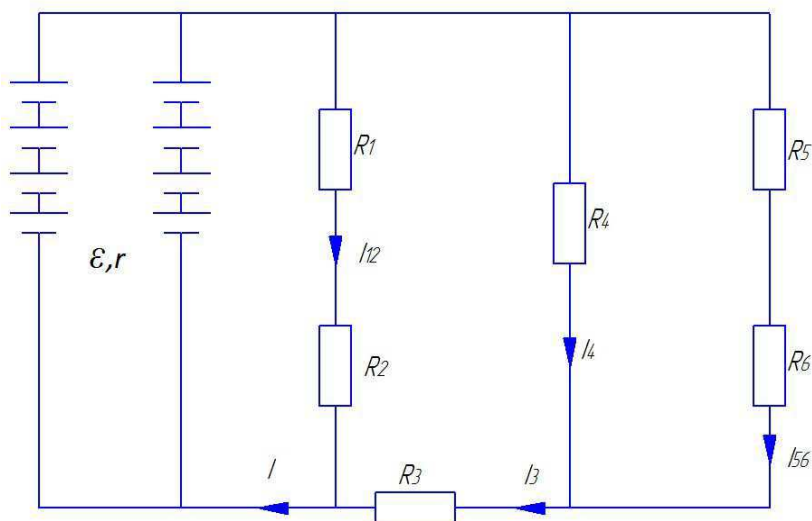


Рисунок 20

Батарея источников собрана из восьми одинаковых элементов, образующих две параллельно соединенные группы. Каждая группа содержит по четыре последовательно соединенных источника. При таком соединении полная ЭДС батареи $\varepsilon=4 \varepsilon_3=6\text{В}$, полное

внутреннее сопротивление $r = \frac{4r_3}{2} = 1\text{Ом}$

Сопротивление внешней цепи R найдем, учитывая характер соединения резисторов.

$$R_{56}=R_5+R_6=6,5+3,5=10\text{Ом}$$

$$R_{456} = \frac{R_{56} \cdot R_4}{R_{56} + R_4} = \frac{10 \cdot 10}{20} = 5\text{Ом}$$

$$R_{3456}=R_3+R_{456}=5+5=10\text{Ом}$$

$$R_{12}=R_1+R_2=7+3=10\text{Ом}$$

$$R = \frac{R_{12} \cdot R_{3456}}{R_{12} + R_{3456}} = \frac{10 \cdot 10}{20} = 50\text{Ом}$$

Силу тока во внешней цепи определим по закону Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{6}{5 + 1} = 1\text{А}$$

Напряжение на концах участка, содержащего последовательно соединенные сопротивления R_1, R_2 , равно $U_{12}=U_1+U_2$ и $U_{12}=U$

Сила тока на участке с сопротивлением R_{12} найдем по закону Ома для участка цепи:

$$I_{12} = \frac{U_{12}}{R_{12}} = \frac{5}{10} = 0,5\text{А}$$

Сила тока через сопротивления R_1 и R_2 :

$$I_1=I_2=I_{12}=0,5\text{А}.$$

Напряжения

$$U_1=I_1R_1=3,5\text{В}, \quad U_2=I_2R_2=1,5\text{В}.$$

Напряжение на концах участка, содержащего последовательно соединенные R_3 и R_{456} равно

$$U_{3456}=U_3+U_{456} \text{ и } U_{3456}=U$$

Сила тока через сопротивление R_3 и R_{456}

$$I_3 = \frac{U_{3456}}{R_{3456}} = \frac{5}{10} = 0,5A$$

Напряжение

$$U_3 = I_3 R_3 = 2,5B. \quad U_{456} = U_{3456} - U_3 = 2,5B.$$

Сопротивления R_4 и R_{56} соединены параллельно, значит

$$I_3 = I_4 + I_{56}$$

$$U_{456} = U_4 = U_{56} = 2,5B.$$

Сила тока

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{2,5}{10} = 0,25A, \quad I_{56} = I_3 - I_4 = 0,25A$$

Напряжения

$$U_5 = I_5 R_5 = 1,625 B, \quad U_6 = I_6 R_6 = 0,875B.$$

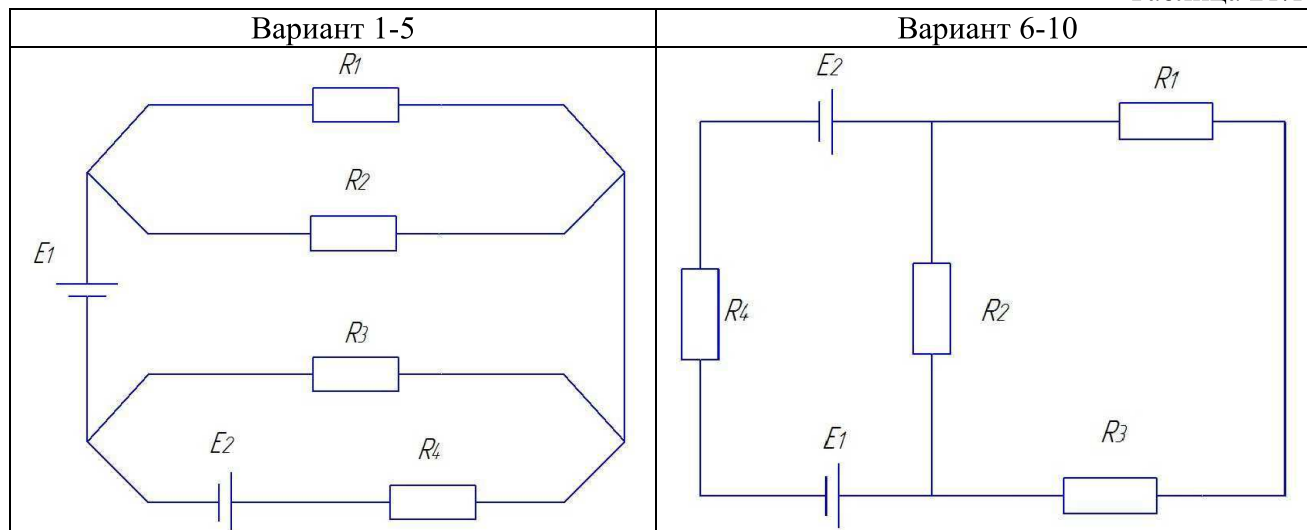
Задача 21 Правила Кирхгофа для разветвленных электрических цепей

Дана разветвленная электрическая цепь, собранная из нескольких резисторов сопротивлениями R_1, \dots, R_4 и двух источников тока с ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 . Внутреннее сопротивление источников считается малым, сопротивление резистора $R_4 = 100\Omega$ для всех вариантов.

При протекании токов в соответствующих сопротивлениях за время $t = 10\text{сек}$ выделяется теплота Q_1, \dots, Q_4 . Электрические схемы цепей и исходные данные для расчетов приведены в таблице 21.1, 21.2.

Сформулируйте задачу, выполните рисунок и решите задачу пользуясь правилами Кирхгофа. В тех вариантах, где заданы значения некоторых токов или теплоты, стрелкой рядом с этим значениям могут быть указаны направления токов в соответствующих участках.

Таблица 21.1



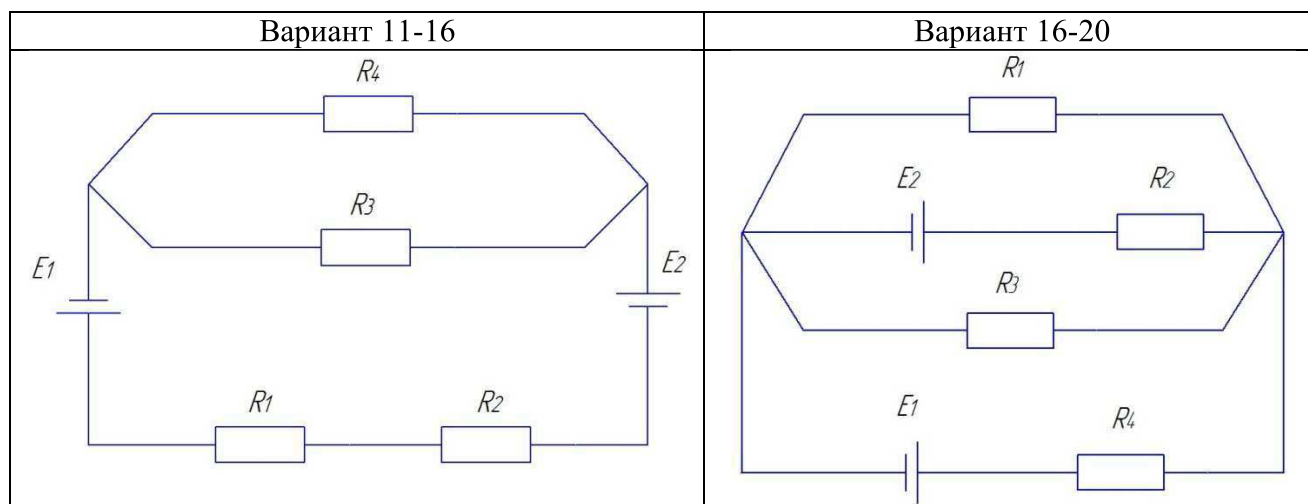


Таблица 21.2

Вар	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	ε_1 , В	ε_2 , В	I_1 , А	I_2 , А	I_3 , А	I_4 , А	Q_1 , Дж	Q_2 , Дж	Q_3 , Дж	Q_4 , Дж
1	5	?	20	40	10	2,4 →	?	?	?	288	?	?	?
2	10	5	10	20	5	?	?	?	?	?	?	?	?
3	20	?	?	30	10	?	?	?	?	112,5	?	?	?
4	?	10	20	30	10	?	?	?	?	120	36	?	?
5	?	?	5	50	10	3 →	2 ←	?	?	?	?	?	?
6	20	30	?	40	20	?	?	?	?	?	?	16 →	?
7	10	20	20	50	30	?	?	?	?	?	?	?	?
8	20	25	?	40	30	?	?	?	?	2	?	?	?
9	?	10	20	40	?	?	?	?	?	?	156,25↓	50 →	?
10	?	30	20	?	10	?	?	?	?	?	468,75↑	450→	?
11	20	10	5	10	10	?	?	?	?	?	?	?	?
12	20	?	15	20	10	0,75 →	?	?	?	?	?	?	?
13	?	10	25	25	40	?	?	0,5 ←	?	?	?	?	?
14	5	15	25	35	?	?	?	1←	?	?	?	?	?
15	20	?	?	5	40	1,2	?	0,3	?	?	?	?	?
16	10	5	?	10	40	?	?	1←	?	?	?	?	?
17	10	20	?	30	5	?	?	?	?	?	8 ←	90 ←	?
18	?	25	10	36	20	2 ←	?	?	?	?	?	?	?
19	12	20	10	?	?	?	?	?	?	?	722 ←	144←	?
20	15	30	10	40	?	?	?	?	?	216←	?	?	?
21	20	10	10	30	5	?	?	?	?	?	?	?	?

Пример решения задачи 21 (вариант 21, таблицы 21.1, 21.2)

Рассчитать силу тока, протекающего через все резисторы электрической цепи, схема которой представлена на рисунке 21. Сопротивления резисторов равны $R_1=20\text{ Ом}$, $R_2=10\text{ Ом}$, $R_3=10\text{ Ом}$, $R_4=10\text{ Ом}$, ЭДС источников $\mathcal{E}_1=30\text{ В}$ и $\mathcal{E}_2=5\text{ В}$. Определить количество теплоты, выделяющейся во всех резисторах за время $t=10\text{ сек}$.

Дано:

$$R_1=20\text{ Ом};$$

$$R_2=10\text{ Ом};$$

$$R_3=10\text{ Ом};$$

$$R_4=10\text{ Ом};$$

$$\mathcal{E}_1=30\text{ В};$$

$$\mathcal{E}_2=5\text{ В};$$

$$r_1=r_2=0$$

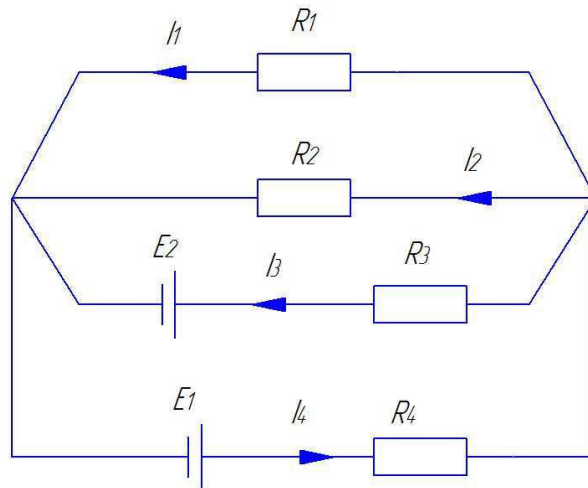
$$I_1=?\ I_2=?\ I_3=?$$

$$I_4=?\ Q_1=?\ Q_2=?$$

$$Q_3=?\ Q_4=?$$

Решение:

Дана электрическая цепь (рис 21)



Выберем произвольно направления токов в участках цепи и, применяя 1-ое правило Кирхгофа для узла 2, запишем уравнение для токов: $I_4 - I_3 - I_2 - I_1 = 0$ (1)

По второму правилу Кирхгофа составим уравнение для контуров, обходя их против часовой стрелки:

для контура $\mathcal{E}_2\ R_1\ \mathcal{E}_1$ (2)

$$I_1 R_1 + I_4 R_4 = \mathcal{E}_1$$

для контура $\mathcal{E}_2\ R_2\ \mathcal{E}_1$ (3)

$$I_2 R_2 + I_4 R_4 = \mathcal{E}_1$$

для контура $\mathcal{E}_2\ R_3\ \mathcal{E}_1$ (4)

$$I_4 R_4 + I_3 R_3 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$$

Решаем полученную систему уравнений (1)-(4), например, методом подстановки с использованием численных значений сопротивлений и ЭДС источников.

Из уравнения (2) выразим
$$I_1 = \frac{15 - 5I_4}{10}$$

Из уравнения (3) выразим
$$I_2 = \frac{30 - 10I_4}{10}$$

Из уравнения (4) выразим
$$I_3 = \frac{25 - 10I_4}{10}$$

Подставим I_1, I_2, I_3 в уравнение (1) и найдем I_4 :

$$\begin{aligned} \frac{25 - 10I_4}{10} + \frac{30 - 10I_4}{10} + \frac{25 - 10I_4}{10} &= I_4 \\ 15 - 5I_4 + 30 - 10I_4 + 25 - 10I_4 &= 10I_4 \\ 35I_4 &= 70 \\ I_4 &= 2\text{ А} \end{aligned}$$

Найдем силу токов I_1, I_2, I_3 :

$$I_1 = \frac{15 - 5 \cdot 2}{10} = 0,5\text{ А}$$

$$I_2 = \frac{30 - 10 \cdot 2}{10} = 1\text{ А}$$

$$I_3 = \frac{25 - 10 \cdot 2}{10} = 0,5\text{ А}$$

Проверим справедливость уравнения (1), подставляя найденные значения силы токов.

$$0,5A+1A+0,5A=2A$$

Теплоту, выделяемую за 10 секунд во всех резисторах, найдем по закону Джоуля-Ленца

$$Q=I^2Rt.$$

Рассчитаем теплоту, выделяемую за $t=10c$

$$Q_1=I_1^2 R_1t=50 \text{ Дж}$$

$$Q_2=I_2^2 R_2t=100 \text{ Дж}$$

$$Q_3=I_3^2 R_3t=20 \text{ Дж}$$

$$Q_4=I_4^2 R_4t=400 \text{ Дж}$$

Примечания:

Если при решении системы уравнений получается отрицательные значения для силы токов или сопротивлений, следует считать направление тока в соответствующем резисторе противоположным выбранному.