

**СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
ТРЕХФАЗНОГО ТОКА**

1. Симметричная нагрузка ПРИ СОЕДИНЕНИИ ЗВЕЗДОЙ

Будем полагать, что нагрузка является симметричной, т.е. комплексы сопротивлений фаз равны

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c$$

При симметричной нагрузке токи в линейных проводах равны по величине и сдвинуты во времени на $1/3$ периода:

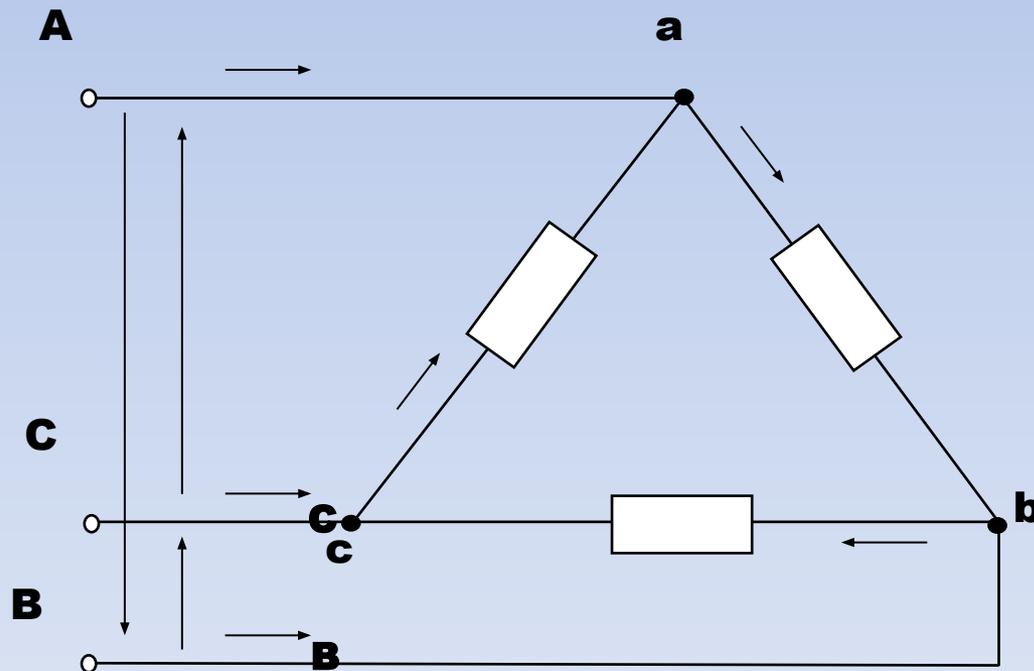
$$\underline{I}_A = I; \quad \underline{I}_B = I \cdot e^{-j \cdot 120^\circ}; \quad \underline{I}_C = I \cdot e^{j \cdot 120^\circ};$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_N &= I \cdot (1 + e^{-j \cdot 120^\circ} + e^{j \cdot 120^\circ}) = \\ &= I \cdot [1 + \cos(-120^\circ) + j \cdot \sin(-120^\circ) + \cos 120^\circ + j \cdot \sin 120^\circ] = I \cdot [1 - 0,5 - 0,5] = 0. \end{aligned}$$

ВЫВОД: при соединении фаз генератора звездой и симметричной нагрузке ток в нейтральном проводе равен 0, необходимость в нем отпадает, система становится трехпроводной.

2. Соединение потребителей трехфазного тока треугольником

При таком соединении конец одной фазы присоединяется к началу другой.



Если пренебречь сопротивлением линейных проводов, то напряжения на фазах равны линейным напряжениям питающей сети, которая образует симметричную систему.

$$\dot{U}_{AB} = U_{Л};$$

$$\dot{U}_{BC} = U_{Л} \cdot (-0,5 - j0,87);$$

$$\dot{U}_{CA} = U_{Л} \cdot (-0,5 + j0,87);$$

Соединение треугольником обеспечивает независимую работу фаз, как и в случае соединения звездой с нейтральным проводом. Связь между комплексами линейных и фазных токов устанавливается для каждого узла по I-му закону Кирхгофа:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}; \quad - \text{ комплексы линейных токов}$$

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_{ab}}; \quad \dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{\underline{Z}_{bc}}; \quad \dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{\underline{Z}_{ca}}; \quad - \text{ комплексы фазных токов}$$

Пользуясь этими формулами можно рассчитать токи при несимметричной нагрузке, так и симметричной нагрузке.

3. Мощность трехфазного тока

При использовании трехфазных цепей, как в однофазных, пользуются понятием активной, реактивной и полной мощностей.

НЕСИММЕТРИЧНАЯ НАГРУЗКА

– Активная мощность каждой фазы определяется:

$$P_a = U_a \cdot I_a \cdot \cos\varphi_a; \quad P_b = U_b \cdot I_b \cdot \cos\varphi_b; \quad P_c = U_c \cdot I_c \cdot \cos\varphi_c;$$

$$U_a; \quad U_b; \quad U_c;$$

– напряжения на фазах потребителя;

$$I_a; \quad I_b; \quad I_c;$$

– фазные токи потребителя;

– углы сдвига фаз между соответствующими напряжениями и токами.

Суммарная активная мощность потребителя трехфазного тока равна арифметической сумме активных мощностей отдельных фаз:

$$P = P_a + P_b + P_c; \quad [\text{Вт}]$$

– Реактивная мощность каждой фазы определяется:

$$Q_a = U_a \cdot I_a \cdot \sin \varphi_a; \quad Q_b = U_b \cdot I_b \cdot \sin \varphi_b; \quad Q_c = U_c \cdot I_c \cdot \sin \varphi_c;$$

Суммарная реактивная мощность потребителя трехфазного тока равна алгебраической сумме реактивных мощностей отдельных фаз:

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c; \quad [\text{ВАр}]$$

Суммарная полная мощность потребителя трехфазного тока равна арифметической сумме полных мощностей отдельных фаз:

$$S = S_a + S_b + S_c; \quad [\text{ВА}]$$

СИММЕТРИЧНАЯ НАГРУЗКА

$$U_a = U_b = U_c = U_\phi;$$

$$I_a = I_b = I_c = I_\phi;$$

$$\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c = \varphi_\phi;$$

– Активная мощность потребителя трехфазного тока равна

$$P = P_a + P_b + P_c = 3 \cdot P_\phi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi_\phi;$$

– Реактивная мощность потребителя трехфазного тока равна

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c = 3 \cdot Q_\phi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi_\phi;$$

– Полная мощность потребителя трехфазного тока равна

$$S = S_a + S_b + S_c = 3 \cdot S_\phi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi;$$

На практике часто приходится определять мощности не через фазные значения, а используя линейные значения напряжений и токов. Но соотношения между фазными и линейными значениями зависят от схемы соединения – звезда или треугольник.

Звезда $U_{Л} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi}; \quad I_{Л} = I_{\phi};$

$$P_Y = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi} = 3 \cdot \frac{U_{Л}}{\sqrt{3}} \cdot I_{Л} \cdot \cos \varphi_{\phi} = \sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot \cos \varphi_{\phi};$$

Треугольник $U_{Л} = U_{\phi}; \quad I_{Л} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi};$

$$P_{\Delta} = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi} = 3 \cdot U_{Л} \cdot \frac{I_{Л}}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi_{\phi} = \sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot \cos \varphi_{\phi};$$

ВЫВОД: При симметричной нагрузке формулы для определения активной мощности через линейные значения напряжения и тока не зависят от схемы соединения потребителей.

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi_\phi;$$

Аналогично реактивная и полная мощности равны:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi_\phi;$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L;$$

