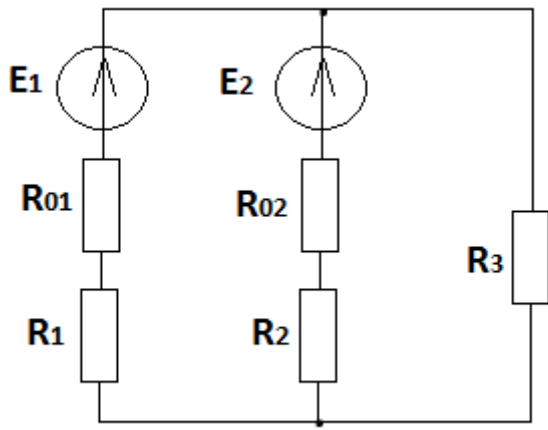


ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

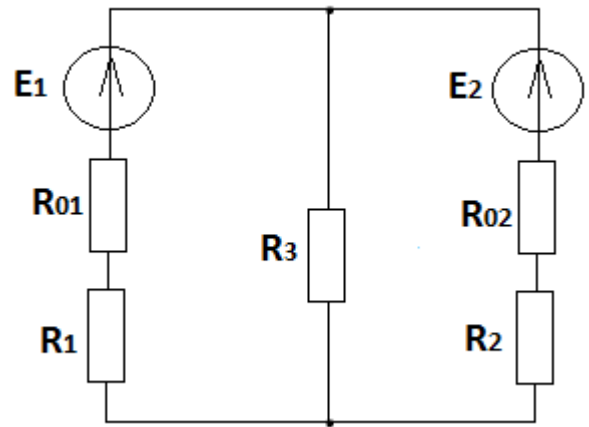
«Расчет сложной электрической цепи методом узловых и контурных уравнений, составленных по законам Кирхгофа»

Определить токи во всех ветвях цепи, если даны ЭДС источников E_1 и E_2 , внутренние сопротивления R_{01} и R_{02} , сопротивление резистора R_3 . Задачу решить методом узловых и контурных уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Составить уравнение баланса мощностей. Данные для задачи взять из таблицы.

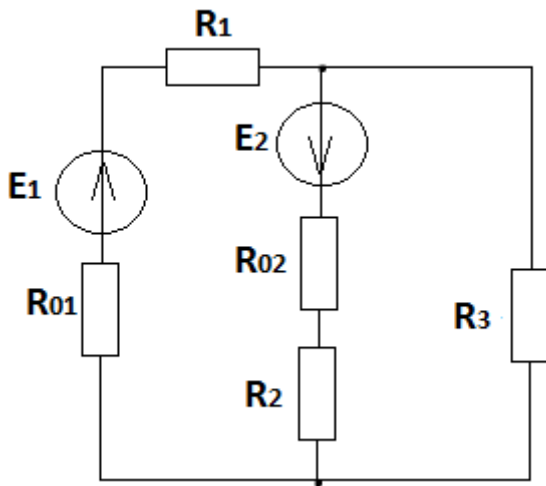
№ вар.	рис.	Заданные величины						
		$E_1, В$	$E_2, В$	$R_{01}, Ом$	$R_{02}, Ом$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$
1	<i>a</i>	180	220	0,1	0,1	3,9	1,9	40
2	<i>б</i>	110	84,5	0,2	0,1	7,8	9,9	12
3	<i>в</i>	104	220	0,01	0,1	1,99	3,9	36
4	<i>г</i>	140	100	0,01	0,02	1,99	7,98	16
5	<i>д</i>	123	120	0,1	1	19,9	9	13,5
6	<i>e</i>	200	160	2	0,1	35,6	17,9	4,4
7	<i>ж</i>	75	100	0,1	3	4,9	3,4	4,6
8	<i>з</i>	200	96	0,2	4	9,8	19,3	10,7
9	<i>и</i>	110	150	0,01	3	14,99	5,2	4,8
10	<i>к</i>	110	115	4	0,02	10,1	23,98	3,9
11	<i>a</i>	110	220	0,1	0,1	3,9	3,9	9
12	<i>б</i>	227	160	1	1	7	8	35
13	<i>в</i>	133	173	2	1	38	9	25
14	<i>г</i>	94	224	1	2	7	23	60
15	<i>д</i>	171	113	0,1	1	9,9	24	75
16	<i>e</i>	320	400	4	0,2	71,2	25,8	8,8
17	<i>ж</i>	200	145	0,2	6	18,8	7,8	13,2
18	<i>з</i>	186	380	0,4	8	19,6	41,6	21,4
19	<i>и</i>	300	220	0,02	6	29,98	11,4	13,6
20	<i>к</i>	330	210	8	0,04	21,2	47,96	7,8
21	<i>a</i>	360	400	0,2	0,2	7,8	3,8	60
22	<i>б</i>	220	118	0,4	0,2	15,6	19,8	20
23	<i>в</i>	205	160	0,02	0,2	3,98	16,8	50
24	<i>г</i>	280	200	0,02	0,04	4,98	14,96	25
25	<i>д</i>	150	125	0,2	2	39,8	18	12
26	<i>e</i>	85	100	1	0,01	16,3	8,98	2,7
27	<i>ж</i>	175	145	0,01	2	7,98	5,5	8,5
28	<i>з</i>	65	135	0,1	3	13,8	14,4	9,8
29	<i>и</i>	450	310	0,2	9	44,8	24,2	16
30	<i>к</i>	260	180	2	0,06	16,4	36,96	6,7



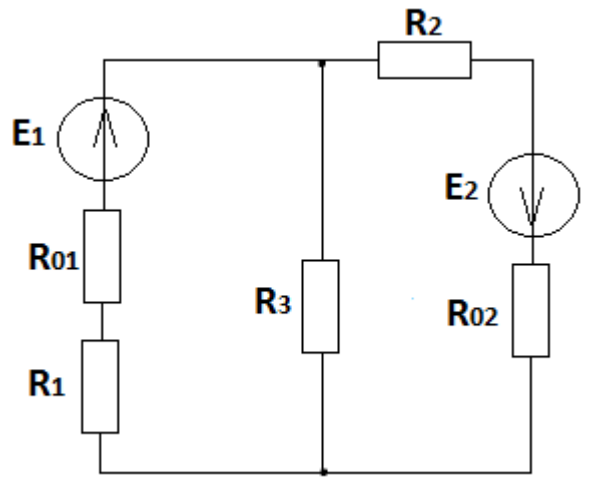
a)



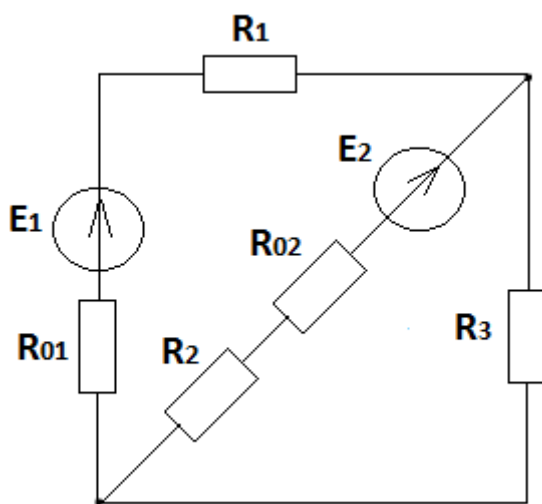
b)



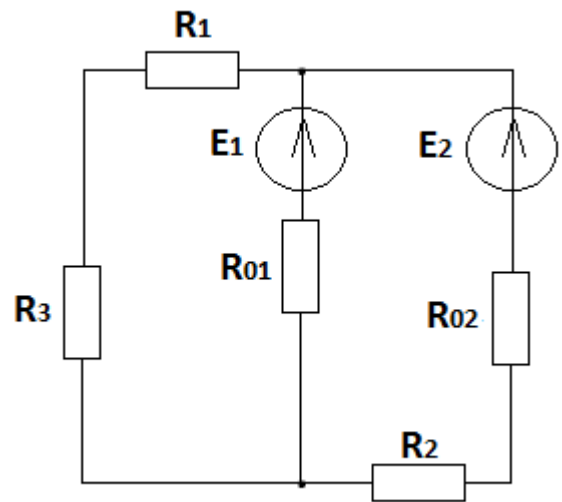
c)



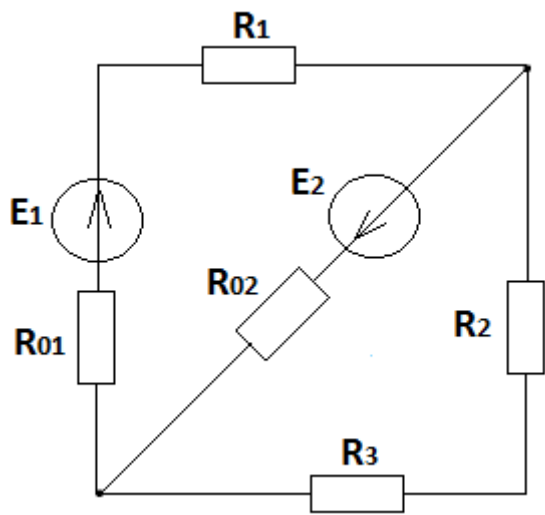
d)



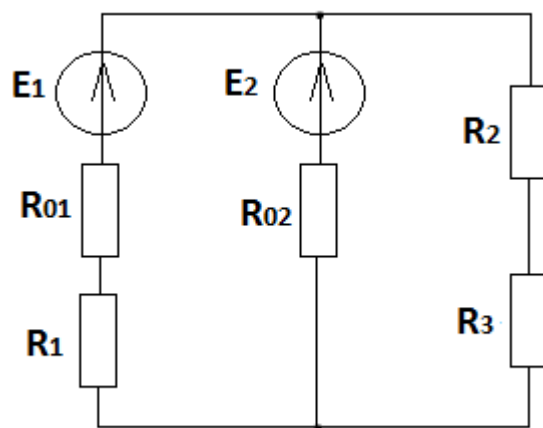
e)



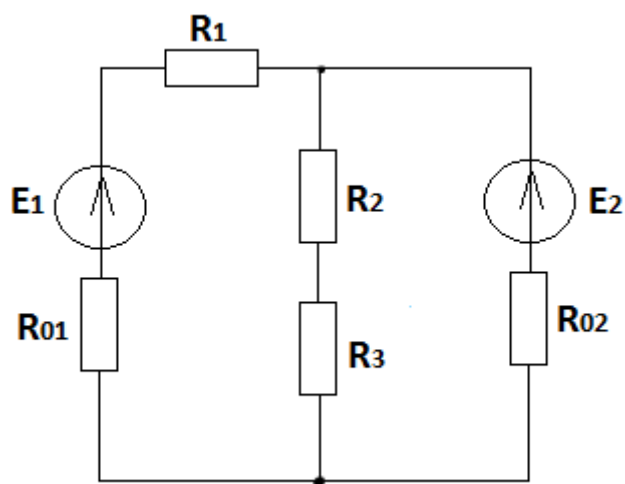
f)



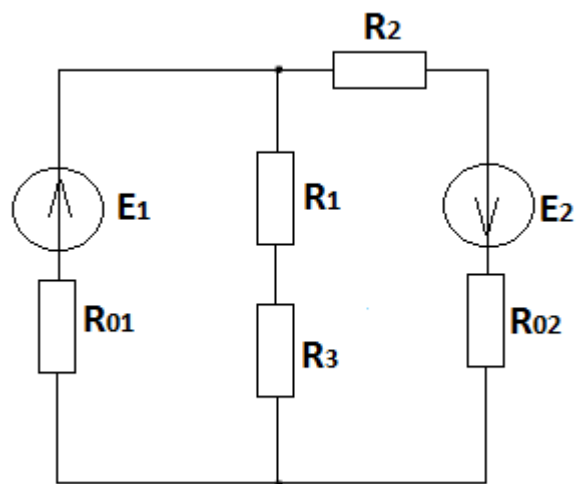
ж)



з)



и)



к)

ПРИМЕР

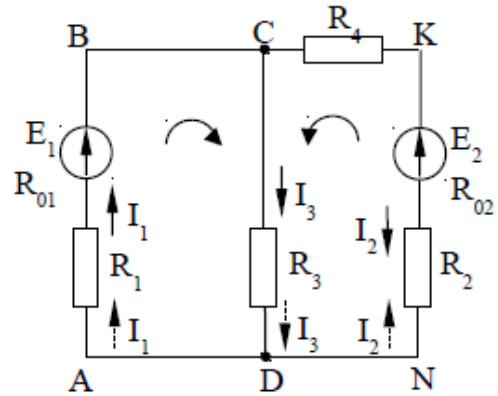
Определить токи во всех ветвях цепи, если ЭДС источников энергии $E_1=180$ В, $E_2=96$ В, их внутренние сопротивления $R_{01}=0,1$ Ом, $R_{02}=2$ Ом; сопротивления резисторов $R_1=7,9$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=32$ Ом, $R_4=10$ Ом.

Задачу решить методом узловых и контурных уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Составить уравнение баланса мощностей.

Дано:

- $E_1=180$ В;
- $E_2=96$ В;
- $R_{01}=0,1$ Ом;
- $R_{02}=2$ Ом;
- $R_1=7,9$ Ом;
- $R_2=20$ Ом;
- $R_3=32$ Ом;
- $R_4=10$ Ом.

Определить: I_1, I_2, I_3 .



Решение.

Количество неизвестных токов равно количеству ветвей в цепи. На рисунке три ветви, следовательно, неизвестных токов три, для их нахождения необходимо составить систему из трех уравнений.

1. Обозначим контуры буквами.
2. На схеме произвольно показываем предварительное направление токов (пунктир).
3. Сначала составляем уравнение по первому закону Кирхгофа. Количество этих уравнений равно числу узлов в схеме без одного. На схеме два узла – С и D, следовательно, составляем одно уравнение по первому закону Кирхгофа, например, для узловой точки С: $I_1+I_2=I_3$.

Остальные уравнения ($3-1=2$) составляются по второму закону Кирхгофа, т. е. два уравнения.

Второе уравнение составим для контура ABCDA, направление обхода контура примем «по часовой стрелке»:

$$E_1=I_1(R_1+R_{01})+I_3R_3.$$

Третье уравнение составим для контура CKNDC; направление обхода контура примем «против часовой стрелки»:

$$E_2=I_2(R_2+R_{02}+R_4)+I_3R_3.$$

4 Подставляем исходные данные в полученную систему из трех уравнений и решаем эту систему относительно неизвестных токов:

$$\begin{cases} I_1+I_2=I_3 \\ E_1=I_1(R_1+R_{01})+I_3R_3 \\ E_2=I_2(R_2+R_{02}+R_4)+I_3R_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1+I_2=I_3 & (1) \\ 180=I_1(7,9+0,1)+I_3 \cdot 32 & (2) \\ 96=I_2(20+2+10)+I_3 \cdot 32 & (3) \end{cases}$$

Из второго уравнения получаем:

$$180=8 \cdot I_1+32 \cdot I_3;$$

$$I_1 = \frac{180 - 32 \cdot I_3}{8} = 22,5 - 4 \cdot I_3. \quad (a)$$

Из третьего уравнения получаем:

$$96=32 \cdot I_2+32 \cdot I_3;$$

$$I_2 = \frac{96 - 32 \cdot I_3}{32} = 3 - I_3. \quad (б)$$

Подставляем выражения (а) и (б) в первое уравнение и находим ток I_3 .

$$22,5-4 \cdot I_3+3 \cdot I_3=I_3;$$

$$22,5+3=I_3+4 I_3+ I_3;$$

$$25,5=6 I_3;$$

$$I_3 = \frac{22,5}{6} = 4,25 \text{ A.}$$

Значение тока I_3 подставляем в выражения (а) и (б) и определяем токи I_1 и I_2 :

$$I_1=22,5-4 I_3=22,5-4 \cdot 2,5=5,5 \text{ A};$$

$$I_2=3-I_3=3-4,25= -1,25 \text{ A.}$$

Ток I_2 получился отрицательным, это значит, что первоначально произвольно принятое направление тока I_2 от точки D к точке C оказалось неверным и должно быть изменено на противоположное. На схеме показываем действительное направление токов.

5 Составим уравнение баланса мощностей цепи.

В любой электрической цепи алгебраическая сумма мощностей источников энергии равна сумме мощностей, потребляемых сопротивлениями цепи, и мощности потерь внутри источников, т. е.

$$\sum P_{ист} = \sum P_{номп} + \sum P_0 .$$

В левой части уравнения мощность источника, работающего в режиме генератора учитывается со знаком «плюс», в режиме потребителя – со знаком «минус».

Режим работы источника определяется по направлению действия ЭДС и положительному направлению тока данной ветви: если эти направления совпадают, то источник работает в режиме генератора; если не совпадают, то источник работает в режиме потребителя.

Для данной цепи:

$$E_1 I_1 - E_2 I_2 = I_1^2 (R_1 + R_{01}) + I_2^2 (R_2 + R_{02} + R_4) + I_3^2 R_3;$$

$$180 \cdot 5,5 - 96 \cdot 1,25 = 5,5^2 \cdot (7,9 + 0,11) + 1,25^2 \cdot (20 + 2 + 10) + 4,25^2 \cdot 32;$$

$$990 - 120 = 242 + 50 + 578;$$

$$870 \text{ Вт} = 870 \text{ Вт.}$$