

Исходная схема

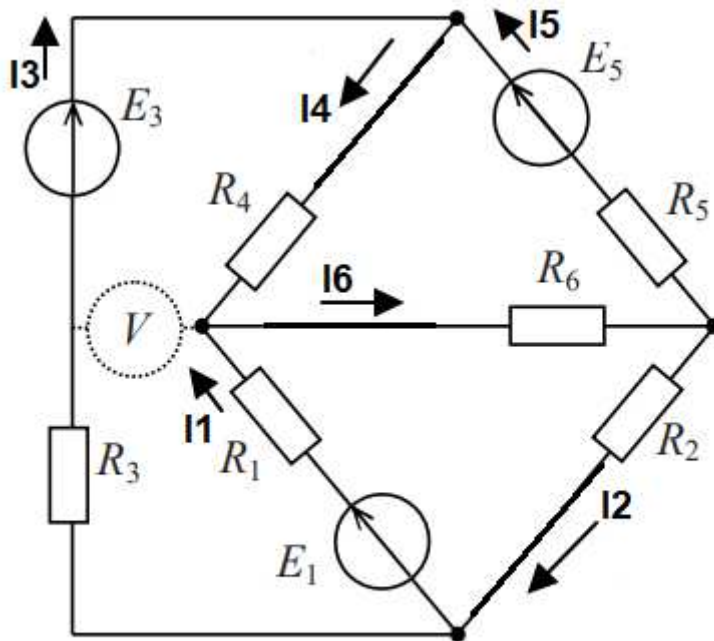


Рис. ЭЦ-1.18

Исходные данные

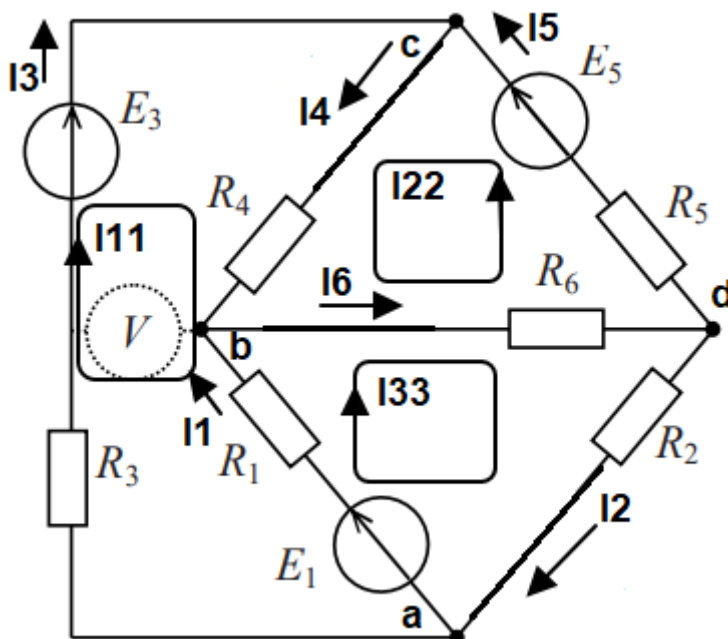
$$R_1 = 45 \text{ Ом} \quad R_2 = 16 \text{ Ом} \quad R_3 = 42 \text{ Ом} \quad R_4 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 73 \text{ Ом} \quad R_6 = 19 \text{ Ом}$$

$$E_1 = -81 \text{ В} \quad E_3 = -67 \text{ В} \quad E_5 = 49 \text{ В}$$

Решение

1. Определим токи в ветвях с помощью уравнений составленных по законам Кирхгофа



По первому закону Кирхгофа

$$0 = I_1 + I_4 - I_6 \quad \text{для узла b}$$

$$0 = I_3 + I_5 - I_4 \quad \text{для узла c}$$

$$0 = I_2 + I_5 - I_6 \quad \text{для узла d}$$

По второму закону Кирхгофа

$$E_3 - E_1 = I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4 - I_1 \cdot R_1 \quad \text{для контура I11}$$

$$E_5 = I_5 \cdot R_5 + I_4 \cdot R_4 + I_6 \cdot R_6 \quad \text{для контура I22}$$

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_6 \cdot R_6 + I_2 \cdot R_2 \quad \text{для контура I33}$$

Решим систему уравнений матричным методом. Составим матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ -R_1 & 0 & R_3 & R_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_4 & R_5 & R_6 \\ R_1 & R_2 & 0 & 0 & 0 & R_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ -45 & 0 & 42 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10 & 73 & 19 \\ 45 & 16 & 0 & 0 & 0 & 19 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ E_3 - E_1 \\ E_5 \\ E_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 14 \\ 49 \\ -81 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot B = \begin{pmatrix} -0.9139 \\ -1.5981 \\ -0.6842 \\ 0.161 \\ 0.8451 \\ -0.7529 \end{pmatrix}$$

Получим токи

$$I_1 = -0.9139 \text{ А} \quad I_2 = -1.5981 \text{ А} \quad I_3 = -0.6842 \text{ А} \quad I_4 = 0.161 \text{ А}$$

$$I_5 = 0.8451 \text{ А} \quad I_6 = -0.7529 \text{ А}$$

2. Составим уравнение баланса мощностей

Мощность источников

$$P = E_1 \cdot I_1 + E_3 \cdot I_3 + E_5 \cdot I_5 = 161.2774 \text{ Вт}$$

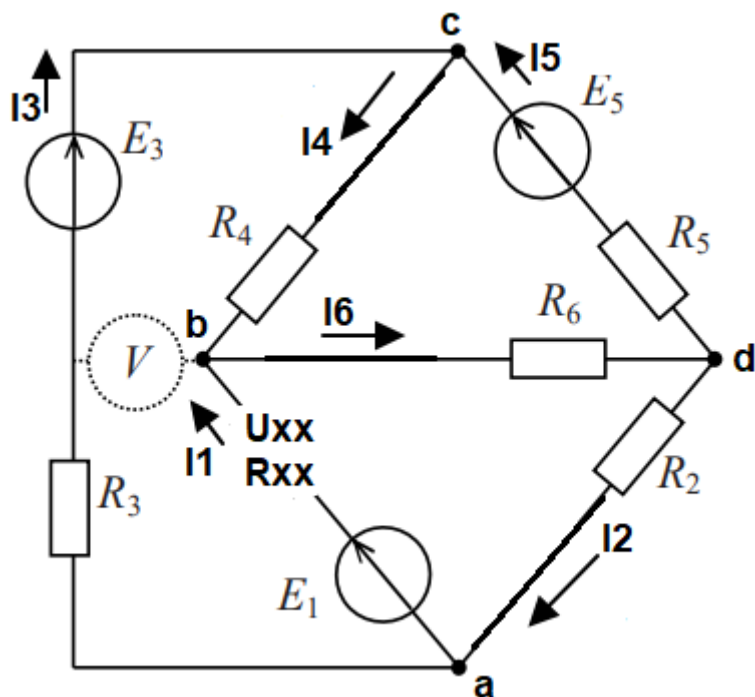
Мощность потребителей

$$P = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6 = 161.2774 \text{ Вт}$$

3. Определим показания вольтметра

$$pV = -E_3 + I_4 \cdot R_4 = 68.6098 \text{ В}$$

4. Определим ток  $I_1$  в ветви с сопротивлением  $R_1$  по методу эквивалентного генератора



Определим напряжение холостого хода

Воспользуемся методом межузловых потенциалов

$$U_{dc} = \frac{\frac{E_5}{R_5} + \frac{E_3}{R_3 + R_2}}{\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3 + R_2} + \frac{1}{R_4 + R_6}} = -7.3971 \text{ В}$$

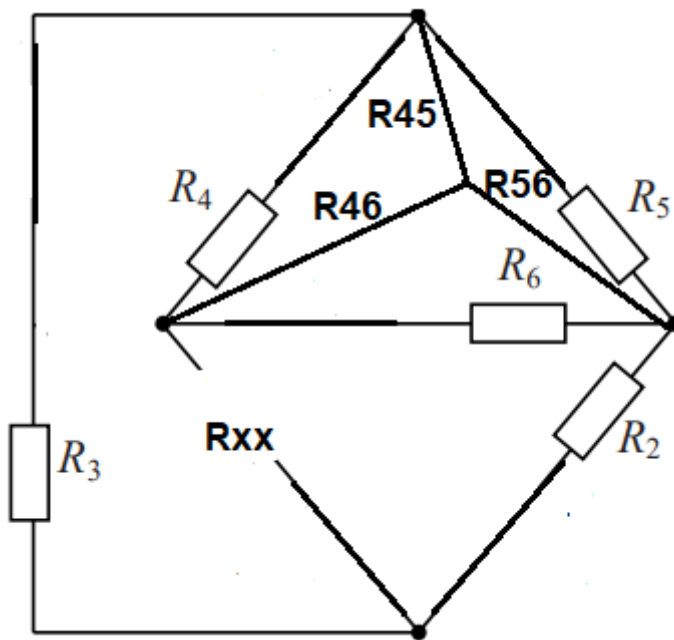
Определим частные токи

$$I_{2x} = \frac{E_3 - U_{dc}}{R_3 + R_2} = -1.0276 \text{ А} \quad I_{6x} = \frac{U_{dc}}{R_4 + R_6} = -0.2551 \text{ А}$$

Напряжение холостого хода

$$U_{xx} = -I_{6x} \cdot R_6 - I_{2x} \cdot R_2 = 21.2886 \text{ В}$$

Определим сопротивление холостого хода



Преобразуем треугольник сопротивлений в звезду

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_6} = 7.1569 \text{ Ом} \quad R_{46} = \frac{R_4 \cdot R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = 1.8627 \text{ Ом}$$

$$R_{56} = \frac{R_6 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_6} = 13.598 \text{ Ом}$$

Сопротивление холостого хода

$$R_{xx} = R_{46} + \frac{(R_{45} + R_3) \cdot (R_2 + R_{56})}{R_{45} + R_3 + R_2 + R_{56}} = 20.3371 \text{ Ом}$$

Определим ток

$$I_1 = \frac{U_{xx} + E_1}{R_{xx} + R_1} = -0.9139 \text{ А}$$

Построим график зависимости тока от сопротивления

$$I(X) = \frac{U_{XX} + E_1}{R_{XX} + X}$$

