

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Кафедра: **Электротехника**

Дисциплина: **Теоретические основы электротехники**

Биотехнические системы и технологии (выпускающая кафедра БМС)

**Пояснительная записка
к домашней работе (ДЗ №0 вариант №2)
на тему: Постоянный ток**

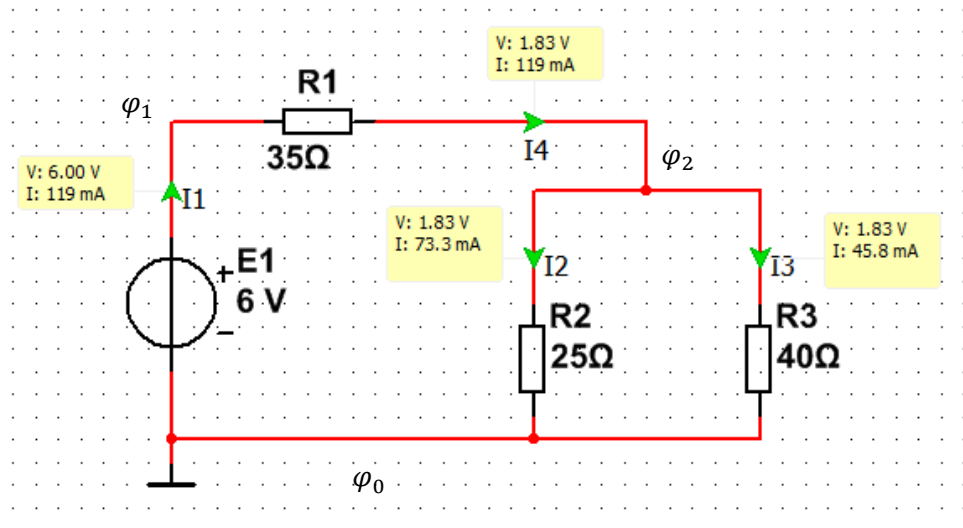
Руководитель: Латыпов Д.А.

Выполнил: гр. МП-27

Ильин Сергей Дмитриевич

Москва 2014

Задача 1.1



Дано:

$$E_1 = 6 \text{ В}$$

$$R_1 = 35 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 25 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 40 \text{ Ом}$$

Вычислить:

Токи всех ветвей, используя метод свертки и формулы делителя тока и делителя напряжения.

Баланс мощностей (мощность источников, мощность приёмников).

Построить схему измерения параметров цепи в Multisim а) токов и напряжений ветвей, б) мощности источников.

Решение

$$\varphi_0 = 0 \text{ Ом}$$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = E_1$$

$$\varphi_1 = E_1$$

По закону Ома:

$$I_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{R_1} = \frac{E_1 - \varphi_2}{R_1} = G_1(E_1 - \varphi_2)$$

$$I_2 = \frac{\varphi_2 - \varphi_0}{R_2} = \frac{\varphi_2}{R_2} = G_2\varphi_2$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_0}{R_3} = \frac{\varphi_2}{R_3} = G_3\varphi_2$$

Определим количество уравнений по 1-му закону Кирхгофа:

$$N_{\text{ур}} = N_{\text{уз}} - 1 = 2 - 1 = 1$$

По 1-му закону Кирхгофа:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$G_1(E_1 - \varphi_2) = G_2\varphi_2 + G_3\varphi_2$$

$$G_1E_1 - G_1\varphi_2 = G_2\varphi_2 + G_3\varphi_2$$

$$G_1E_1 = G_2\varphi_2 + G_3\varphi_2 + G_1\varphi_2$$

$$G_1E_1 = \varphi_2(G_1 + G_2 + G_3)$$

$$\varphi_2 = \frac{G_1E_1}{G_1 + G_2 + G_3} = \frac{E_1}{R_1(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})} = \frac{6}{35(\frac{1}{35} + \frac{1}{25} + \frac{1}{40})} = 1,8321 \text{ В}$$

Найдём токи ветвей:

$$I_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{E_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{6 - 1,8321}{35} = 0,119 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_2 - \varphi_0}{R_2} = \frac{\varphi_2}{R_2} = \frac{1,8321}{25} = 0,0733 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_0}{R_3} = \frac{\varphi_2}{R_3} = \frac{1,8321}{40} = 0,0458 \text{ А}$$

Проверка

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$0,119 = 0,0733 + 0,0458$$

$$0,119 = 0,119$$

Баланс мощности

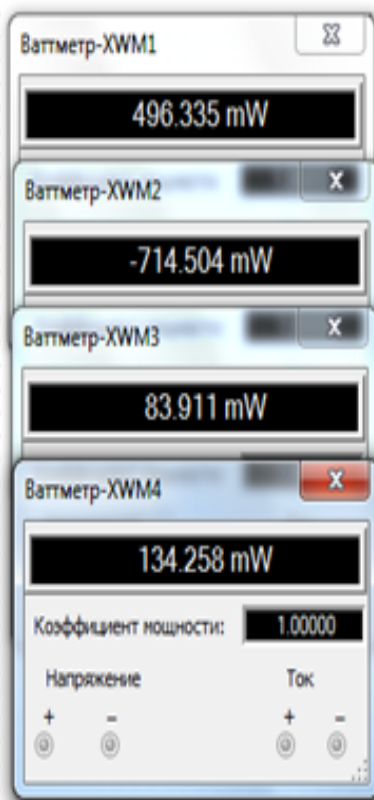
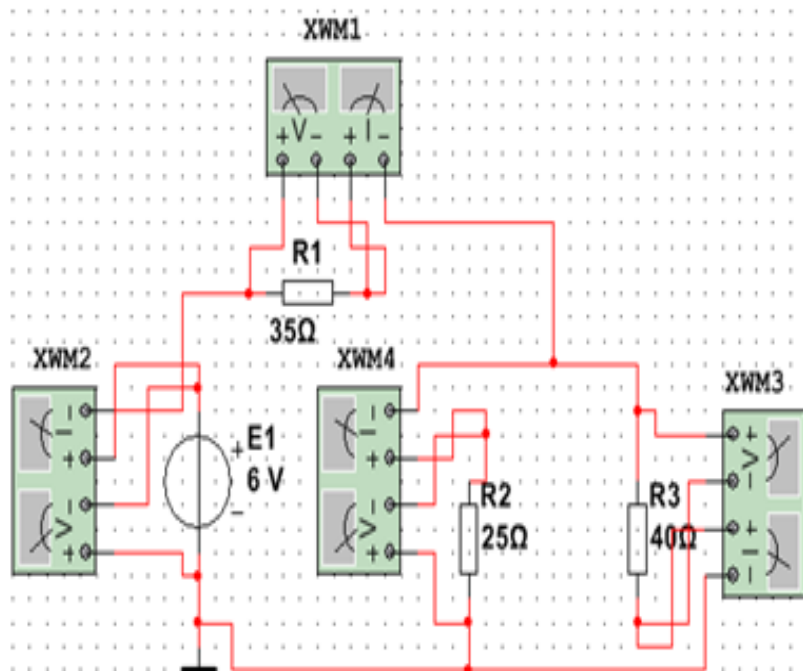
$$P_{\text{ист}} = E_1 I_1 = 6 \cdot 0,119 = 0,7146 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{потр}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 = (0,119)^2 \cdot 35 + (0,0733)^2 \cdot 25 + (0,0458)^2 \cdot 40 = 0,7146 \text{ Вт}$$

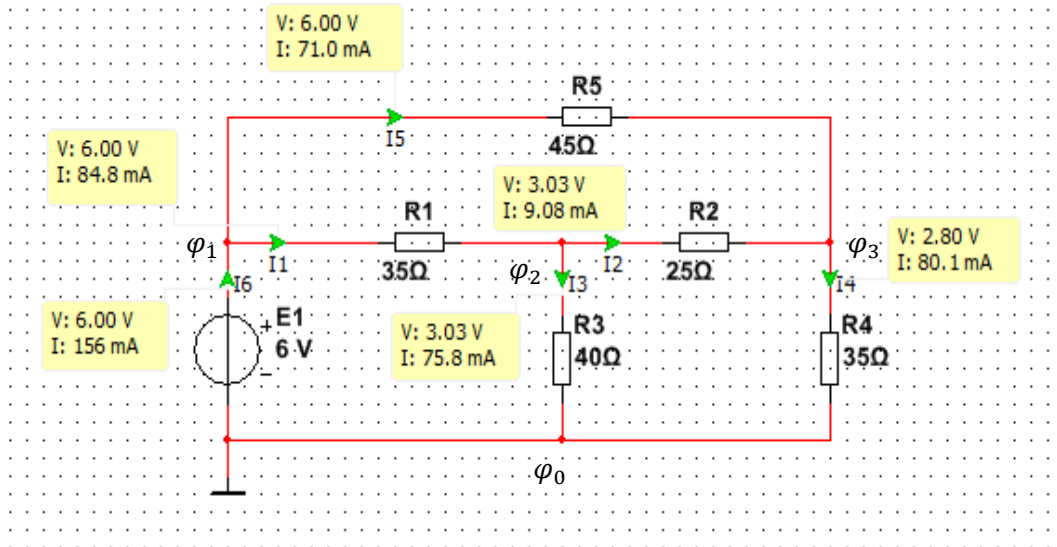
$$P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}}$$

$$0,7146 \text{ Вт} = 0,7146 \text{ Вт}$$

Ответ: $I_1 = 0,119 \text{ А}$, $I_2 = 0,0733 \text{ А}$, $I_3 = 0,0458 \text{ А}$, $\varphi_0 = 0 \text{ В}$, $\varphi_1 = 6 \text{ В}$, $\varphi_2 = 1,8321 \text{ В}$.



Задача 1.2



Дано:

$E_1 = 6 \text{ В},$
 $R_1 = 35 \text{ Ом},$
 $R_2 = 25 \text{ Ом},$
 $R_3 = 40 \text{ Ом},$
 $R_4 = 35 \text{ Ом},$
 $R_5 = 45 \text{ Ом}.$

Вычислить

Токи всех ветвей, используя преобразование треугольник-звезда, звезда-треугольник и метод свертки. Составить систему уравнений по законам Кирхгофа и формулам делителя тока и делителя напряжения.

Баланс мощности (мощность источников, мощность приёмников).

Построить схему измерения параметров в Multisim а) токов и напряжений ветвей, б) мощности источников.

Решение

$$\varphi_0 = 0 \text{ В}$$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = E_1$$

$$\varphi_1 = E_1$$

По закону Ома:

$$I_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{E_1 - \varphi_2}{R_1} = G_1(E_1 - \varphi_2)$$

$$I_2 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{R_2} = G_2(\varphi_2 - \varphi_3)$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_0}{R_3} = \frac{\varphi_2}{R_3} = G_3\varphi_2$$

$$I_4 = \frac{\varphi_3 - \varphi_0}{R_4} = \frac{\varphi_3}{R_4} = G_4\varphi_3$$

$$I_5 = \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{R_5} = \frac{E_1 - \varphi_3}{R_5} = G_5(E_1 - \varphi_3)$$

Определим количество уравнений по 1-му закону Кирхгофа:

$$N_{yp} = N_{y3} - 1$$

$$N_{y3} = 4$$

$$N_{yp} = 4 - 1 = 3$$

По 1-му закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_6 - I_5 - I_1 = 0 \\ I_1 - I_2 - I_3 = 0 \\ I_2 + I_5 - I_4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (E_1 - \varphi_2)G_1 - (\varphi_2 - \varphi_3)G_2 - \varphi_2 G_3 = 0 \\ (\varphi_2 - \varphi_3)G_2 - (E_1 - \varphi_3)G_5 - \varphi_3 G_4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_2(G_1 + G_2 + G_3) + \varphi_3 G_2 = -E_1 G_1 \\ \varphi_2 G_2 - \varphi_3(G_2 + G_4 + G_5) = -E_1 G_5 \end{cases}$$

$$\begin{vmatrix} -(G_1 + G_2 + G_3) & G_2 \\ G_2 & -(G_2 + G_4 + G_5) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -E_1 G_1 \\ -E_1 G_5 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} -(G_1 + G_2 + G_3) & G_2 \\ G_2 & -(G_2 + G_4 + G_5) \end{vmatrix} = 0,0069$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} -E_1 G_1 & G_2 \\ -E_1 G_5 & -(G_2 + G_4 + G_5) \end{vmatrix} = 0,0209$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} -(G_1 + G_2 + G_3) & -E_1 G_1 \\ G_2 & -E_1 G_5 \end{vmatrix} = 0,0193$$

$$\varphi_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 3,029 \text{ В}$$

$$\varphi_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = 2,7971 \text{ В}$$

Найдём токи ветвей:

$$I_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{E_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{6 - 3,029}{35} = 0,0848 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{R_2} = \frac{3,029 - 2,7971}{25} = 0,00908 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_0}{R_3} = \frac{\varphi_2}{R_3} = \frac{3,029}{40} = 0,0758 \text{ А}$$

$$I_4 = \frac{\varphi_3 - \varphi_0}{R_4} = \frac{\varphi_3}{R_4} = \frac{2,7971}{35} = 0,0801 \text{ А}$$

$$I_5 = \frac{\phi_1 - \phi_3}{R_5} = \frac{E_1 - \phi_3}{R_5} = \frac{6 - 2,7971}{45} = 0,0712 \text{ A}$$

$$I_6 = I_1 + I_5$$

$$I_6 = 0,0848 + 0,0712 = 0,156 \text{ A}$$

Проверка

$$I_6 - I_5 - I_1 = 0$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_2 + I_5 - I_4 = 0$$

$$0,1560 - 0,0712 - 0,0848 = 0$$

$$0,0848 - 0,0090 - 0,0758 = 0$$

$$0,0090 + 0,071 - 0,080 = 0$$

Баланс мощности

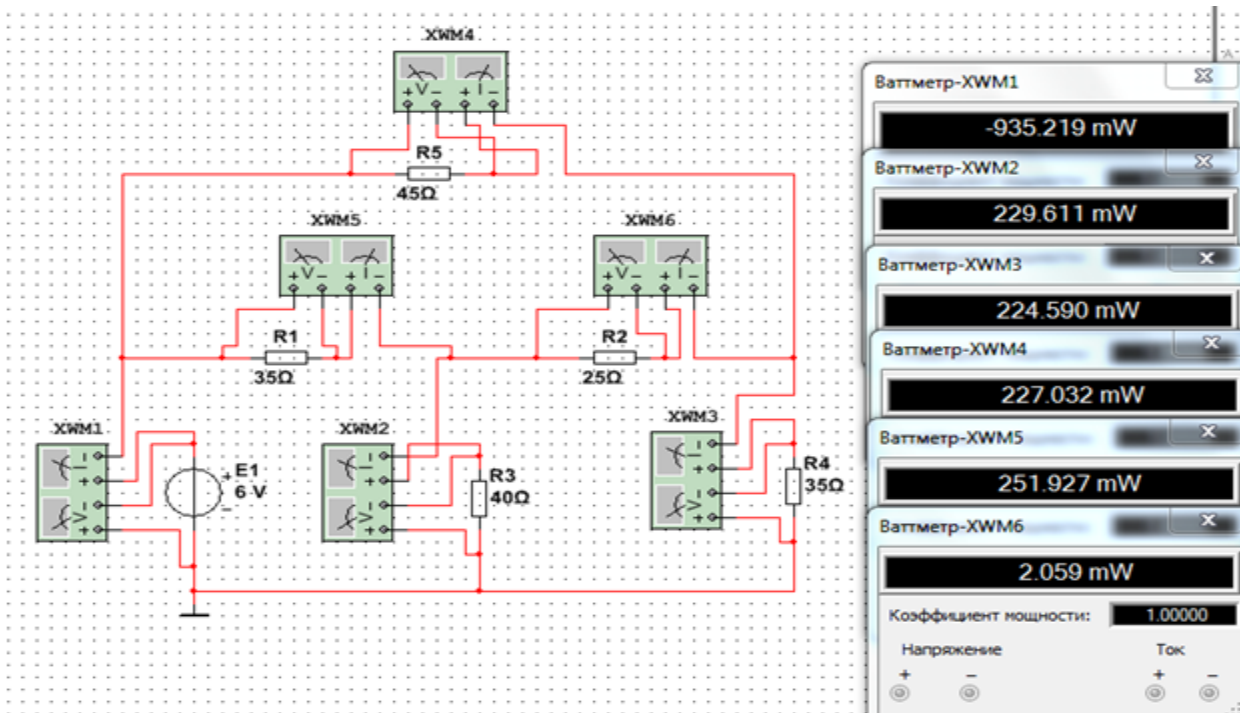
$$P_{\text{ист}} = E_1 I_6 = 6 \cdot 0,156 = 0,936 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{потр}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = (0,0848)^2 \cdot 35 + (0,00908)^2 \cdot 25 + (0,0758)^2 \cdot 40 + (0,0801)^2 \cdot 35 + (0,0712)^2 \cdot 45 = 0,936 \text{ Вт}$$

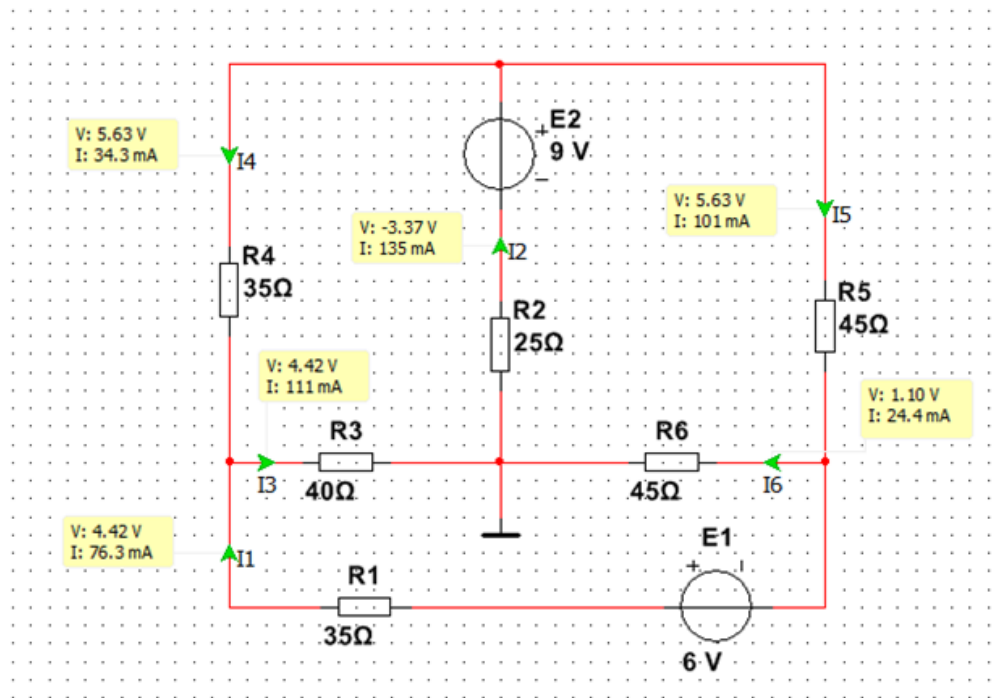
$$P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}}$$

$$0,936 \text{ Вт} = 0,936 \text{ Вт}$$

Ответ: $I_1 = 0,0848 \text{ A}$, $I_2 = 0,00908 \text{ A}$, $I_3 = 0,0758 \text{ A}$, $I_4 = 0,0801 \text{ A}$, $I_5 = 0,0712 \text{ A}$, $I_6 = 0,156 \text{ A}$, $\phi_0 = 0 \text{ В}$, $\phi_1 = 6 \text{ В}$, $\phi_2 = 3,029 \text{ В}$, $\phi_3 = 2,7971 \text{ В}$.



Задача 1.5



Дано:

$E_1 = 6 \text{ В},$
 $E_2 = 9 \text{ В},$
 $R_1 = 35 \text{ Ом},$
 $R_2 = 25 \text{ Ом},$
 $R_3 = 40 \text{ Ом},$
 $R_4 = 35 \text{ Ом},$
 $R_5 = 45 \text{ Ом},$
 $R_6 = 45 \text{ Ом}.$

Вычислить:

Токи всех ветвей и потенциалы узлов, используя закон Ома, законы Кирхгофа. Баланс мощности (мощность источников, мощность приёмников). Построить схему измерения параметров в Multisim а) токов и напряжений ветвей, б) мощности источников.

Решение

Определяем количество узлов и ветвей с неизвестными токами:

$$N_y = 4$$

$$N_b = 6$$

Составим $(N_y - 1) = 3$ уравнений по I Закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_1 + I_4 - I_3 = 0 \\ I_2 - I_5 - I_4 = 0 \\ I_5 - I_6 - I_1 = 0 \end{cases}$$

Составим $(N_b - N_y + 1) = 3$ уравнений по II Закону Кирхгофа (обход контура по часовой стрелке):

$$\begin{cases} R_4 I_4 + R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ R_2 I_2 + R_5 I_5 + R_6 I_6 = E_2 \\ R_3 I_3 - R_6 I_6 + R_1 I_1 = E_1 \end{cases}$$

Составим матрицу из коэффициентов перед токами и найдем их:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 25 & 40 & 35 & 0 & 0 & 9 \\ 0 & 25 & 0 & 0 & 45 & 45 & 9 \\ 35 & 0 & 40 & 0 & 0 & -45 & 6 \end{array} \right)$$

$$\Delta = 828500$$

$$\Delta_1 = 63225$$

$$\Delta_2 = 111825$$

$$\Delta_3 = 91650$$

$$\Delta_4 = 28425$$

$$\Delta_5 = 83400$$

$$\Delta_6 = 20175$$

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,0763 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 0,135 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = 0,111 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = 0,0343 \text{ A}$$

$$I_5 = \frac{\Delta_5}{\Delta} = 0,101 \text{ A}$$

$$I_6 = \frac{\Delta_6}{\Delta} = 0,0244 \text{ A}$$

Используя закон Ома найдем потенциалы узлов, учитывая, что потенциал $\varphi_0 = 0$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = I_6 R_6 = 0,0244 * 45 = 1,0958 \text{ В}$$

$$\varphi_3 - \varphi_1 = I_5 R_5 \Rightarrow \varphi_3 = \varphi_1 + I_5 R_5 = 1,0958 + 4,545 = 5,6408 \text{ В}$$

$$\varphi_2 - \varphi_0 = I_3 R_3 \Rightarrow \varphi_2 = I_3 R_3 = 4,44 \text{ В}$$

Проверка

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 + I_4 = I_3 \\ I_2 = I_5 + I_4 \\ I_5 - I_6 - I_1 = 0 \end{array} \right.$$

$$0,0763 + 0,0343 = 0,111$$

$$0,135 = 0,101 + 0,0343$$

$$0,101 = 0,0244 + 0,0763$$

Баланс мощности

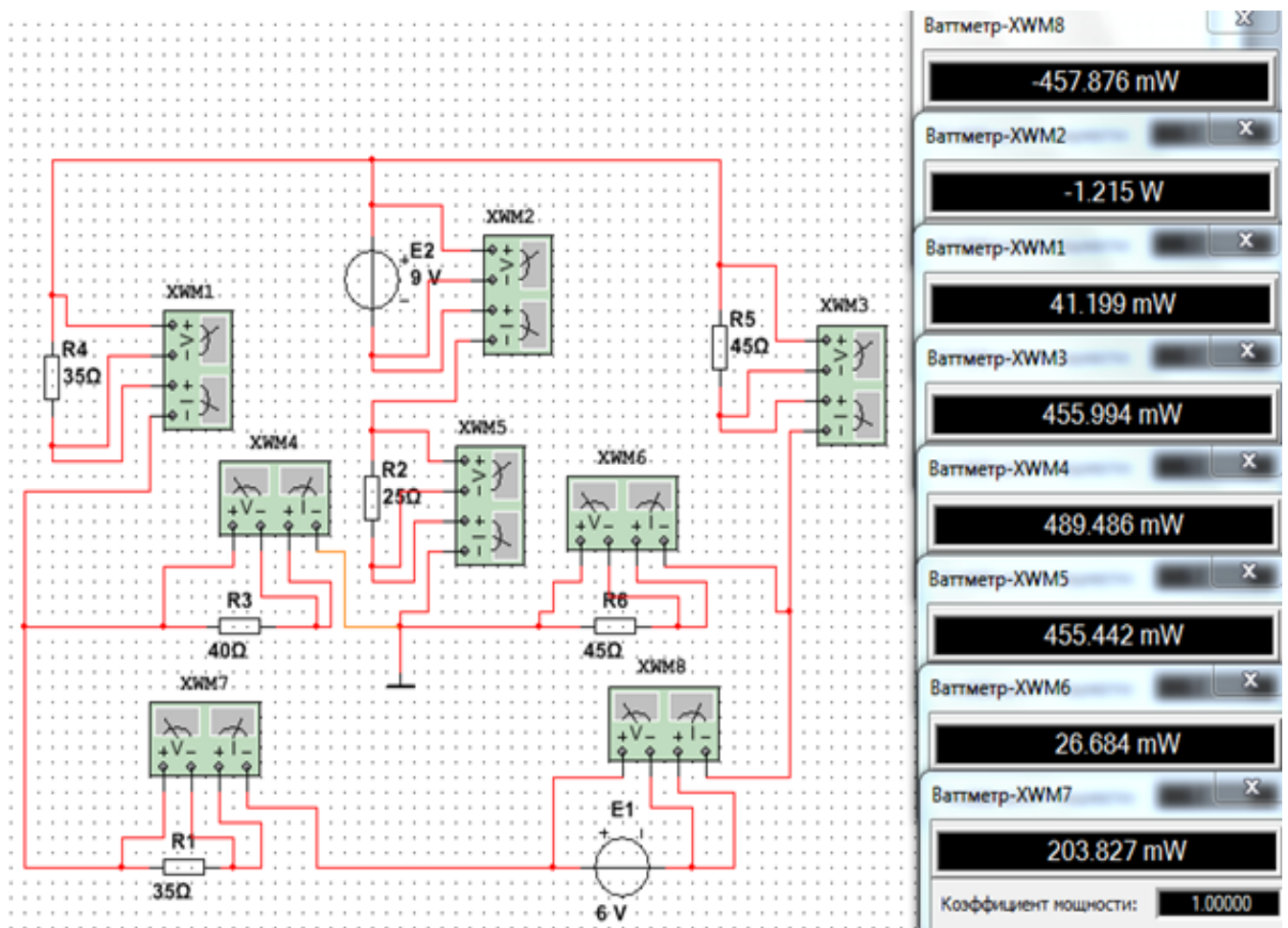
$$P_{\text{ист}} = P_{1\text{ист}} + P_{2\text{ист}} = E_1 I_1 + E_2 I_2 = 6 * 0,0763 + 9 * 0,135 = 0,4578 + 1,215 = 1,6728 \text{ Вт}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{потр}} &= I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = \\ &= (0,0763)^2 \cdot 35 + (0,135)^2 \cdot 25 + (0,111)^2 \cdot 40 + (0,0343)^2 \cdot 35 + \\ &\quad + (0,101)^2 \cdot 45 + (0,0244)^2 \cdot 45 = \\ &= 0,2038 + 0,4556 + 0,4928 + 0,0412 + 0,459 + 0,0268 = 1,6728 \text{ Вт} \end{aligned}$$

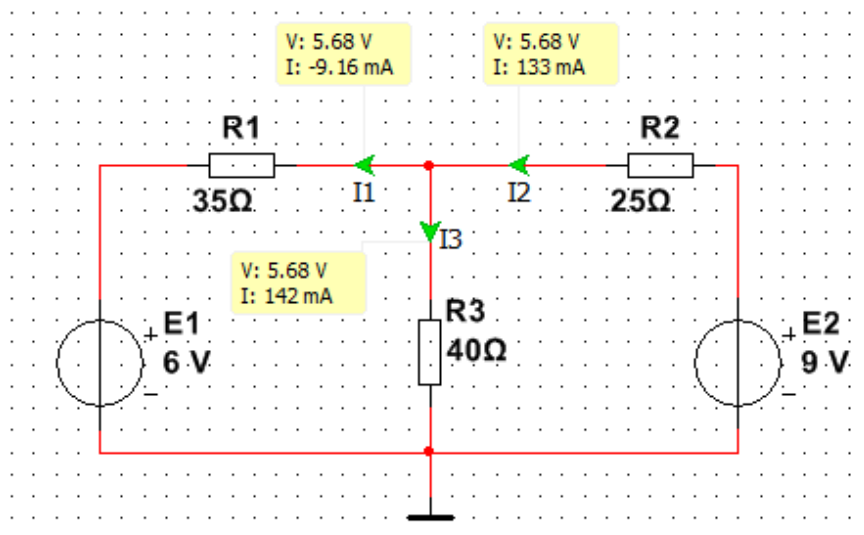
$$P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}}$$

$$1,6728 \text{ Вт} = 1,6728 \text{ Вт}$$

Ответ: $I_1 = 0,0763 \text{ A}$, $I_2 = 0,135 \text{ A}$, $I_3 = 0,111 \text{ A}$, $I_4 = 0,0343 \text{ A}$, $I_5 = 0,101 \text{ A}$, $I_6 = 0,0244$, $\varphi_0 = 0 \text{ В}$,
 $\varphi_1 = 1,0958 \text{ В}$, $\varphi_2 = 4,44 \text{ В}$, $\varphi_3 = 5.6408 \text{ В}$.



Задача 1.4



Дано:

Вычислить:

$$E_1 = 6 \text{ В},$$

$$E_2 = 9 \text{ В},$$

$$R_1 = 35 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 25 \text{ Ом},$$

$$R_3 = 40 \text{ Ом}.$$

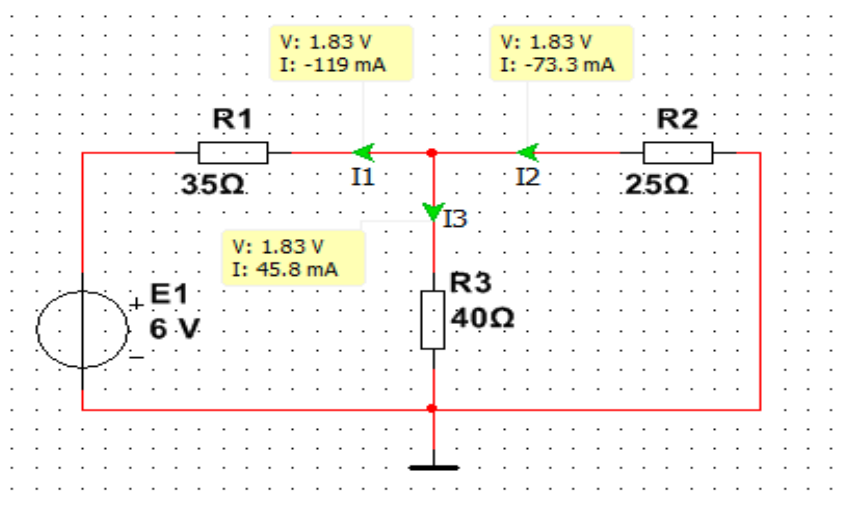
Токи всех ветвей и потенциалы узлов, используя метод наложения и метод двух узлов.

Баланс мощности (мощность источников, мощность приёмников).

Построить схему измерения параметров в Multisim а) токов и напряжений ветвей, б) мощности источников.

Решение

Рассчитаем частичные токи с одним источником E1:

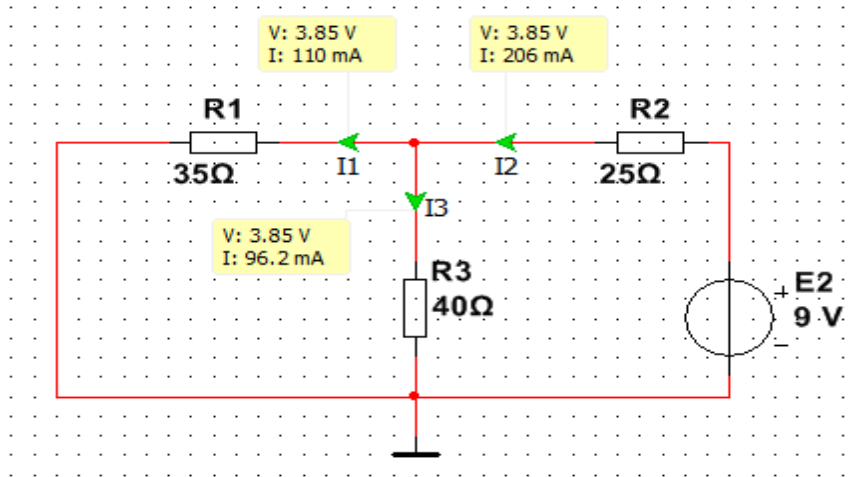


$$-I_{1(E1)} = \frac{E_1}{R_1 + \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right)} = 0,11916 \text{ А}$$

$$-I_{2(E1)} = \frac{E_1 - I_{1(E1)} R_1}{R_2} = 0,0733 \text{ А}$$

$$I_{3(E1)} = \frac{E_1 - I_{1(E1)} R_1}{R_3} = 0,0458 \text{ А}$$

Рассчитаем частичные токи с одним источником E2:



$$I_{2(E2)} = \frac{E_2}{R_2 + \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}\right)} = 0,206 \text{ A}$$

$$I_{1(E2)} = \frac{E_2 - I_{2(E2)} R_2}{R_1} = 0,110 \text{ A}$$

$$I_{3(E2)} = \frac{E_2 - I_{2(E2)} R_2}{R_3} = 0,0962 \text{ A}$$

Суммируя алгебраически частичные токи, найдём действительные токи в ветвях:

$$I_1 = -I_{1(E1)} + I_{1(E2)} = -0,11916 + 0,110 = -0,00916 \text{ A}$$

$$I_2 = -I_{2(E1)} + I_{2(E2)} = -0,0733 + 0,206 = 0,133 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{3(E1)} + I_{3(E2)} = 0,0458 + 0,0962 = 0,142 \text{ A}$$

Найдём потенциалы узлов, учитывая, что потенциал $\varphi_0 = 0$

$$\varphi_1 - \varphi_0 - E_2 = -I_2 R_2 \Rightarrow \varphi_1 = E_2 - I_2 R_2 = 5,675 \text{ B}$$

Баланс мощности

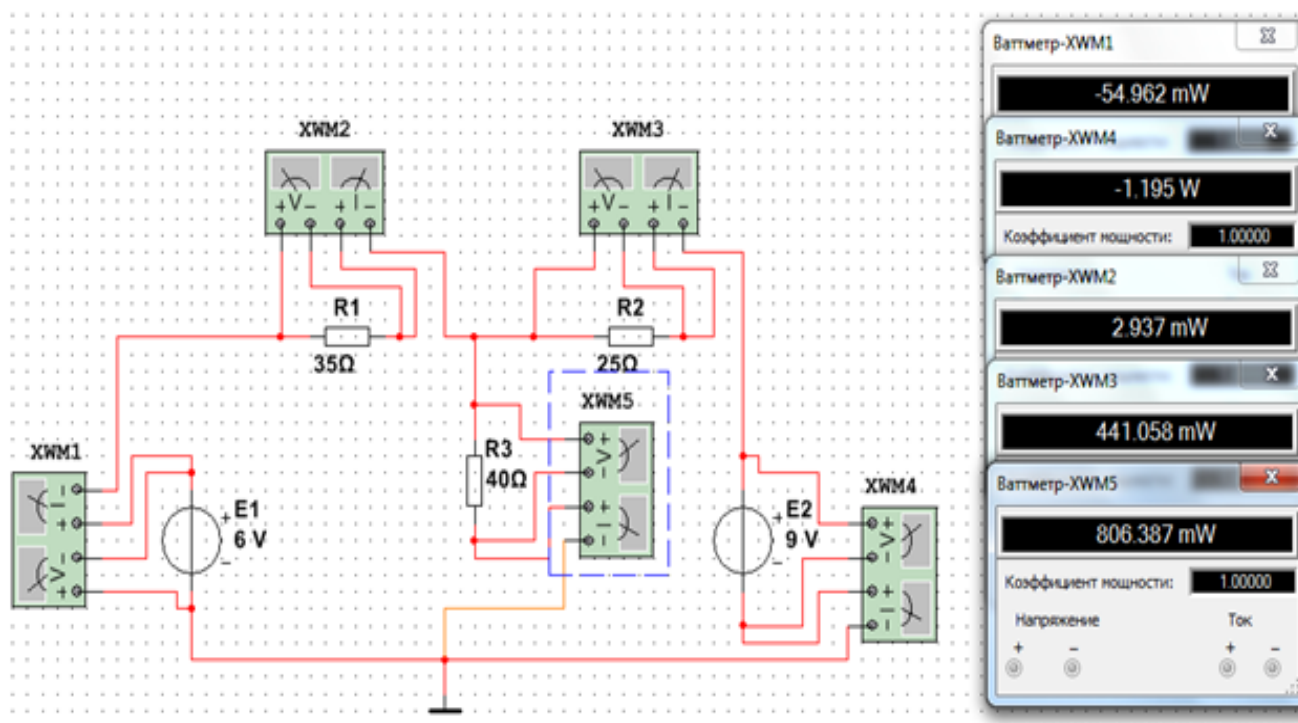
$$P_{\text{ист}} = P_{1\text{ист}} + P_{2\text{ист}} = E_1 I_1 + E_2 I_2 = 6 * (-0,00916) + 9 * 0,133 = 0,055 + 1,197 = 1,252 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{потр}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 = 0,0029 + 0,4422 + 0,8066 = 1,252 \text{ Вт}$$

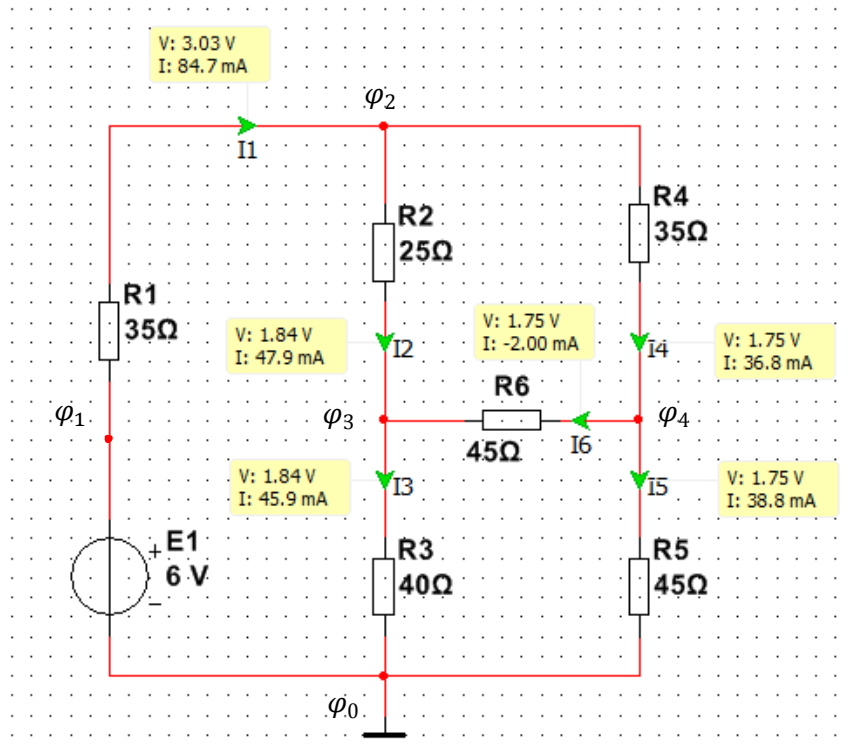
$$P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}}$$

$$1,252 \text{ Вт} = 1,252 \text{ Вт}$$

Ответ: $I_1 = -0,00916 \text{ A}$, $I_2 = 0,133 \text{ A}$, $I_3 = 0,142 \text{ A}$, $\varphi_0 = 0 \text{ B}$, $\varphi_1 = 5,675 \text{ B}$



Задача 1.3



Дано:

- $E_1 = 6 \text{ В},$
 $E_2 = 9 \text{ В},$
 $R_1 = 35 \text{ Ом},$
 $R_2 = 25 \text{ Ом},$
 $R_3 = 40 \text{ Ом},$
 $R_4 = 35 \text{ Ом},$
 $R_5 = 45 \text{ Ом},$
 $R_6 = 45 \text{ Ом}.$

Вычислить:

- Токи всех ветвей и потенциалы узлов, используя закон Ома, законы Кирхгофа, определить ветвь с наибольшей мощностью.
- Баланс мощности (мощность источников, мощность приёмников). Построить схему измерения параметров в Multisim а) токов и напряжений ветвей, б) мощности источников.
- Произвести свёртку электрической цепи относительно выбранной ветви. Составить электрическую цепь, состоящую из источника напряжения или тока, эквивалентного внутреннего сопротивления этого источника и сопротивление относительно нагрузки выбранной ветви.

Решение

Определяем количество узлов и ветвей с неизвестными токами:

$$N_y = 4$$

$$N_B = 6$$

Составим $(N_y - 1) = 3$ уравнений по I Закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} -I_1 + I_3 + I_5 = 0 \\ I_1 - I_2 - I_4 = 0 \\ I_2 - I_3 + I_6 = 0 \end{cases}$$

Составим $(N_B - N_y + 1) = 3$ уравнений по II Закону Кирхгофа (обход контура по часовой стрелке):

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_1 \\ -R_2 I_2 + R_4 I_4 + R_6 I_6 = 0 \\ -R_3 I_3 - R_6 I_6 + R_5 I_5 = 0 \end{cases}$$

Составим матрицу из коэффициентов перед токами и найдем их:

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 35 & 25 & 40 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -25 & 0 & 35 & 0 & 45 \\ 0 & 0 & -40 & 0 & 45 & -45 \end{pmatrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 6 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = -823250$$

$$\Delta_1 = -69750$$

$$\Delta_2 = -39450$$

$$\Delta_3 = -37800$$

$$\Delta_4 = -30300$$

$$\Delta_5 = -31950$$

$$\Delta_6 = 1650$$

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,0847 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 0,0479 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = 0,0459 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = 0,0368 \text{ A}$$

$$I_5 = \frac{\Delta_5}{\Delta} = 0,0388 \text{ A}$$

$$I_6 = \frac{\Delta_6}{\Delta} = -0,002 \text{ A}$$

Используя закон Ома найдем потенциалы узлов, учитывая, что $\varphi_0 = 0$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = E_1$$

$$\varphi_1 = 6 \text{ В}$$

$$\varphi_3 - \varphi_0 = I_3 R_3$$

$$\varphi_3 = I_3 R_3 = 1,836 \text{ В}$$

$$\varphi_4 - \varphi_0 = I_5 R_5$$

$$\varphi_4 = I_5 R_5 = 1,746 \text{ В}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -I_1 R_1$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 - I_1 R_1 = 6 - 2,9645 = 3,0355 \text{ В}$$

Баланс мощности

$$P_{\text{ист}} = E_1 I_1 = 6 * 0,0847 = 0,5082 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{потр}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6$$

$$= 0,2511 + 0,0574 + 0,0843 + 0,0474 + 0,0677 + 0,00018 = 0,5082 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}}$$

$$0,5082 \text{ Вт} = 0,5082 \text{ Вт}$$

Ответ: $I_1 = 0,0847 \text{ А}$, $I_2 = 0,0479 \text{ А}$, $I_3 = 0,0459 \text{ А}$, $I_4 = 0,0368 \text{ А}$, $I_5 = 0,0388 \text{ А}$, $I_6 = -0,002 \text{ А}$; $\varphi_0 = 0$; $\varphi_1 = 6 \text{ В}$; $\varphi_2 = 3,0355 \text{ В}$; $\varphi_3 = 1,836 \text{ В}$; $\varphi_4 = 1,746 \text{ В}$.

