

ТИПОВОЙ РАСЧЁТ №1

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Вариант №1

*ВВ-2-06  
Красняков А.М.*

МИРЭА, 2007

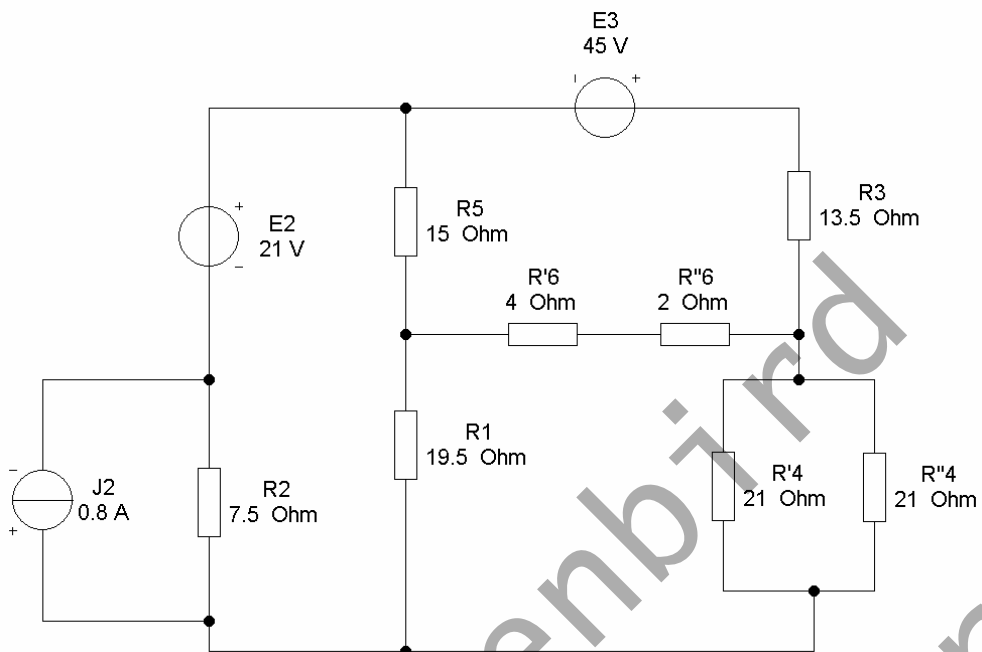


Рис. 1. Исходная схема.

**1. Упростить схему (рис. 1), заменив последовательно и параллельно соединённые резисторы четвёртой и шестой ветвей эквивалентными.**

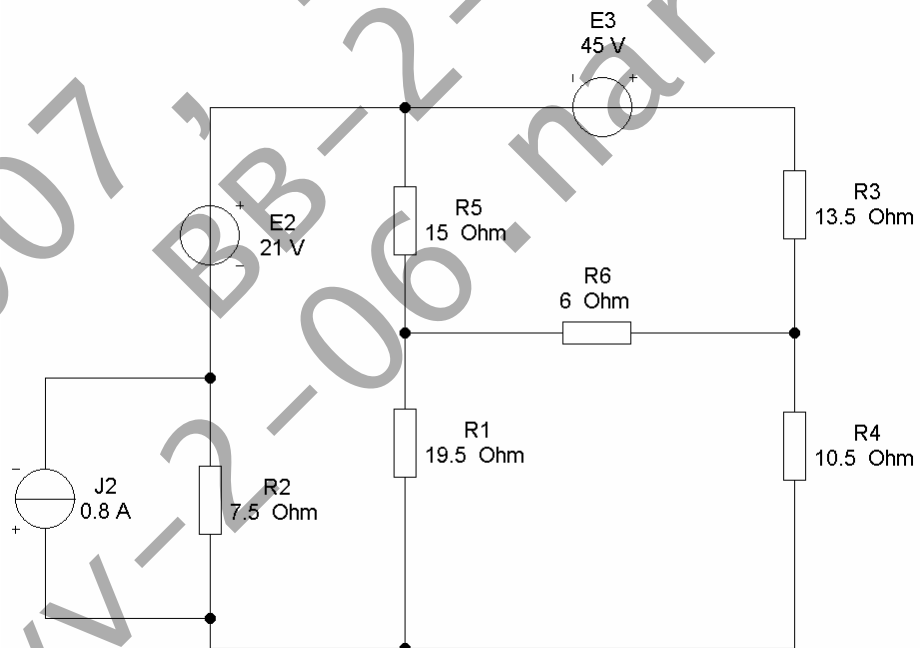


Рис. 2. Схема с заменой резисторов 4-й и 6-й ветвей эквивалентными.

**2. Составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчёта токов во всех ветвях схемы.**

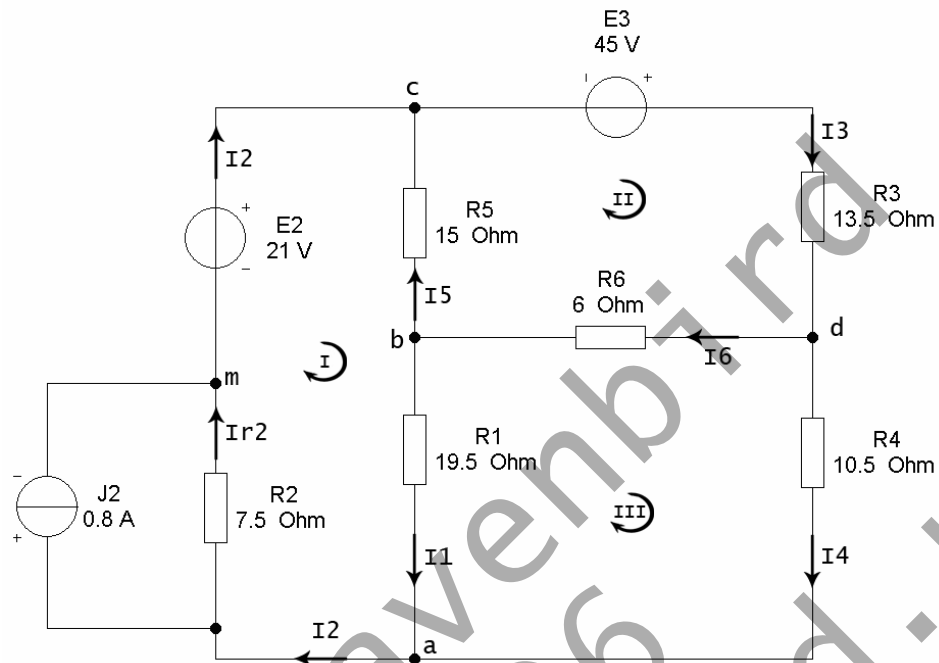


Рис. 3. Схема с указанием направления токов и направления обхода контуров.

$R1 := 19.5 \text{ OM}$        $E2 := 21 \text{ B}$   
 $R2 := 7.5 \text{ OM}$        $E3 := 45 \text{ B}$   
 $R3 := 13.5 \text{ OM}$        $J2 := 0.8 \text{ A}$   
 $R4 := 10.5 \text{ OM}$   
 $R5 := 15 \text{ OM}$   
 $R6 := 6 \text{ OM}$

Given

Узел a       $I1 + I4 - I2 = 0$   
 Узел b       $-I1 - I5 + I6 = 0$   
 Узел c       $I2 - I3 + I5 = 0$   
 Узел m       $I_{r2} - J2 - I2 = 0$

Контур I       $-I5 \cdot R5 + I1 \cdot R1 + I_{r2} \cdot R2 = E2$

Контур II       $I5 \cdot R5 + I3 \cdot R3 + I6 \cdot R6 = E3$

Контур III       $-I6 \cdot R6 + I4 \cdot R4 - I1 \cdot R1 = 0$

Find (I1, I2, Ir2, I3, I4, I5, I6) float, 4 →

(	.4518	)
(	1.838	)
(	2.638	)
(	2.345	)
(	1.387	)
(	.5064	)
(	.9582	)

3. Определить токи во всех ветвях методом контурных токов.

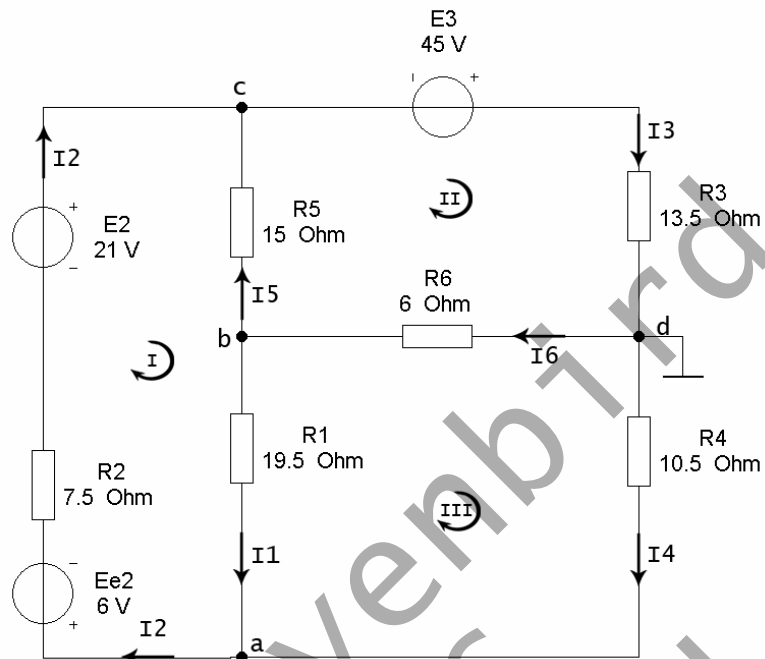


Рис. 4. Схема с заменой источника тока на эквивалентный источник ЭДС и заземлённым узлом d.

Замена источника тока на эквивалентный источник ЭДС

$$E_{e2} := I_2 \cdot R_2 \quad E_{e2} = 6 \text{ В}$$

Сопротивления контурной матрицы

$$R_{11} := R_1 + R_2 + R_5$$

$$R_{12} := -R_5$$

$$R_{13} := -R_1$$

$$R_{22} := R_3 + R_5 + R_6$$

$$R_{21} := -R_5$$

$$R_{23} := -R_6$$

$$R_{33} := R_1 + R_4 + R_6$$

$$R_{31} := -R_1$$

$$R_{32} := -R_6$$

Контурные ЭДС

$$E_{11} := E_2 - E_{e2}$$

$$E_{22} := E_3$$

$$E_{33} := 0$$

## Расчёт контурных токов

$$\begin{pmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} E_{11} \\ E_{22} \\ E_{33} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} E_{11} \\ E_{22} \\ E_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.838 \\ 2.345 \\ 1.387 \end{pmatrix}$$

### Контурные токи

$$I_{11} := 1.838 \text{ A}$$

$$I_{22} := 2.345 \text{ A}$$

$$I_{33} := 1.387 \text{ A}$$

### Токи ветвей цепи

$$I_1 := I_{11} - I_{33} \quad I_1 = 0.451 \text{ A}$$

$$I_2 := I_{11} \quad I_2 = 1.838 \text{ A}$$

$$I_3 := I_{22} \quad I_3 = 2.345 \text{ A}$$

$$I_4 := I_{33} \quad I_4 = 1.387 \text{ A}$$

$$I_5 := I_{22} - I_{11} \quad I_5 = 0.507 \text{ A}$$

$$I_6 := I_{22} - I_{33} \quad I_6 = 0.958 \text{ A}$$

#### 4. Определить токи во всех узлах схемы методом узловых потенциалов.

См. рис. 4.

Пронумеруем узлы: а – 1, b – 2, с – 3, d – 4.

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

Узловые проводимости

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

Узловые токи

$$J_1 := \frac{Ee_2 - E_2}{R_2}$$

$$J_2 := 0$$

$$J_3 := \frac{E_2 - Ee_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3}$$

Узловые потенциалы

$$\begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \end{pmatrix} \text{ float, 5} \rightarrow \begin{pmatrix} -14.559 \\ -5.7493 \\ -13.346 \end{pmatrix}$$

$$\phi_1 := -14.559 \text{ В}$$

$$\phi_2 := -5.749 \text{ В}$$

$$\phi_3 := -13.346 \text{ В}$$

$$\phi_4 := 0$$

## Токи ветвей цепи

$$I1 := \frac{\phi2 - \phi1}{R1} \quad I1 = 0.452 \quad A$$

$$I2 := \frac{\phi1 - \phi3 - Ee2 + E2}{R2} \quad I2 = 1.838 \quad A$$

$$I3 := \frac{\phi3 - \phi4 + E3}{R3} \quad I3 = 2.345 \quad A$$

$$I4 := \frac{\phi4 - \phi1}{R4} \quad I4 = 1.387 \quad A$$

$$I5 := \frac{\phi2 - \phi3}{R5} \quad I5 = 0.506 \quad A$$

$$I6 := \frac{\phi4 - \phi2}{R6} \quad I6 = 0.958 \quad A$$

**5. Результаты расчёта токов, проведённого двумя методами, свести в таблицу и сравнить между собой.**

№	Ток по МКТ, А	Ток по МУП, А	Разница, А
1	0.451	0.452	0.001
2	1.838	1.838	0
3	2.345	2.345	0
4	1.387	1.387	0
5	0.507	0.506	0.001
6	0.958	0.958	0

**6. Составить баланс мощностей в исходной схеме.**

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

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

$$(I_1)^2 \cdot R_1 + (I_2)^2 \cdot R_2 + (I_3)^2 \cdot R_3 + (I_4)^2 \cdot R_4 + (I_5)^2 \cdot R_5 + (I_6)^2 \cdot R_6 = 159.96 \quad \text{Вт}$$

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

$$E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 + J_2 \cdot (I_2 \cdot R_2) = 159.951 \quad \text{Вт}$$

Баланс мощностей выполняется.



7. Определить ток  $I_1$ , используя метод эквивалентного генератора.

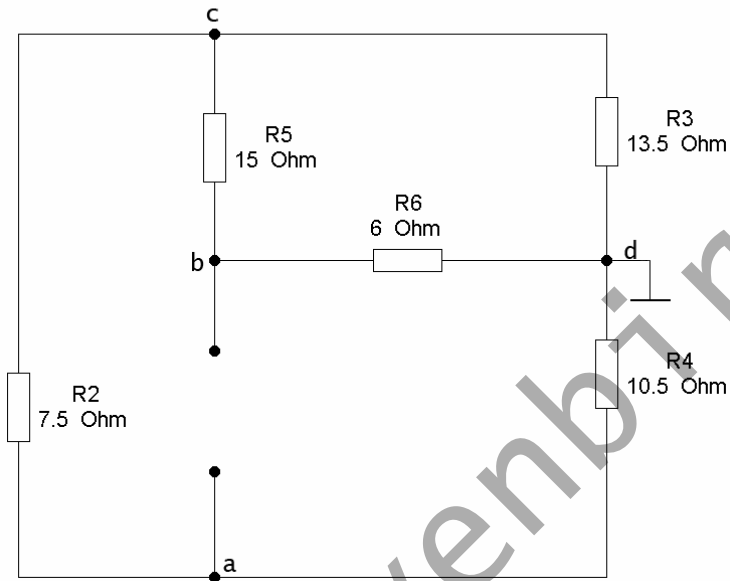


Рис. 5. Схема с разомкнутой ветвью с неизвестным током.

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

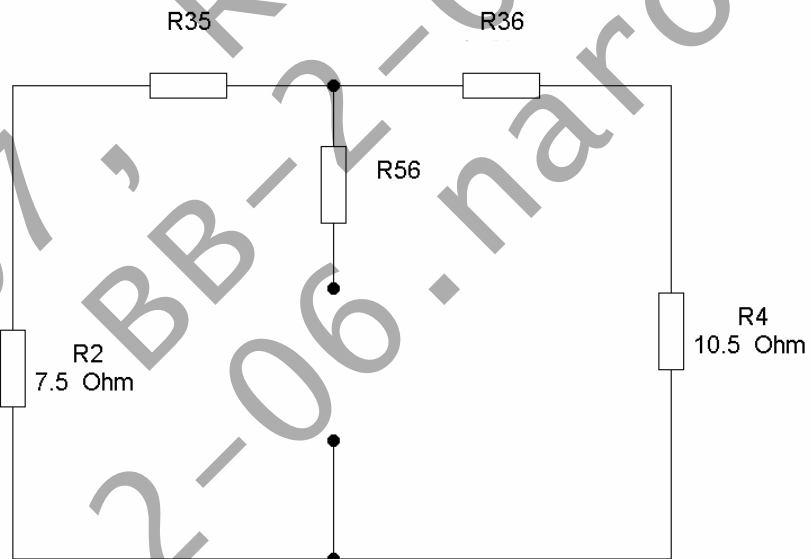


Рис. 6. Переход от схемы соединения треугольником к эквивалентной схеме соединения звездой.

Переход от треугольника к звезде

$$R_{35} := \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5 + R_6} \quad R_{35} = 5.87 \quad \text{Ом}$$

$$R_{36} := \frac{R_3 \cdot R_6}{R_3 + R_5 + R_6} \quad R_{36} = 2.348 \quad \text{Ом}$$

$$R_{56} := \frac{R_5 \cdot R_6}{R_3 + R_5 + R_6} \quad R_{56} = 2.609 \quad \text{Ом}$$

$$R_i := \frac{(R_2 + R_{35}) \cdot (R_{36} + R_4)}{R_2 + R_{35} + R_{36} + R_4} + R_{56} \quad R_i = 9.16 \quad \text{Ом}$$

$R_i$  – входное сопротивление.

Определим напряжение холостого хода.

Применим МУП для полученной схемы (рис. 5)

$$\phi_4 := 0$$

$$\phi_3 \cdot \left( \frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_5 + R_6} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{E_2 - E_{e2}}{R_2 + R_4} - \frac{E_3}{R_3}$$

$$\phi_3 := \frac{\frac{E_2 - E_{e2}}{R_2 + R_4} - \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_5 + R_6} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\phi_3 = -14.104 \quad \text{В}$$

Токи в ветвях схемы

$$I_5 := \frac{\phi_4 - \phi_3}{R_5 + R_6} \quad I_6 := I_5 \quad I_5 = 0.672$$

$$I_2 := \frac{\phi_4 - \phi_3 - E_{e2} + E_2}{R_4 + R_2} \quad I_4 := I_2 \quad I_2 = 1.617$$

Напряжение холостого хода

$$U_{21xx} := \phi_2 - \phi_1$$

$$U_{21xx} := R_4 \cdot I_4 - I_6 \cdot R_6 \quad U_{21xx} = 12.948 \quad \text{В}$$

Найдём ток  $I_1$

$$I_1 := \frac{U_{21xx}}{R_i + R_1} \quad I_1 = 0.452 \quad \text{А}$$

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

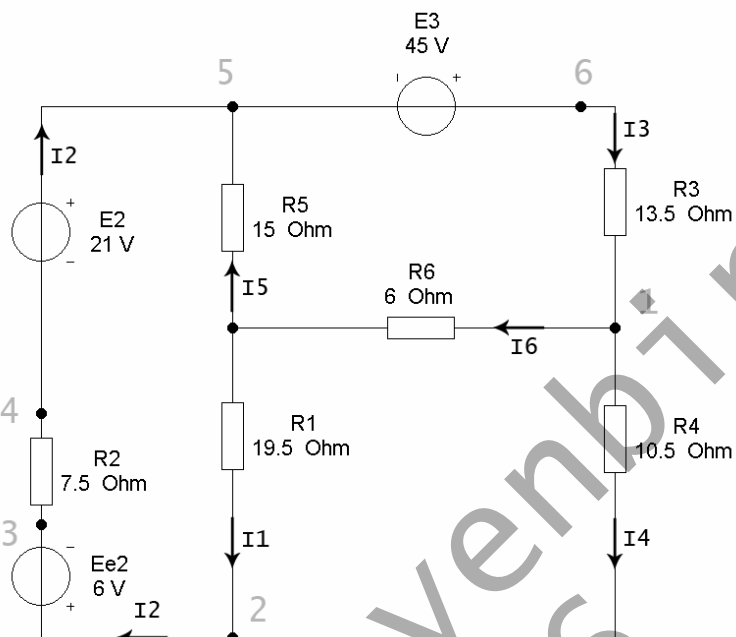
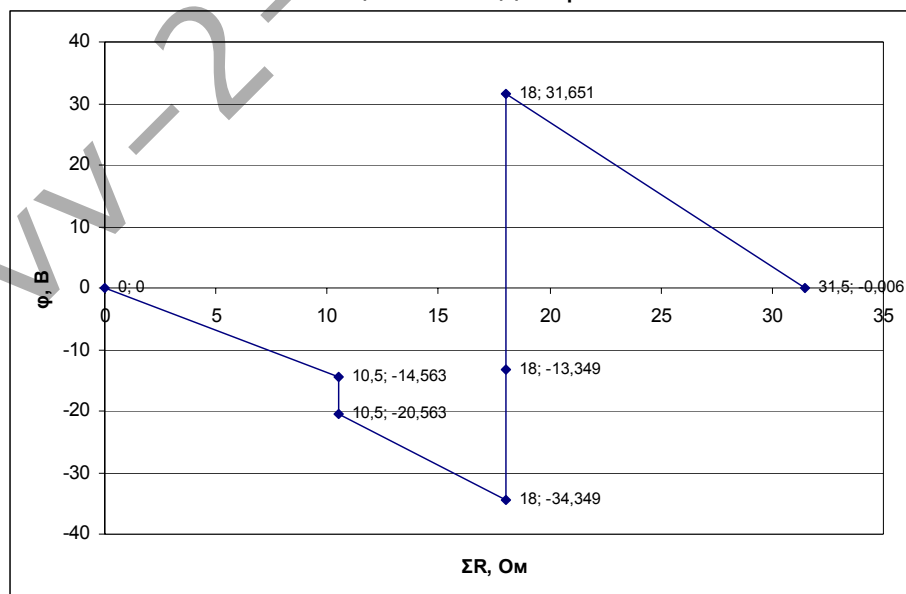


Рис. 7. Схема с указанием обходного контура.

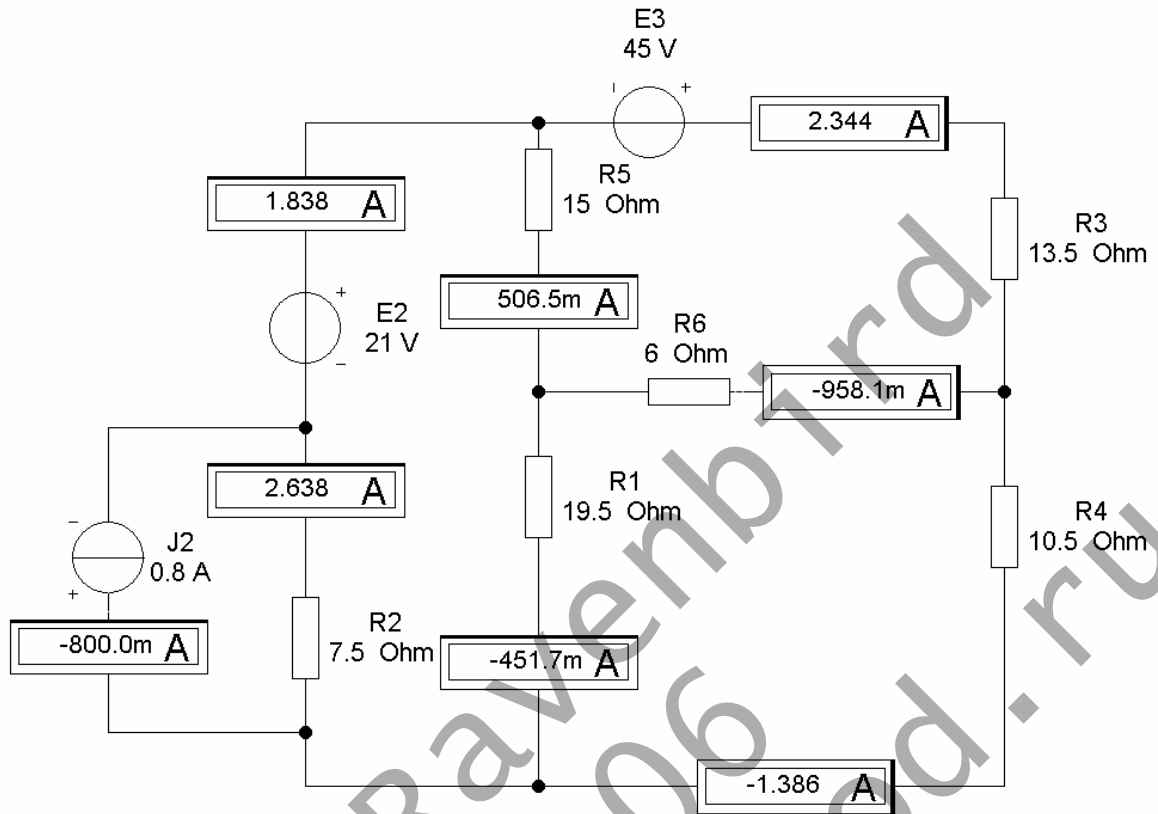
Контур 1-2-3-4-5-6-1.

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &:= 0 & \phi_2 &= -14.563 \text{ В} \\
 \phi_2 &:= \phi_1 - I_4 \cdot R_4 & \phi_3 &= -20.563 \text{ В} \\
 \phi_3 &:= \phi_2 - E_{e2} & \phi_4 &= -34.349 \text{ В} \\
 \phi_4 &:= \phi_3 - I_2 \cdot R_2 & \phi_5 &= -13.349 \text{ В} \\
 \phi_5 &:= \phi_4 + E_2 & \phi_6 &= 31.651 \text{ В} \\
 \phi_6 &:= \phi_5 + E_3 & \phi_1 &= -6 \times 10^{-3} \text{ В} \\
 \phi_1 &:= \phi_6 - I_3 \cdot R_3
 \end{aligned}$$

Потенциальная диаграмма



Работа схемы в Electronics Workbench.



© 2007, RAVENBIRD  
VV-2-06.narod.ru