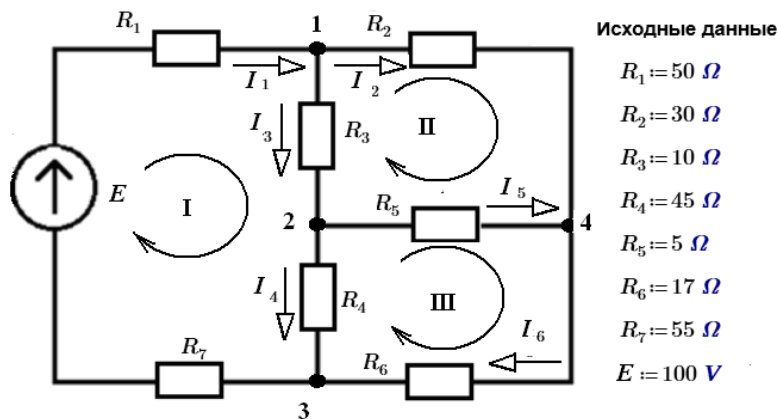


В классической электротехнике базовая модель электрической цепи представляется в виде системы уравнений для токов с использованием законов Кирхгофа следующим образом.

Сначала составляется схема замещения цепи. Для этого используются топологические понятия:

- ветвь – участок цепи с одним значением тока
- узел – место соединения ветвей
- контур – замкнутая петля, проходящая по узлам и включающая в себя ветви при последовательном обходе.

Например, для схемы на рис.17.5 таким образом.



В этой схеме:

- нумеруются элементы цепи ( $E, R_1 \dots R_7$ )
- нумеруются ветви ( $I_1 \dots I_6$ ) и помещаются стрелки условно-положительных направлений токов
- нумеруются узлы (1...4)
- нумеруются контуры (I, II и III)

Определяются количество искомых токов  $N_X = n_B$ , количество узлов  $n_U = 3$ .

Далее составляется часть системы уравнений по первому закону Кирхгофа ( $N_U$  узловых уравнений). Для этого необходимо и достаточно выбрать  $N_U = n_U - 1$  узлов. Всегда получатся линейно-независимые уравнения. В примере  $N_U = 3$ . Для узлов 1...3 следует:

$$\begin{aligned} -I_1 + I_2 + I_3 &= 0, \\ -I_3 + I_5 + I_4 &= 0, \\ I_1 - I_4 - I_6 &= 0. \end{aligned}$$

При записи уравнений можно использовать правило знаков как в теореме Остроградского-Гаусса (со знаком «-» токи, направленные к узлу), поскольку I закон Кирхгофа является прямым следствием  $\text{div } \mathbf{J} = 0$ . Если после расчетов получится  $I < 0$ , то ток имеет другое направление.

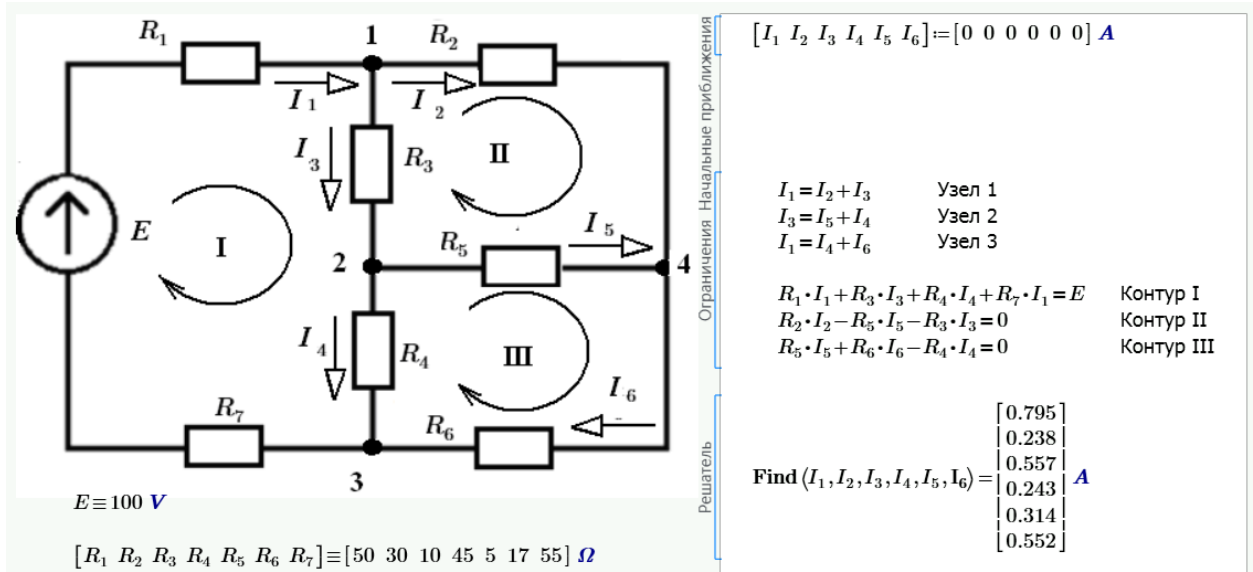
Для остальных  $N_K = N_X - N_U$  контурных уравнений можно обеспечить линейную независимость, если каждый контур будет содержать хотя бы один элемент, не входящий в другие контуры. В примере выбраны контуры, содержащие меньшее количество элементов (I, II, III):

$$\begin{aligned} (R_1 + R_7)I_1 + R_3I_3 + R_4I_4 &= E, \\ R_2I_2 - R_5I_5 - R_3I_3 &= 0, \\ R_5I_5 + R_6I_6 - R_4I_4 &= 0. \end{aligned}$$

Здесь для ЭДС  $E$  и токов  $I$  правило знаков определяет + при совпадении направления обхода контура и ЭДС или тока.

Таким образом, проблема формирования системы уравнений для электрических цепей решается поэтапно с выбором узлов и контуров, обеспечивающим полноту системы уравнений и линейную независимость уравнений в системе.

Решение по вышеописанному подходу с использованием блока Решить пакета Mathcad Prime 3:



**Примечание.** В программах схемотехнического моделирования матричный метод решения задачи анализа цепей не используется. Неоднородность матрицы коэффициентов системы затрудняет ее формирование из графического образа схемы. Применяют метод «Узловых потенциалов». В этом методе искомыми величинами являются потенциалы узлов схемы.

Одному узлу в схеме присваивается нулевое значение. Для него уравнение не составляется. Матрица коэффициентов содержит только междуузловые проводимости. Одновременно размерность системы уравнений значительно уменьшается. Так в рассмотренном примере остаются только 3 уравнения. Токи ветвей вычисляется на втором этапе по найденным потенциалам узлов.