

Дано

$E_\phi = 240$	В
$Z_{L1} = 3 + 4j$	Ом
$Z_{L2} = 0.5$	Ом
$Z_{a1b1} = 7 - 5j$	Ом
$Z_{b1c1} = 8 + 5j$	Ом
$Z_{c1a1} = 6 - 8j$	Ом
$Z_{na} = 3.3 + j$	Ом
$Z_{nb} = 2 - 3j$	Ом
$Z_{nc} = 3 + 4j$	Ом
$Z_0 = 0.8$	Ом

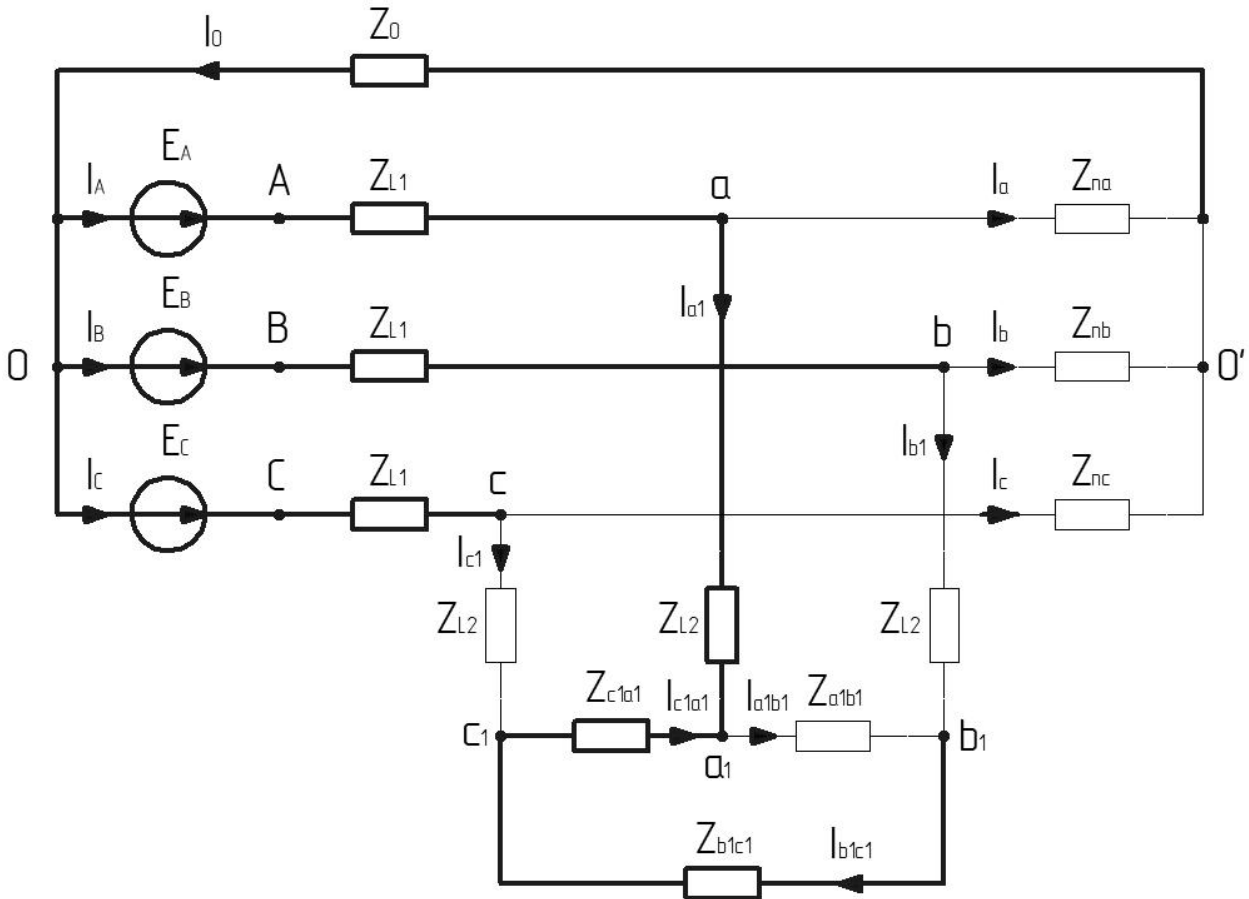
Фазные напряжения источника

$$E_A = E_\phi = 240 = 240 \quad \text{В}$$

$$E_B = E_\phi \cdot e^{-j \cdot 120 \text{deg}} = -120 - 207.846j \quad \text{В}$$

$$E_C = E_\phi \cdot e^{j \cdot 120 \text{deg}} = -120 + 207.846j \quad \text{В}$$

Изобразим дерево и граф цепи. Ветви не входящие в дерево изобразим тонкими линиями



В схеме 13 ветвей, 7 из них входят в дерево, 6 - нет. Поэтому система уравнений будет включать 7 уравнений по первому закону Кирхгофа и 6 уравнений по второму закону Кирхгофа. Составим систему уравнений

По первому закону Кирхгофа

Узел 0 $I_A + I_B + I_C - I_0 = 0$

Узел 0' $I_a + I_b + I_c - I_0 = 0$

Узел a $I_A - I_a - I_{a1} = 0$

Узел b $I_B - I_b - I_{b1} = 0$

Узел c $I_C - I_c - I_{c1} = 0$

$$\text{Узел a1} \quad I_{a1} + I_{c1a1} - I_{a1b1} = 0$$

$$\text{Узел b1} \quad I_{b1} + I_{a1b1} - I_{b1c1} = 0$$

По второму закону Кирхгофа

$$\text{Дополнение ветви с током} \quad I_{c1} \quad I_{c1} \cdot Z_{L2} + I_{c1a1} \cdot Z_{c1a1} - I_{a1} \cdot Z_{L2} - I_A \cdot Z_{L1} + I_C \cdot Z_{L1} = E_C - E_A$$

$$\text{Дополнение ветви с током} \quad I_{a1b1} \quad I_{a1b1} \cdot Z_{a1b1} + I_{c1a1} \cdot Z_{c1a1} + I_{b1c1} \cdot Z_{b1c1} = 0$$

$$\text{Дополнение ветви с током} \quad I_{b1} \quad I_{b1} \cdot Z_{L2} + I_{b1c1} \cdot Z_{b1c1} - I_{c1} \cdot Z_{L2} - I_C \cdot Z_{L1} + I_B \cdot Z_{L1} = E_B - E_C$$

$$\text{Дополнение ветви с током} \quad I_a \quad I_a \cdot Z_{na} + I_0 \cdot Z_0 + I_A \cdot Z_{L1} = E_A$$

$$\text{Дополнение ветви с током} \quad I_b \quad I_b \cdot Z_{nb} + I_0 \cdot Z_0 + I_B \cdot Z_{L1} = E_B$$

$$\text{Дополнение ветви с током} \quad I_c \quad I_c \cdot Z_{nc} + I_0 \cdot Z_0 + I_C \cdot Z_{L1} = E_C$$

Решим систему при помощи матриц

$$M = \begin{pmatrix} (I_A \ I_B \ I_C \ I_0 \ I_a \ I_b \ I_c \ I_{a1} \ I_{b1} \ I_{c1} \ I_{a1b1} \ I_{b1c1} \ I_{c1a1}) \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ -Z_{L1} & 0 & Z_{L1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -Z_{L2} & 0 & Z_{L2} & 0 & 0 & 0 & Z_{c1a1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z_{a1b1} & Z_{b1c1} & Z_{c1a1} & 0 \\ 0 & Z_{L1} & -Z_{L1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z_{L2} & -Z_{L2} & 0 & Z_{b1c1} & 0 & 0 \\ Z_{L1} & 0 & 0 & Z_0 & Z_{na} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{L1} & 0 & Z_0 & 0 & Z_{nb} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{L1} & Z_0 & 0 & 0 & Z_{nc} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad N = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ E_C - E_A \\ 0 \\ E_B - E_C \\ E_A \\ E_B \\ E_C \end{pmatrix}$$

$$X = M^{-1} \cdot N =$$

	1
1	34.802-24.221j
2	-39.524-19.475j
3	6.869+28.036j
4	2.147-15.66j
5	5.724-18.103j
6	-17.361-15.441j
7	13.785+17.884j
8	29.078-6.118j
9	-22.163-4.034j
10	-6.915+10.152j
11	13.754-0.772j
12	-8.409-4.806j
13	-15.324+5.346j

Токи ветвей

$I_A = X_1 = 34.802 - 24.221j$	A	$ I_A = 42.401$	A	$\angle(I_A) = -34.837$
$I_B = X_2 = -39.524 - 19.475j$	A	$ I_B = 44.061$	A	$\angle(I_B) = -153.769$
$I_C = X_3 = 6.869 + 28.036j$	A	$ I_C = 28.865$	A	$\angle(I_C) = 76.233$
$I_0 = X_4 = 2.147 - 15.66j$	A	$ I_0 = 15.807$	A	$\angle(I_0) = -82.193$
$I_a = X_5 = 5.724 - 18.103j$	A	$ I_a = 18.986$	A	$\angle(I_a) = -72.454$
$I_b = X_6 = -17.361 - 15.441j$	A	$ I_b = 23.234$	A	$\angle(I_b) = -138.351$
$I_c = X_7 = 13.785 + 17.884j$	A	$ I_c = 22.58$	A	$\angle(I_c) = 52.375$
$I_{a1} = X_8 = 29.078 - 6.118j$	A	$ I_{a1} = 29.715$	A	$\angle(I_{a1}) = -11.882$
$I_{b1} = X_9 = -22.163 - 4.034j$	A	$ I_{b1} = 22.527$	A	$\angle(I_{b1}) = -169.684$
$I_{c1} = X_{10} = -6.915 + 10.152j$	A	$ I_c = 22.58$	A	$\angle(I_c) = 52.375$
$I_{alb1} = X_{11} = 13.754 - 0.772j$	A	$ I_{alb1} = 13.776$	A	$\angle(I_{alb1}) = -3.214$
$I_{b1c1} = X_{12} = -8.409 - 4.806j$	A	$ I_{b1c1} = 9.685$	A	$\angle(I_{b1c1}) = -150.249$
$I_{c1a1} = X_{13} = -15.324 + 5.346j$	A	$ I_{c1a1} = 16.23$	A	$\angle(I_{c1a1}) = 160.768$

Рассчитаем активную, реактивную и полную мощность нагрузки, соединенной треугольником

$$S_{a1b1} = I_{a1b1} \cdot Z_{a1b1} = (7 - 5j) \cdot 13.776^2 = 1.328 \times 10^3 - 948.832j \quad \text{ВА}$$

$$S_{b1c1} = I_{b1c1} \cdot Z_{b1c1} = (8 + 5j) \cdot 9.685^2 = 750.469 + 469.043j \quad \text{ВА}$$

$$S_{c1a1} = I_{c1a1} \cdot Z_{c1a1} = (6 - 8j) \cdot 16.23^2 = 1.58 \times 10^3 - 2.107j \times 10^3 \quad \text{ВА}$$

$$S_{\Delta} = S_{a1b1} + S_{b1c1} + S_{c1a1} = 1.328 \times 10^3 - 948.832j + 750.469 + 469.043j + 1.58 \times 10^3 - 2.107j \times 10^3 = 3.659 \times 10^3 - 2.587j \times 10^3$$

$$S_{\Delta} = 3.659 \times 10^3 - 2.587j \times 10^3 \quad \text{ВА}$$

$$P_{\Delta} = \text{Re}(S_{\Delta}) = 3.659 \times 10^3 \quad \text{Вт}$$

$$Q_{\Delta} = \text{Im}(S_{\Delta}) = -2.587 \times 10^3 \quad \text{вар}$$

Рассчитаем активную, реактивную и полную мощность нагрузки, соединенной звездой

$$S_a = I_a \cdot Z_{na} = (3.3 + j) \cdot 18.986^2 = 1.19 \times 10^3 + 360.477j \quad \text{ВА}$$

$$S_b = I_b \cdot Z_{nb} = (2 - 3j) \cdot 23.234^2 = 1.08 \times 10^3 - 1.619j \times 10^3 \quad \text{ВА}$$

$$S_c = I_c \cdot Z_{nc} = (3 + 4j) \cdot 22.58^2 = 1.53 \times 10^3 + 2.039j \times 10^3 \quad \text{ВА}$$

$$S_Y = S_a + S_b + S_c = 1.19 \times 10^3 + 360.477j + 1.08 \times 10^3 - 1.619j \times 10^3 + 1.53 \times 10^3 + 2.039j \times 10^3 = 3.799 \times 10^3 + 780.348j$$

$$S_Y = 3.799 \times 10^3 + 780.348j \quad \text{ВА}$$

$$P_Y = \text{Re}(S_Y) = 3.799 \times 10^3 \quad \text{Вт}$$

$$Q_Y = \text{Im}(S_Y) = 780.348 \quad \text{вар}$$