

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Типовой расчет №1

Вариант №98.

Выполнено
студентом группы ВВ-2-06
Котоминым Иваном

Преподаватель:
Лысенко В.Г.

Москва - 2007

1. Упростить схему, заменив последовательно и параллельно соединенные резисторы четвертой и шестой ветвей эквивалентными.

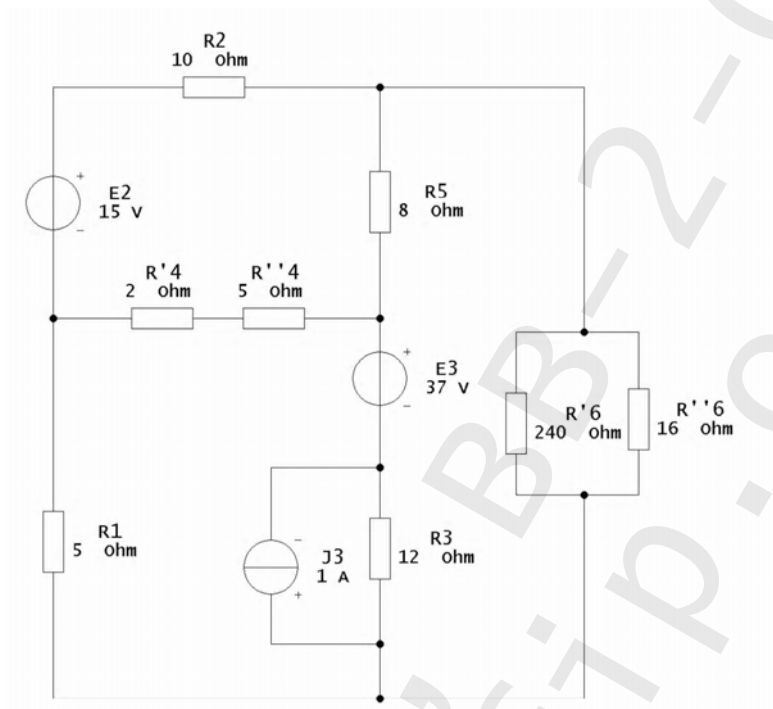


Рис. 1. Исходная цепь.

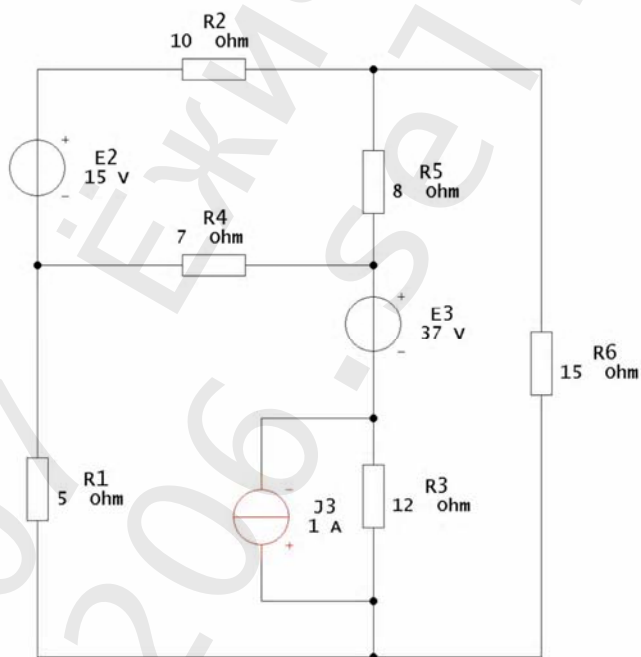


Рис. 2. Цепь после замены резисторов эквивалентными.

Параллельное соединение	Последовательное соединение
$R6 := \frac{R61 \cdot R62}{R61 + R62}$ $R6 = 15$	$R4 := R41 + R42$ $R4 = 7$

2. Составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчета токов во всех ветвях цепи.

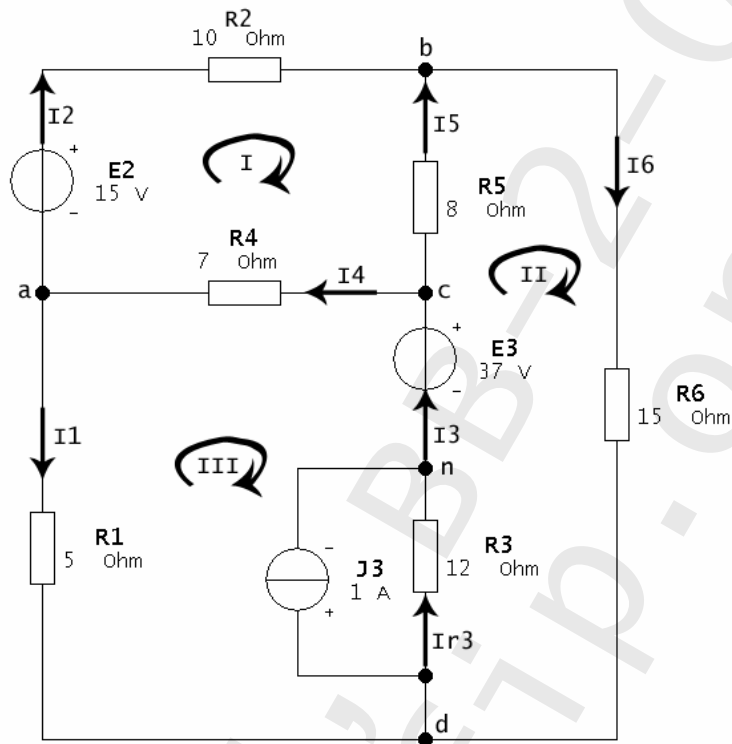


Рис. 3. Направления обхода контуров.

Уравнения и расчет по законам Кирхгофа:

5 узлов, $5-1=4$ уравнений по первому закону.

Узел а: $-I_2 + I_4 - I_1 = 0$

Узел б: $I_5 + I_2 - I_6 = 0$

Узел с: $I_3 - I_4 - I_5 = 0$

Узел n: $I_r3 - J_3 - I_3 = 0$

Контур I: $I_2 \cdot R_2 - I_5 \cdot R_5 + I_4 \cdot R_4 = E_2$

Контур II: $I_6 \cdot R_6 + I_r3 \cdot R_3 + I_5 \cdot R_5 = E_3$

Контур III: $-I_4 \cdot R_4 - I_r3 \cdot R_3 - I_1 \cdot R_1 = -E_3$

Find(I1, I2, I3, I4, I5, I6, Ir3) float, 4 →

$$\begin{pmatrix} .4889 \\ .6884 \\ 1.193 \\ 1.177 \\ .1562e-1 \\ .7040 \\ 2.193 \end{pmatrix}$$

3. Определить токи во всех ветвях схемы методом контурных токов.

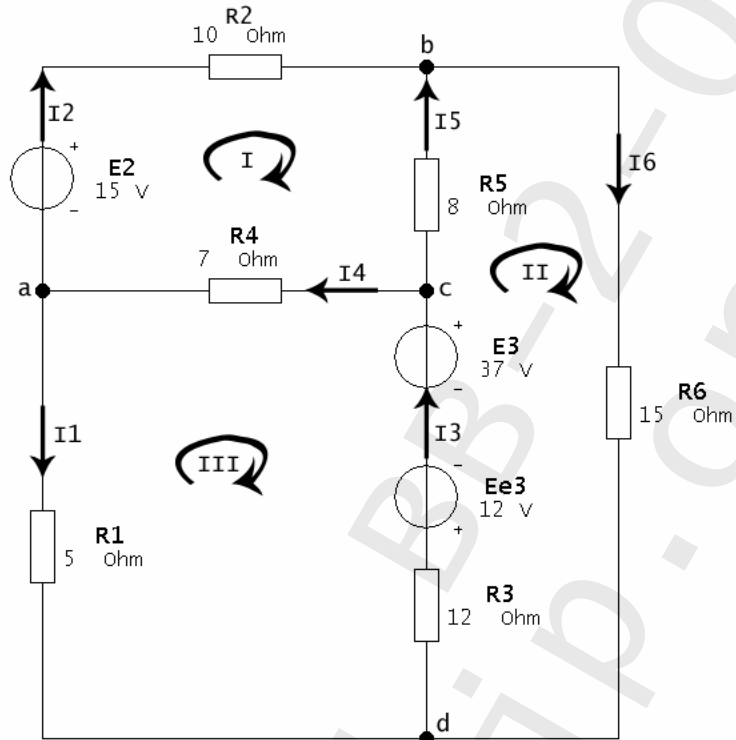


Рис. 4. Цепь с заменой источника тока на источник ЭДС.

1. Заменяем источник тока на эквивалентный источник ЭДС.

$$Ee3 := I3 \cdot R3$$

$$Ee3 = 12$$

2. Выражения для сопротивлений контурной матрицы:

$$\begin{array}{lll} R11 := R2 + R5 + R4 & R12 := -R5 & R13 := -R4 \\ R22 := R5 + R6 + R3 & R21 := -R5 & R23 := -R3 \\ R33 := R4 + R1 + R3 & R31 := -R4 & R32 := -R3 \end{array}$$

3. Контурные ЭДС:

$$E11 := E2$$

$$E22 := E3 - Ee3$$

$$E33 := -E3 + Ee3$$

4. Расчет контурных токов

$$\begin{pmatrix} I11 \\ I22 \\ I33 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R11 & R12 & R13 \\ R21 & R22 & R23 \\ R31 & R32 & R33 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} E11 \\ E22 \\ E33 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} R11 & R12 & R13 \\ R21 & R22 & R23 \\ R31 & R32 & R33 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} E11 \\ E22 \\ E33 \end{pmatrix} \text{ float, 4} \rightarrow \begin{pmatrix} .6884 \\ .7040 \\ -.4889 \end{pmatrix}$$

Контурные токи

$$I11 = 0.688 \text{ A}$$

$$I22 = 0.704 \text{ A}$$

$$I33 = -0.489 \text{ A}$$

5. Токи в ветвях цепи

$$I1 := -I33 \quad I1 = 0.489 \text{ A}$$

$$I2 := I11 \quad I2 = 0.688 \text{ A}$$

$$I3 := I22 - I33 \quad I3 = 1.193 \text{ A}$$

$$I4 := I11 - I33 \quad I4 = 1.177 \text{ A}$$

$$I5 := I22 - I11 \quad I5 = 0.016 \text{ A}$$

$$I6 := I22 \quad I6 = 0.704 \text{ A}$$

4. Определить токи во всех ветвях цепи методом узловых потенциалов.

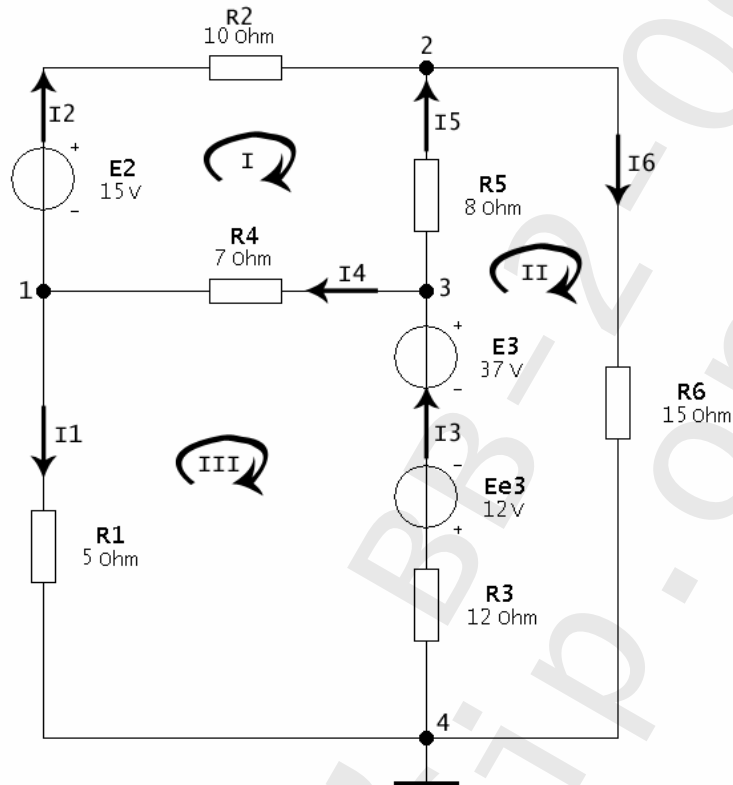


Рис. 5. Цепь с заземлением точки 4.

$$\begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \end{pmatrix}$$

1. Определяем узловые проводимости

$$\begin{aligned} G_{11} &:= \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} & G_{12} &:= -\frac{1}{R_2} & G_{13} &:= -\frac{1}{R_4} \\ G_{22} &:= \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} & G_{21} &:= -\frac{1}{R_2} & G_{23} &:= -\frac{1}{R_5} \\ G_{33} &:= \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} & G_{31} &:= -\frac{1}{R_4} & G_{32} &:= -\frac{1}{R_5} \end{aligned}$$

2. Выражения для узловых токов:

$$\begin{aligned} J_1 &:= \frac{E_2}{R_2} \\ J_2 &:= \frac{-E_2}{R_2} \\ J_3 &:= \frac{E_{e3} - E_3}{R_3} \end{aligned}$$

3. Находим узловые потенциалы:

$$\begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \phi_1 &= -2.444 \\ \phi_2 &= -10.56 \\ \phi_3 &= -10.685 \\ \phi_4 &= 0 \end{aligned}$$

4. Находим токи в ветвях цепи

$$I_1 := \frac{\phi_4 - \phi_1}{R_1} \quad I_1 = 0.489 \text{ A}$$

$$I_2 := \frac{\phi_2 - \phi_1 + E_2}{R_2} \quad I_2 = 0.688 \text{ A}$$

$$I_3 := \frac{\phi_3 - \phi_4 - E_3 + E_3}{R_3} \quad I_3 = 1.193 \text{ A}$$

$$I_4 := \frac{\phi_1 - \phi_3}{R_4} \quad I_4 = 1.177 \text{ A}$$

$$I_5 := \frac{\phi_2 - \phi_3}{R_5} \quad I_5 = 0.016 \text{ A}$$

$$I_6 := \frac{\phi_4 - \phi_2}{R_6} \quad I_6 = 0.704 \text{ A}$$

5. Результаты расчета токов, проведенного двумя методами, свести в таблицу и сравнить между собой.

I_n	Ток по МКТ, А	Ток по МУП, А	Разница, А
1	0,489	0,489	0
2	0,688	0,688	0
3	1,193	1,193	0
4	1,177	1,177	0
5	0,016	0,016	0
6	0,704	0,704	0

6. Составить баланс мощностей в исходной схеме (с источником тока), вычислив суммарную мощность источников и суммарную мощность нагрузок (сопротивлений).

$$\sum_k (I^2 \cdot R) = \sum_k (E_k \cdot I_k) + \sum_k (J_k \cdot U_k)$$

$$\sum_k (I^2 \cdot R)$$

$$(I_1)^2 \cdot R_1 + (I_2)^2 \cdot R_2 + (I_3)^2 \cdot R_3 + (I_4)^2 \cdot R_4 + (I_5)^2 \cdot R_5 + (I_6)^2 \cdot R_6 = 80.774$$

$$\sum_k (E_k \cdot I_k) + \sum_k (J_k \cdot U_k)$$

$$E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 + J_3 \cdot (I_3 \cdot R_3) = 80.777$$

Баланс мощностей выполняется.

7. Определить ток I_1 в заданной схеме с источником тока, используя метод эквивалентного генератора.

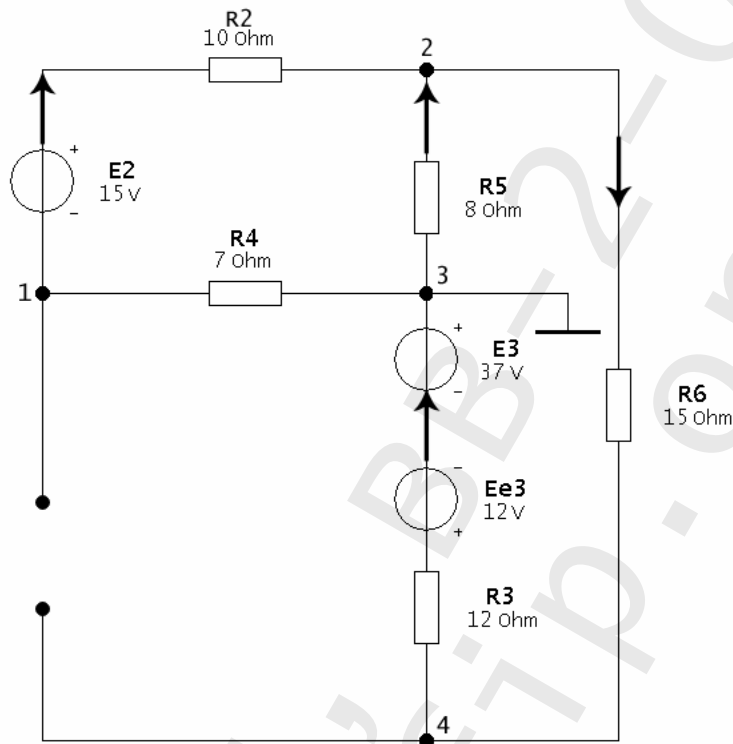


Рис. 6. Разомкнутая на R_1 цепь.

Для определения входного сопротивления двухполюсника преобразуем схему соединения треугольником в эквивалентную схему соединения звездой.

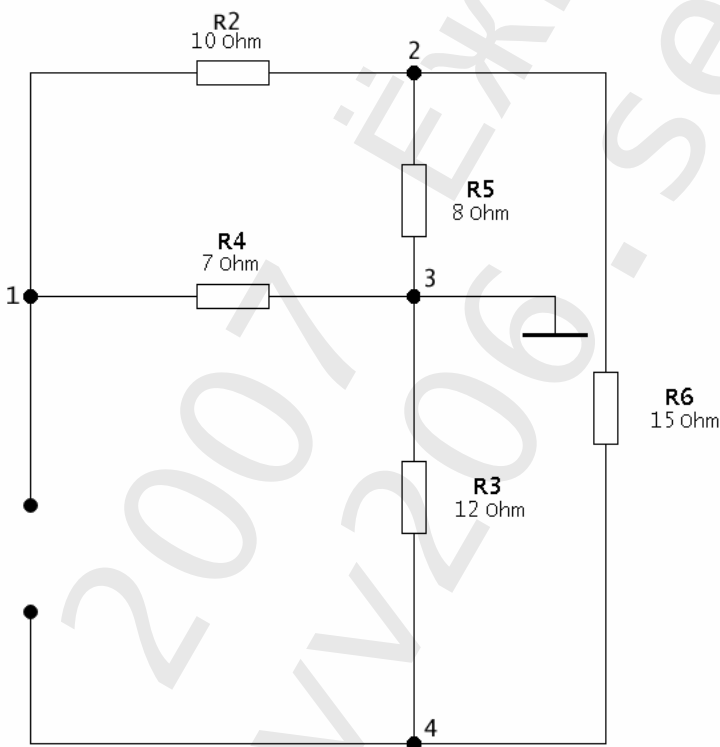


Рис. 7. Исходная цепь – тип соединения «треугольник»

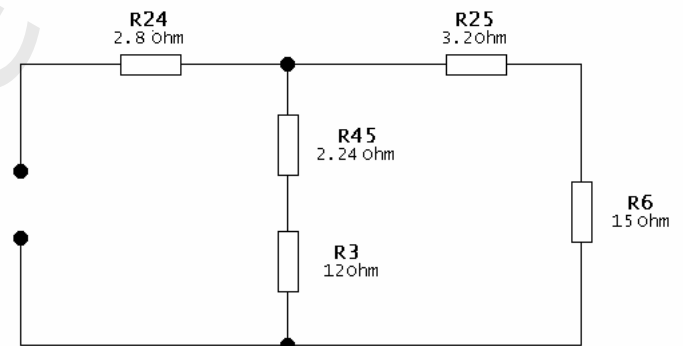


Рис. 8. Преобразование в тип соединения «звезда»

1. Переход от типа соединения «треугольник» к «звезде».

$$R_{24} := \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_5 + R_4}$$

$$R_{25} := \frac{R_2 \cdot R_5}{R_2 + R_5 + R_4}$$

$$R_{45} := \frac{R_5 \cdot R_4}{R_2 + R_5 + R_4}$$

$$R_{24} = 2.8 \text{ Ом} \quad R_{25} = 3.2 \text{ Ом} \quad R_{45} = 2.24 \text{ Ом}$$

2. Подсчет выходного сопротивления цепи.

$$R_i := \frac{(R_{25} + R_6) \cdot (R_{45} + R_3)}{R_{25} + R_6 + R_{45} + R_3} + R_{24}$$

$$R_i = 10.789 \text{ Ом}$$

3. Определяем напряжение холостого хода. Применяем МУП для цепи рис. 6.

$$\phi_3 := 0$$

$$\phi_2 \left(\frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3 + R_6} \right) = \frac{E_{e3} - E_3}{R_3 + R_6} + \frac{E_2}{R_2 + R_4}$$

$$\phi_2 := \frac{\left(\frac{E_{e3} - E_3}{R_3 + R_6} + \frac{E_2}{R_2 + R_4} \right)}{\left(\frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3 + R_6} \right)}$$

$$\phi_2 = -0.197$$

4. Находим токи в ветвях цепи.

$$I_5 := \frac{\phi_3 - \phi_2}{R_5}$$

$$I_2 := \frac{\phi_3 - \phi_2 + E_2}{R_2 + R_4}$$

$$I_3 := \frac{-\phi_3 + \phi_2 + E_3 - E_{e3}}{R_3 + R_6}$$

$$I_4 := I_2 \quad I_6 := I_3$$

$$I_2 = 0.894 \quad I_3 = 0.919 \quad I_4 = 0.894$$

$$I_5 = 0.025 \quad I_6 = 0.919$$

5. Находим напряжение холостого хода

$$\phi_1 := \phi_2 - I_5 \cdot R_5 + I_4 \cdot R_4$$

$$\phi_4 := \phi_2 + I_6 \cdot R_6$$

$$U_{21xx} := \phi_4 - \phi_1$$

$$U_{21xx} = 7.719$$

6. Находим ток I1

$$I_1 := \frac{U_{21xx}}{R_i + R_1}$$

$$I_1 = 0.489 \text{ А}$$

8. Начертить потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего в себя обе ЭДС.

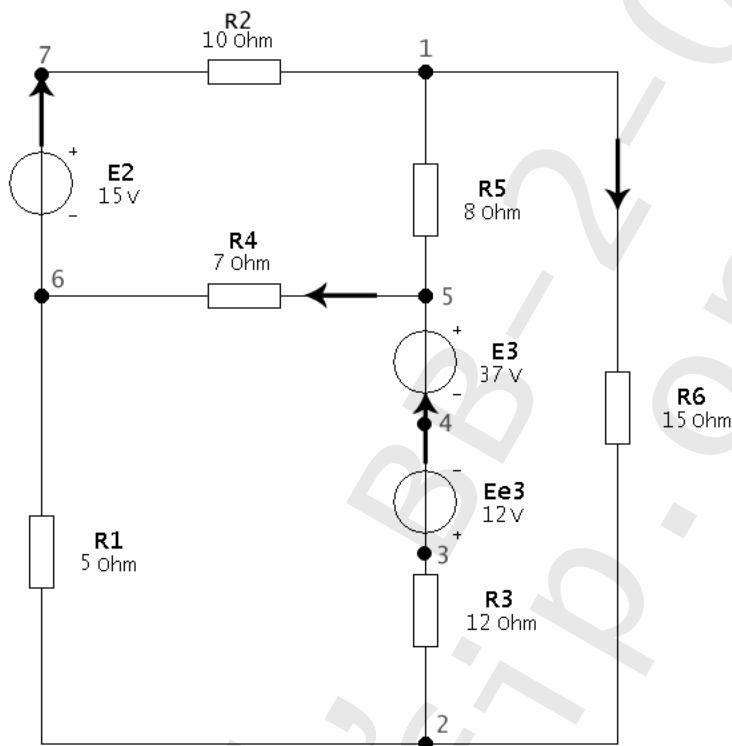


Рис.9. Обход контура 12345671.

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &:= 0 \\
 \phi_2 &:= \phi_1 - I_6 \cdot R_6 & \phi_2 &= -10.56 \\
 \phi_3 &:= \phi_2 - I_3 \cdot R_3 & \phi_3 &= -24.876 \\
 \phi_4 &:= \phi_3 - E_{e3} & \phi_4 &= -36.876 \\
 \phi_5 &:= \phi_4 + E_3 & \phi_5 &= 0.124 \\
 \phi_6 &:= \phi_5 - I_4 \cdot R_4 & \phi_6 &= -8.115 \\
 \phi_7 &:= \phi_6 + E_2 & \phi_7 &= 6.885 \\
 \phi_1 &:= \phi_7 - I_2 \cdot R_2 & \phi_1 &= 5 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

