

Узел 4 принимаем за базисный. Неизвестные узловые напряжения U_{14}, U_{24}, U_{34} ; напряжения U_{12}, U_{13}, U_{23} определим через напряжения U_{14}, U_{24}, U_{34} :

$$U_{12} = U_{14} - U_{24}; U_{13} = U_{14} - U_{34}; U_{23} = U_{24} - U_{34}.$$

На основании метода узловых напряжений составляем систему уравнений:

$$\begin{aligned} U_{14}g_{11} - U_{24}g_{12} - U_{34}g_{13} &= I_{11} \\ -U_{14}g_{21} + U_{24}g_{22} - U_{34}g_{23} &= I_{22} \\ -U_{14}g_{31} - U_{24}g_{32} - U_{34}g_{33} &= I_{33}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $g_{11} = \frac{1}{R_1+R_8} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_2}$; $g_{22} = \frac{1}{R_1+R_8} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$; $g_{33} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_2}$ – собственные узловые проводимости узлов; $g_{12} = g_{21} = \frac{1}{R_1+R_8}$; $g_{13} = g_{31} = \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_2}$; $g_{23} = g_{32} = \frac{1}{R_3}$ – проводимости ветвей, соединяющих узлы; $I_{11} = -E_1 \frac{1}{R_1+R_8} + E_2 \frac{1}{R_2}$; $I_{22} = E_1 \frac{1}{R_1+R_8} + \frac{1}{R_3}$; $I_{33} = E_3 \frac{1}{R_3} + E_2 \frac{1}{R_2}$ – узловые токи узлов.

Решая систему уравнений (1), определяем узловые напряжения U_{14}, U_{24}, U_{34} , по ним – напряжения U_{12}, U_{23}, U_{13} . По напряжениям ветвей находим токи ветвей на основании закона Ома. Например, ток

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{13}}{R_2} = \frac{E_2 - (U_{14} - U_{34})}{R_2}.$$

Для автоматизации поставленной задачи использована система программирования Delphi. Разработанная программа позволяет производить расчет параметров цепей переменных и постоянных напряжений и токов. Решение задачи состоит из 3-х этапов:

1, Построение схемы. Первый этап осуществляется с помощью панели элементов, расположенной в верхней части формы (рисунок 2). Выбранные элементы можно поворачивать, соединять, перемещать и т.п.

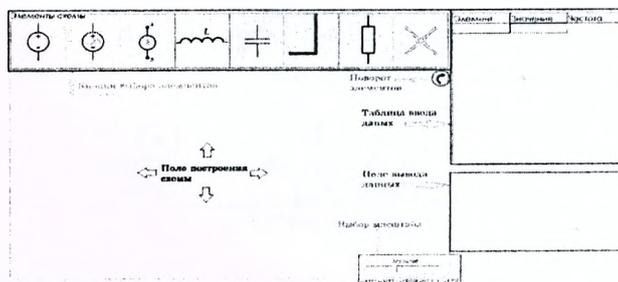


Рисунок 2 – Построение электрической схемы

2. Ввод исходных данных. К построенным элементам добавляют данные с помощью таблицы, расположенной в правой верхней части формы.

Доступны следующие виды сокращений ввода и единиц измерения: $Pt = 10^{15}$ (пета); $T = 10^{12}$ (тера); $G = 10^9$ (гига); $M = 10^6$ (мега); $K = 10^3$ (кило); $m = 10^{-3}$ (мили); $mk = 10^{-6}$ (микро); $n = 10^{-9}$ (нано); $p = 10^{-12}$ (пико); $f = 10^{-15}$ (фемто); R – Омы (Ом); L – Генри (Гн); F – Фарад (Ф).

Пример ввода: $124mkF = 124 \cdot 10^{-6} \Phi = 0,000124$ Фарад.

3. Расчет и вывод токов ветвей и узловых потенциалов. Вывод осуществляется во второй таблице, расположенной в правой нижней части формы. На примере (рисунок 3) на резисторе R1 протекает ток J1 равный $-0,0006213$ Ампер.

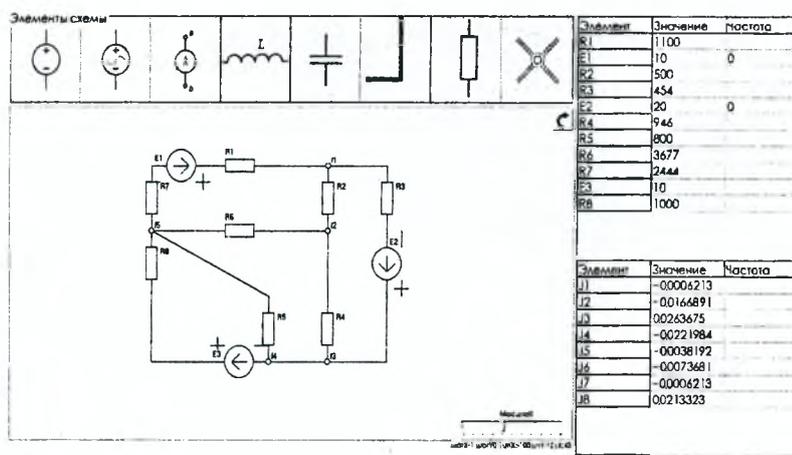


Рисунок 3 – Пример расчета

Аналитический расчет для примера, показанного на рисунке 1, полностью совпадает с решением, полученным в программе, что демонстрирует корректную работу автоматизированной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матханов, П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи / П. Н. Матханов. – М. : Высш. шк., 1990.
2. Крылов, В. В. Основы теории цепей для системотехников : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 1990.