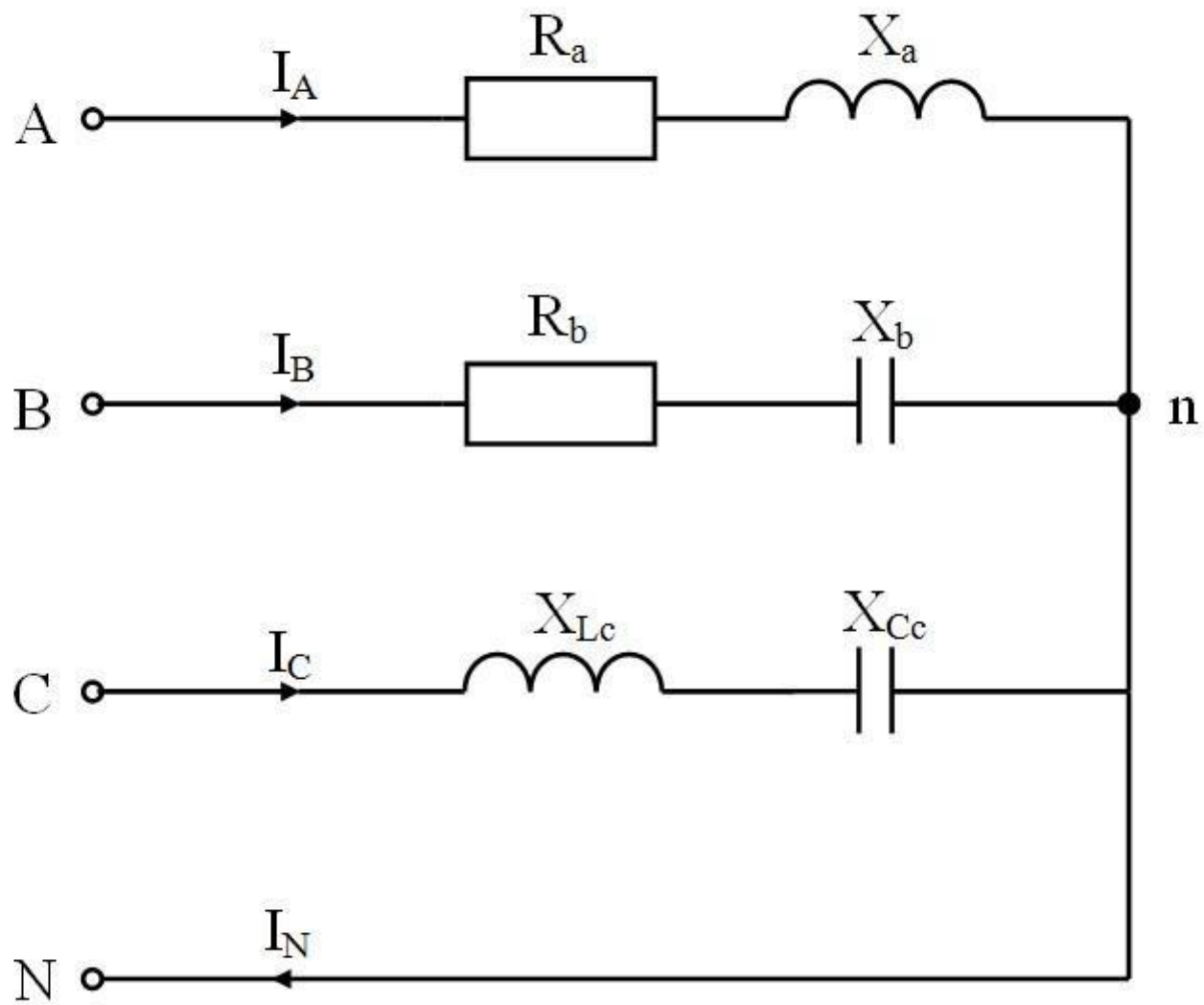


## Трехфазные цепи типа «звезда» с нулевым проводом. Пример расчета

Работу следует выполнять двумя методами, *классическим* и *символическим (комплексным)*.

Дано:  $U_{\text{Л}}$  – линейное напряжение,  $Z_a (R_a, X_a)$  – активное и реактивное сопротивление фазы a,  $Z_b (R_b, X_b)$  – активное и реактивное сопротивление фазы b,  $Z_c (R_{Lc}, X_{Cc})$  – активное и реактивное сопротивление фазы c,  $X_{Lc} > X_{Cc}$ . Требуется найти:  $I_{A,B,C}$  – фазные токи,  $I_N$  – ток в нулевом проводе,  $P_{a,b,c}$  – активные фазные мощности,  $Q_{a,b,c}$  – реактивные фазные мощности,  $S_{a,b,c}$  – полные фазные мощности. Также, для проверки полученных данных, необходимо составить уравнения баланса мощностей и векторные диаграммы. Первоначальные данные и искомые величины могут отличаться в зависимости от варианта задания.



## Классический метод

1) Находим величину фазного напряжения:

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = U_{a,b,c}. \text{ Значения напряжений в фазах равны между собой,}$$

т.к. есть нулевой провод.

2) Найдем фазные токи:

$$I_a = \frac{U_a}{Z_a} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_a^2 + X_a^2}}, I_b = \frac{U_b}{Z_b} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_b^2 + X_b^2}}, I_c = \frac{U_c}{Z_c} = \frac{U_{\phi}}{X_{Lc} - X_{Cc}}$$

3) Из треугольников сопротивлений найдем углы между векторами токов и напряжений в соответствующих фазах:

$$\varphi_a = \arctg \frac{X_a}{R_a}, \varphi_b = \arctg \frac{X_b}{R_b}, \varphi_c = \arctg \frac{X_{Lc} - X_{Cc}}{R_c} = \arctg \infty = \frac{\pi}{2}$$

**4) Активная мощность цепи находится следующим образом:**

$$P_{a,b,c} = U_{\phi} I_{a,b,c} \cos \varphi_{a,b,c}$$

$$P = P_a + P_b + P_c$$

**Реактивная мощность:**

$$Q_{a,b,c} = U_{\phi} I_{a,b,c} \sin \varphi_{a,b,c}$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$

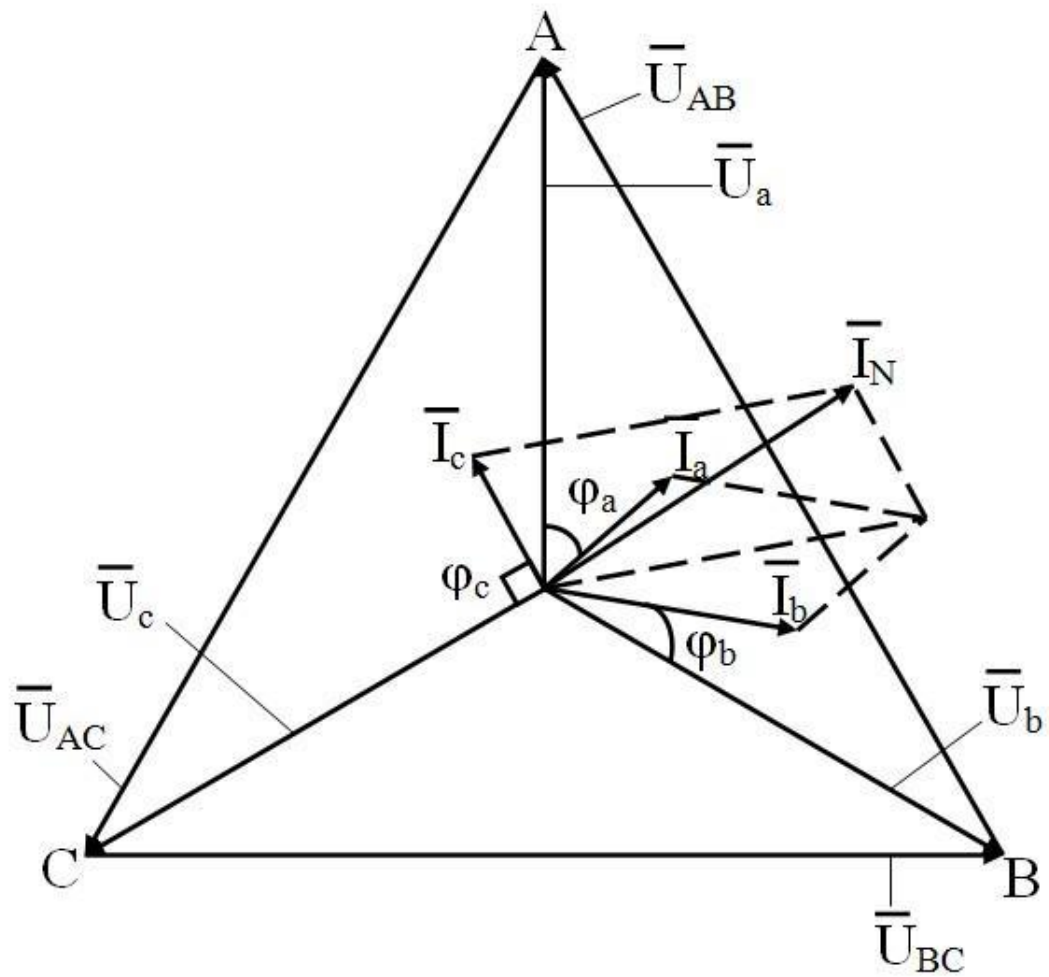
**Полная мощность фаз (полную мощность всей цепи простым сложением мощностей фаз найти нельзя):**

$$S_{a,b,c} = \sqrt{P_{a,b,c}^2 + Q_{a,b,c}^2}$$

**5) Уравнения баланса мощностей:**

$$P \approx P' = I_a^2 R_a + I_b^2 R_b, Q \approx Q' = I_a^2 X_a - I_b^2 X_b + I_c^2 (X_{Lc} - X_{Cc})$$

6) Векторная диаграмма:



## Символический метод

### 1) Фазные напряжения:

Зададим действительное значение напряжения на фазе а:

$$\underline{U}_a = U_\phi = \frac{U_\Pi}{\sqrt{3}}$$

Тогда  $\underline{U}_b = U_\phi e^{-j120^\circ}$ ,  $\underline{U}_c = U_\phi e^{+j120^\circ}$

### 2) Фазные токи:

$$\underline{I}_a = \frac{\underline{U}_a}{\underline{Z}_a} = \frac{U_\phi}{R_a + jX_a} = I_{a\partial} + jI_{aM} \Rightarrow I_a = \sqrt{I_{a\partial}^2 + I_{aM}^2}$$

$$\underline{I}_b = \frac{\underline{U}_b}{\underline{Z}_b} = \frac{U_\phi e^{-j120^\circ}}{R_b - jX_b} = I_{b\partial} + jI_{bM} \Rightarrow I_b = \sqrt{I_{b\partial}^2 + I_{bM}^2}$$

$$\underline{I}_c = \frac{\underline{U}_c}{\underline{Z}_c} = \frac{U_\phi e^{+j120^\circ}}{j(X_{Lc} - X_{Cc})} = I_{c\partial} + jI_{cM} \Rightarrow I_c = \sqrt{I_{c\partial}^2 + I_{cM}^2}$$

**3) Ток в нейтральном проводе  $I_N$  находится аналитически:**

$$I_N = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = I_{N0} + jI_{Nm} \Rightarrow I_N = \sqrt{I_{N0}^2 + I_{Nm}^2}$$

**4) Полная энергия цепи:**

$$\tilde{S} = \tilde{S}_a + \tilde{S}_b + \tilde{S}_c = \underline{U}_a \underline{I}_a^* + \underline{U}_b \underline{I}_b^* + \underline{U}_c \underline{I}_c^* = P \pm jQ$$

**5) Уравнения баланса мощностей:**

$$P \approx P' = I_a^2 R_a + I_b^2 R_b, Q \approx Q' = I_a^2 X_a - I_b^2 X_b + I_c^2 (X_{Lc} - X_{Cc})$$

$$P_{a,b,c} = \operatorname{Re}[\underline{U}_{a,b,c} \underline{I}_{a,b,c}^*] \text{ - действительная часть}$$

$$Q_{a,b,c} = \operatorname{Im} \operatorname{ag}[\underline{U}_{a,b,c} \underline{I}_{a,b,c}^*] \text{ - мнимая часть}$$

6) Векторная диаграмма:

