

Рисунок 1 – Схема цепи

Пользуясь средствами программы MathCad, решим систему уравнений метода узловых потенциалов. Для этого составим все необходимые матрицы:

$$A := \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{– Матрица соединений}$$

$$G := \begin{bmatrix} \frac{1}{2000} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{3000} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{5000} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6000} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2000} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{9000} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3000} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{1000} \end{bmatrix} \quad \text{[См] – матрица проводимостей}$$

$$J := \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.003 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{[А] – Матрица источников токов}$$

$$E := \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{[В] – Матрица источников ЭДС}$$

$$\varphi := \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \varphi_4 \end{bmatrix} \quad [B] - \text{Вектор-столбец потенциалов}$$

Воспользуемся блоком решения для нахождения потенциалов узлов:

Решатель

$$\begin{aligned} \varphi_1 &:= 0 & \varphi_2 &:= 0 & \varphi_3 &:= 0 & \varphi_4 &:= 0 \\ A \cdot G \cdot A^T \cdot \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \varphi_4 \end{bmatrix} &= A \cdot (J + G \cdot E) \\ \text{find}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4) &= \begin{bmatrix} -2.582 \\ -1.414 \\ -1.935 \\ -4.239 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Собрем схему в программе схемотехнического моделирования MicroCap:

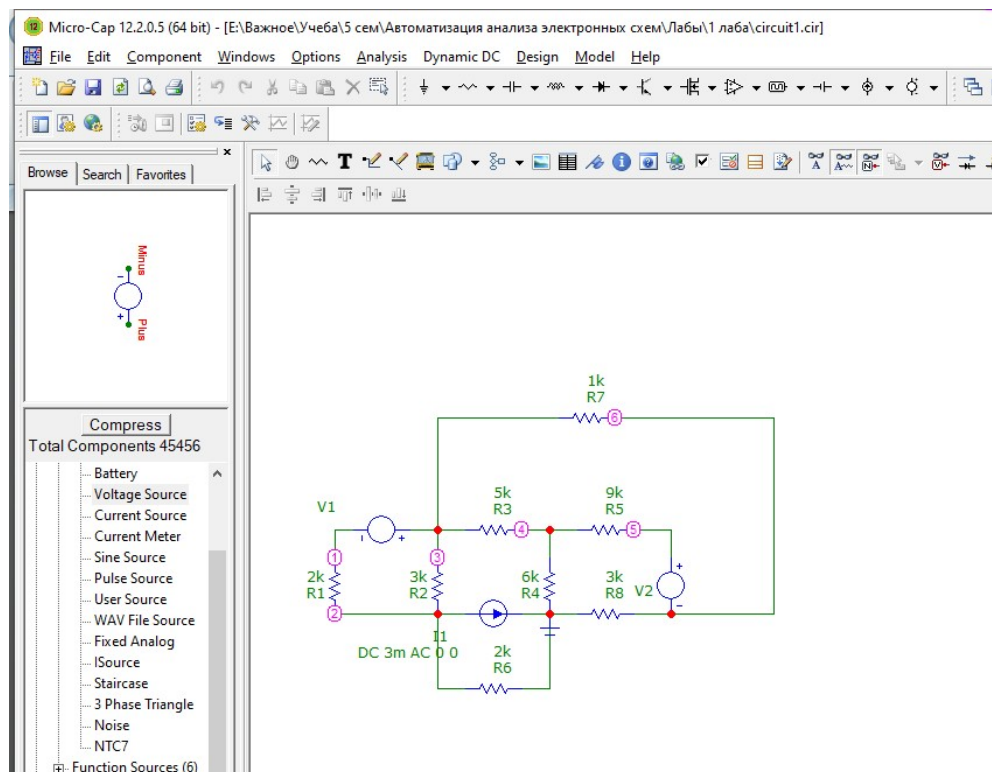


Рисунок 2 – Построение схемы в программе MicroCap

С помощью анализа по постоянному току определим напряжения, силу тока и мощность на участках цепи:

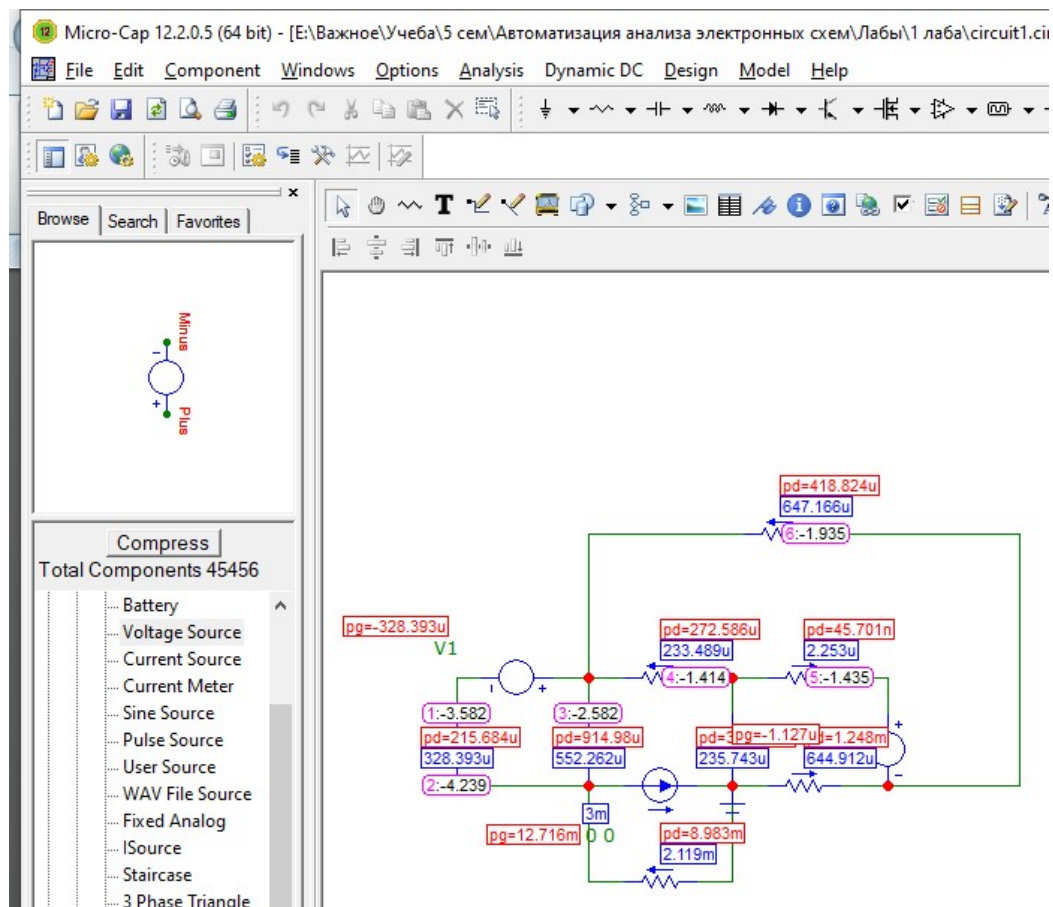


Рисунок 3 – Анализ схемы в MicroCap

$$Power := 328.393 \cdot 10^{-6} + 418.824 \cdot 10^{-6} + 272.586 \cdot 10^{-6} + 45.701 \cdot 10^{-9} + 215.684 \cdot 10^{-6} + 914.98 \cdot 10^{-6} + 333.448 \cdot 10^{-6} - 1.127 \cdot 10^{-6} + 1.248 \cdot 10^{-3} - 12.716 \cdot 10^{-3} + 8.983 \cdot 10^{-3}$$

$$Power = -2.166 \cdot 10^{-6} \quad [\text{Вт}] \text{ – Баланс мощностей сходится}$$