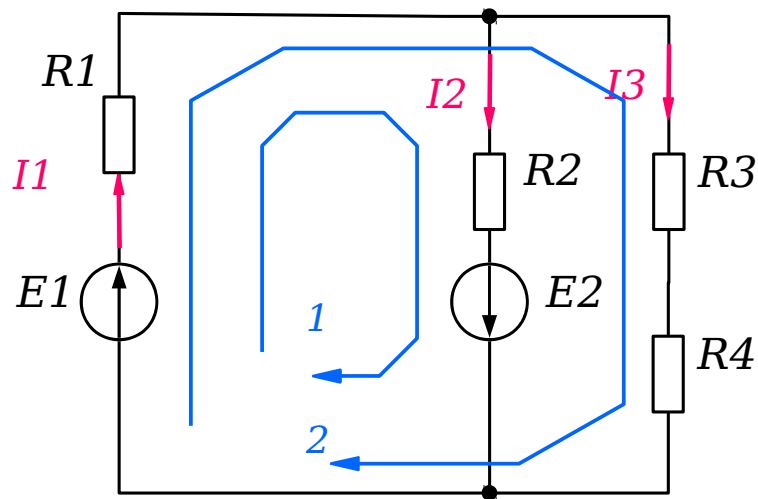




Для начала составляем эквивалентную схему где источники ЭДС идеальные, а сопротивления в ветвях цепи заменяем суммарными сопротивлениями резисторов и внутренних сопротивлений.

$$E_1 = 108 \text{ В}$$

$$E_2 = 72 \text{ В}$$

$$R_1 = 24 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 24 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 8 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 4 \text{ Ом}$$

Можно было и R_3, R_4 заменить одним резистором, но ладно, оставим как есть.

Итак составляем систему уравнений используя 1-й и 2-й законы Кирхгофа.

- Уравнение для токов в верхнем узле (1-й закон):

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

- Обходя 1-й и 2-й контура (см синие стрелки) согласно 2-му закону Кирхгофа получаем:

$$\begin{aligned} E_1 + E_2 &= I_1 R_1 + I_2 R_2 \quad (2) \\ E_1 &= I_1 R_1 + I_3 (R_3 + R_4) \end{aligned}$$

Объединяем (1) и (2) в одну систему уравнений с 3-мя неизвестными токами I_1, I_2, I_3 .

$$\begin{cases} E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \\ E_1 = I_1 R_1 + I_3 (R_3 + R_4) \\ I_1 = I_2 + I_3 \end{cases} \quad (3)$$

I_1 , выраженный в 3-м уравнении системы (3), подставляем в 1-е и 2-е уравнения.

$$\begin{cases} E_1 + E_2 = (I_2 + I_3) R_1 + I_2 R_2 \\ E_1 = (I_2 + I_3) R_1 + I_3 (R_3 + R_4) \end{cases} \quad (4)$$

Теперь в полученной системе выражаем I_2 из 2-го уравнения и подставляем его в 1-е.

$$I_2 = (E_1 - I_3 (R_1 + R_3 + R_4)) / R_1 \quad (5)$$

$$E_1 + E_2 = [((E_1 - I_3 (R_1 + R_3 + R_4)) / R_1) + I_3] R_1 + [(E_1 - I_3 (R_1 + R_3 + R_4)) / R_1] R_2$$

Раскроем скобки и перегруппируем слагаемые, и выносим за скобки I_3 .

$$E_1 + E_2 = E_1 - I_3 (R_1 + R_3 + R_4) + I_3 R_1 + \frac{E_1 R_2}{R_1} - I_3 \frac{(R_1 + R_3 + R_4) R_2}{R_1}$$

$$E_2 - \frac{E_1 R_2}{R_1} = I_3 \left[-(R_3 + R_4) - \frac{(R_1 + R_3 + R_4) R_2}{R_1} \right]$$

Выражаем I_3 .

$$I_3 = \frac{E_1 R_2}{R_1} - E_2 / \left[R_3 + R_4 + R_2 + \frac{(R_3 + R_4) R_2}{R_1} \right]$$

$$I_3 = \frac{E_1 R_2}{R_1} - E_2 / \left[R_2 + (R_3 + R_4) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \right] \quad (6)$$

Подставим в (5) числовые значения E_1 , E_2 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 .

$$I_3 = \frac{108 \cdot 24}{24} - 72 / \left[24 + (8 + 4) \left(1 + \frac{24}{24} \right) \right] = \frac{108 - 72}{24 + 12 \cdot 2} = \frac{36}{48} = 0,75 \text{ A} \quad (7)$$

Ток I_2 находим из выражения (5)

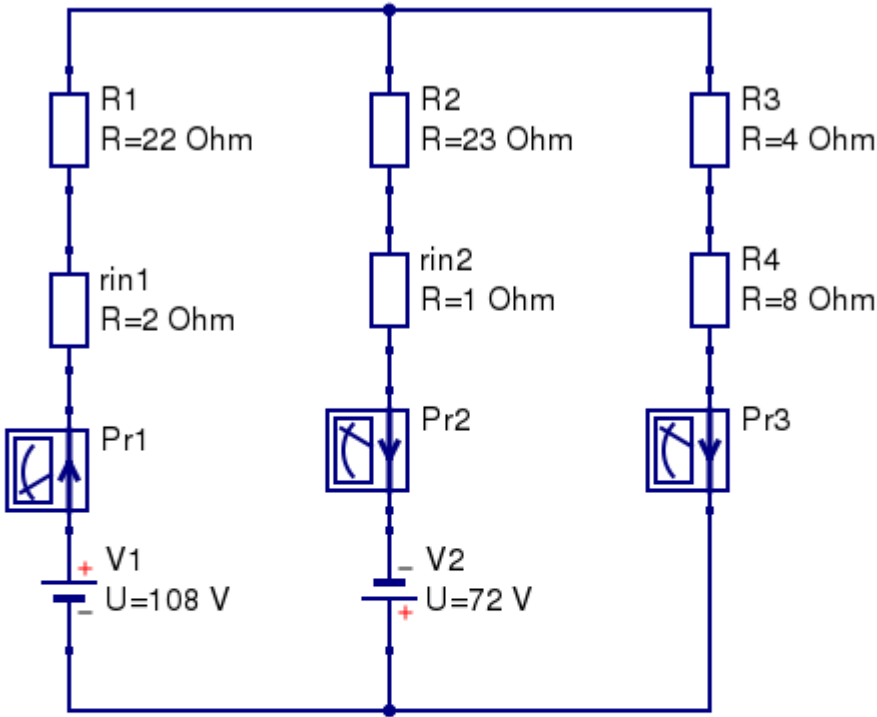
$$I_2 = (E_1 - I_3 (R_1 + R_3 + R_4)) / R_1 = \frac{108 - 0,75 (24 + 8 + 4)}{24} = 3,375 \text{ A} \quad (8)$$

Ну и ток I_1 .

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0,75 + 3,375 = 4,125 \text{ A} \quad (9)$$

ОТВЕТ: $I_1 = 4,125 \text{ A}$; $I_2 = 3,375 \text{ A}$; $I_3 = 0,75 \text{ A}$;

P. S. Тестовая схема в QUCS и результаты моделирования



**моделирование
на постоянном токе**

DC1

number	Pr1.l	Pr2.l	Pr3.l
1	4.125	3.375	0.75