

Раздел 3

Трехфазные цепи

3.1. Элементы трехфазных цепей

- Трехфазная цепь – это совокупность трех однофазных цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одной частоты, но разные по фазе, создаваемые одним источником энергии.
- Фаза трехфазной цепи - участок трехфазной цепи, характеризующийся одинаковым током (однофазная цепь в составе трехфазной)

К трехфазным цепям относят трехфазные источники, линии электропередачи и приемники (не обязательно трехфазные)

3.1. Элементы трехфазных цепей

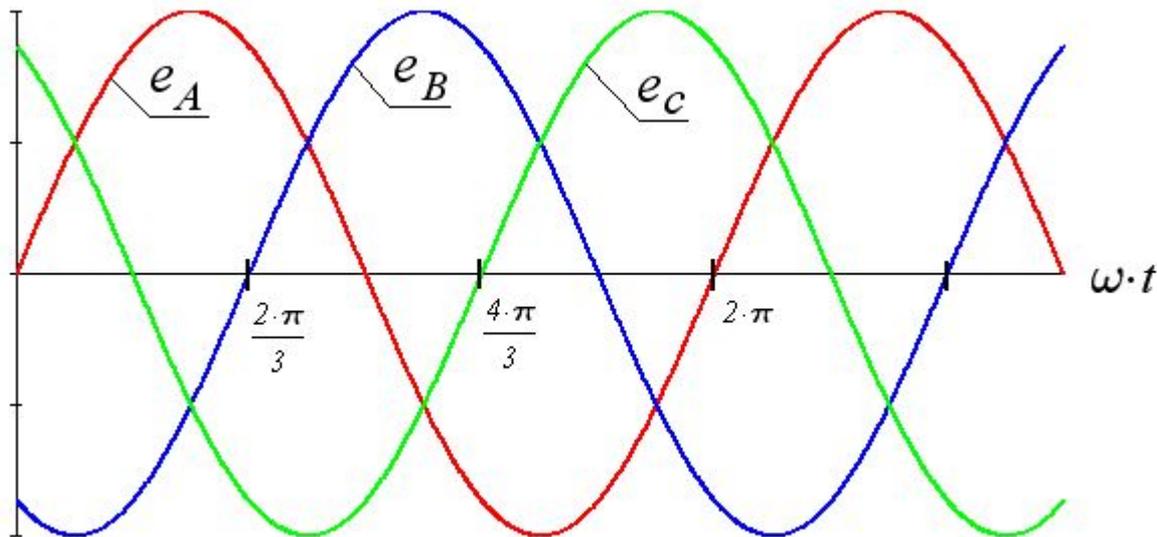
Трехфазные источники

$$e_A = E_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t)$$

$$e_B = E_m \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t - 2 \cdot \frac{\pi}{3}\right)$$

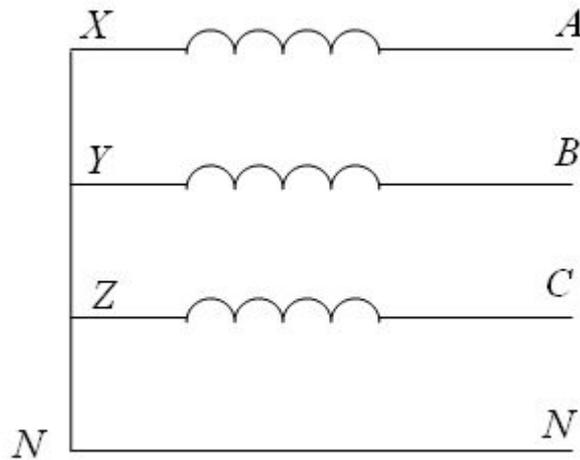
$$e_C = E_m \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t + 2 \cdot \frac{\pi}{3}\right)$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_A &= \frac{E_m}{\sqrt{2}} = E_\phi \\ \dot{E}_B &= E_\phi \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}} \\ \dot{E}_C &= E_\phi \cdot e^{j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}}\end{aligned}$$



3.2. Способы соединения фаз источника

- *Соединение звездой.* Концы всех трех фаз объединяются в общую точку (нейтраль)



Провод, соединяющий начала фаз источника и приемника называют линейным, а соединяющий нейтральную точку источника и нейтральную точку приемника - нейтральным

Напряжение между началом и концом фазы называют фазным, напряжение между началами двух фаз - линейным

3.2. Способы соединения фаз источника

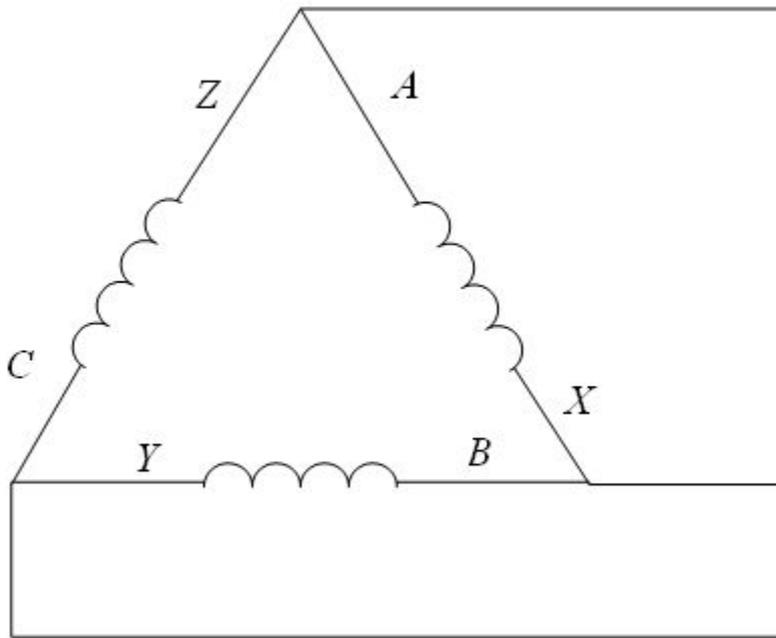
При соединении звездой

$$U_{л} = \sqrt{3} \cdot U_{ф}$$

Соединение звездой позволяет взять с одного источника два трехфазных напряжения – фазное и линейное!

3.2. Способы соединения фаз источника

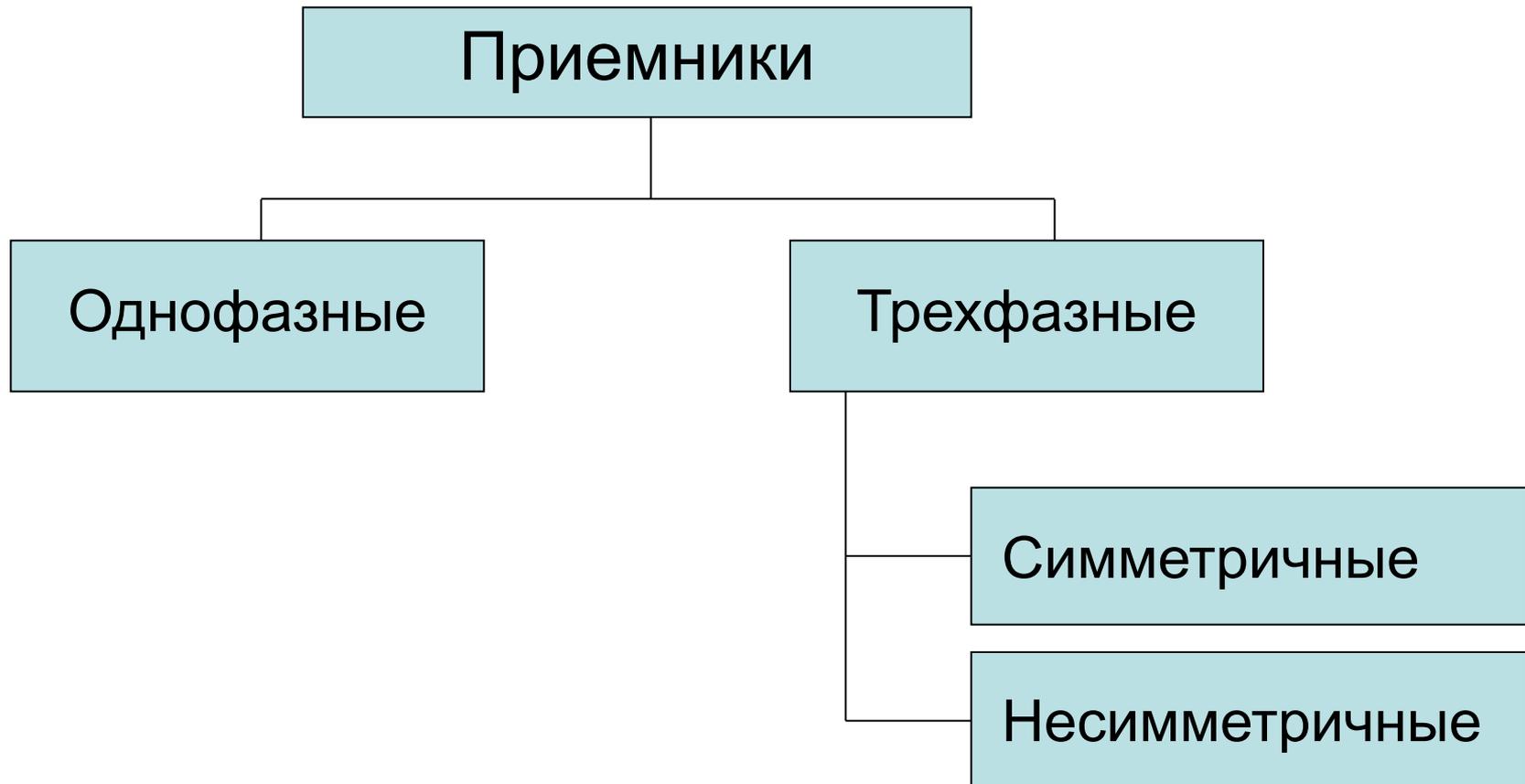
- Соединение треугольником (фазы соединяются последовательно)



$$U_{л} = U_{\phi}$$

При соединении
треугольником можно
получить только одно
трехфазное напряжение

3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь



3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

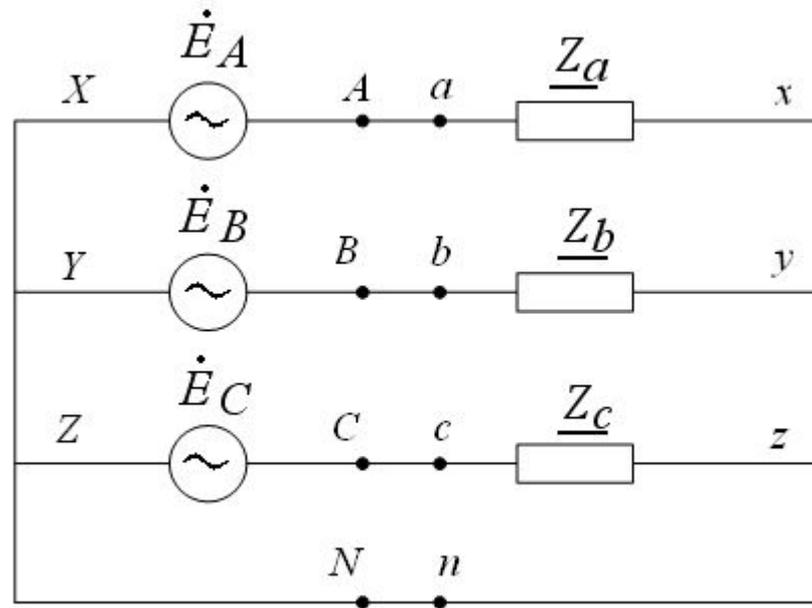
Способы включения трехфазных приемников:

- Четырехпроводная звезда
- Трехпроводная звезда
- Треугольник

Способ соединения фаз приемника не зависит от способа соединения фаз источника!

3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

1. Четырехпроводная звезда



3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

1. Напряжение на фазах приемника не зависит от сопротивления и определяется только напряжением на фазах источника.

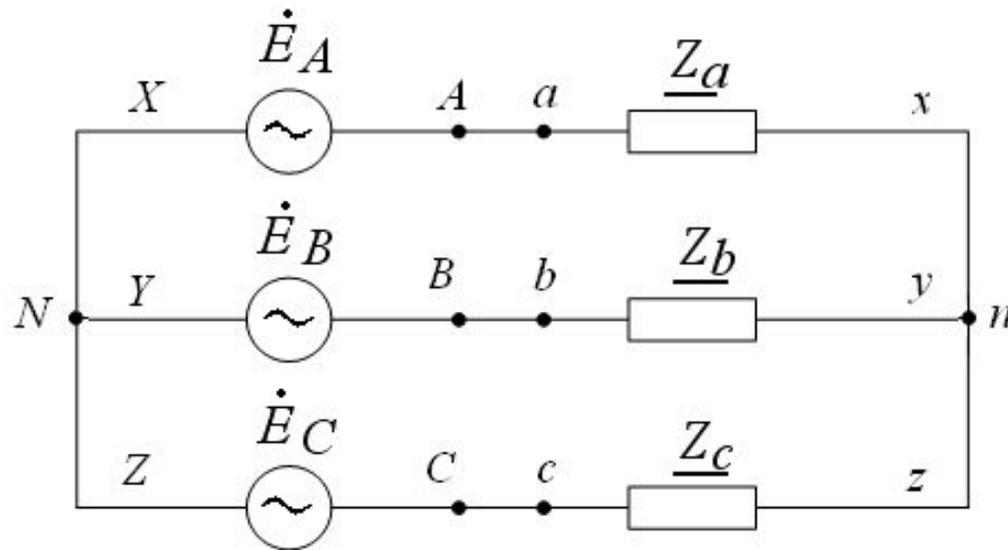
2. Фазовые токи не зависят друг от друга.

3. Если приемник симметричный, необходимости в нейтральном проводе нет.

4. Четырехпроводная звезда используется в основном для подключения несимметричных источников, когда нужно обеспечить независимость работы фаз.

3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

2. Трехпроводная звезда



$$\dot{U}_{Nn} = \frac{\dot{E}_A \cdot \underline{Y}_A + \dot{E}_B \cdot \underline{Y}_B + \dot{E}_C \cdot \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C}$$

3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

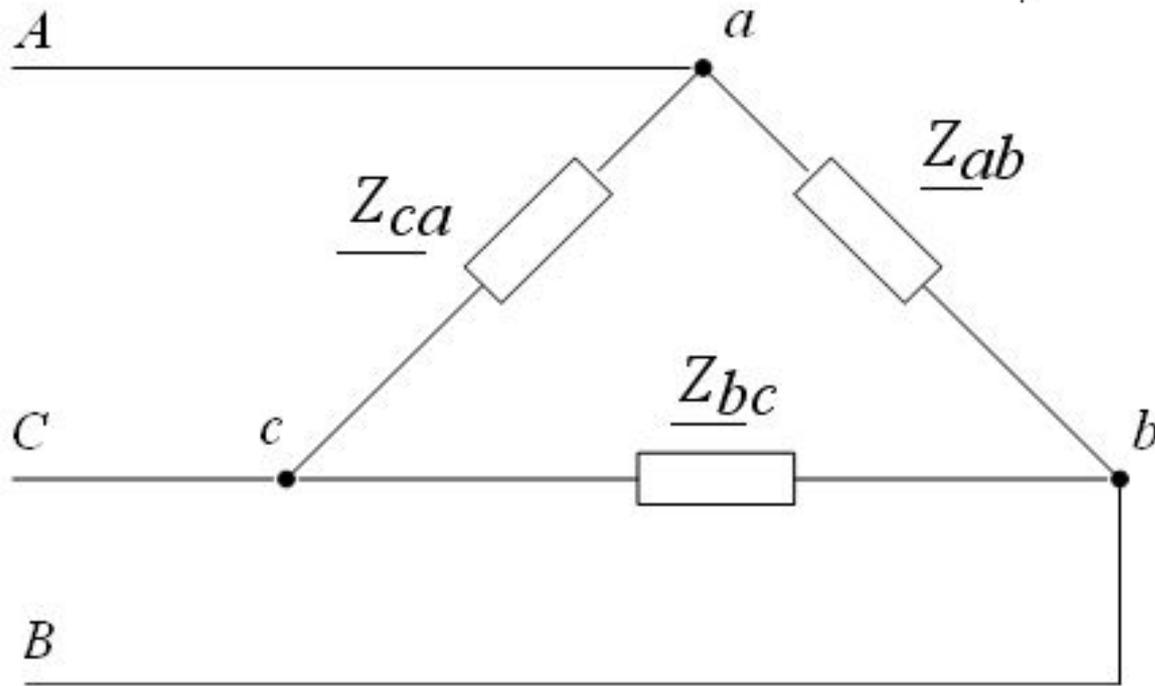
При соединении трехпроводной звездой:

- Фазные напряжения зависят не только от источника, но и от сопротивления всех трех фаз
- Режимы работы фаз взаимозависимы

Соединение трехпроводной звездой применяется только для симметричных приемников, когда необходимости в нейтральном проводе нет.

3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

3. Соединение треугольником



3.3. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь

При соединении треугольником:

- Фазные токи и напряжения взаимно независимы
- Линейный ток зависит от сопротивления двух фаз, подключенных к этой линии
- Для симметричного приемника

$$I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{ф}$$

3.4. Мощность в трехфазной цепи

В общем случае

$$P = P_a + P_b + P_c$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$\underline{S} = P + j \cdot Q = \underline{S}_a + \underline{S}_b + \underline{S}_c$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

3.4. Мощность в трехфазной цепи

Для симметричного приемника

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos(\varphi_{\phi})$$

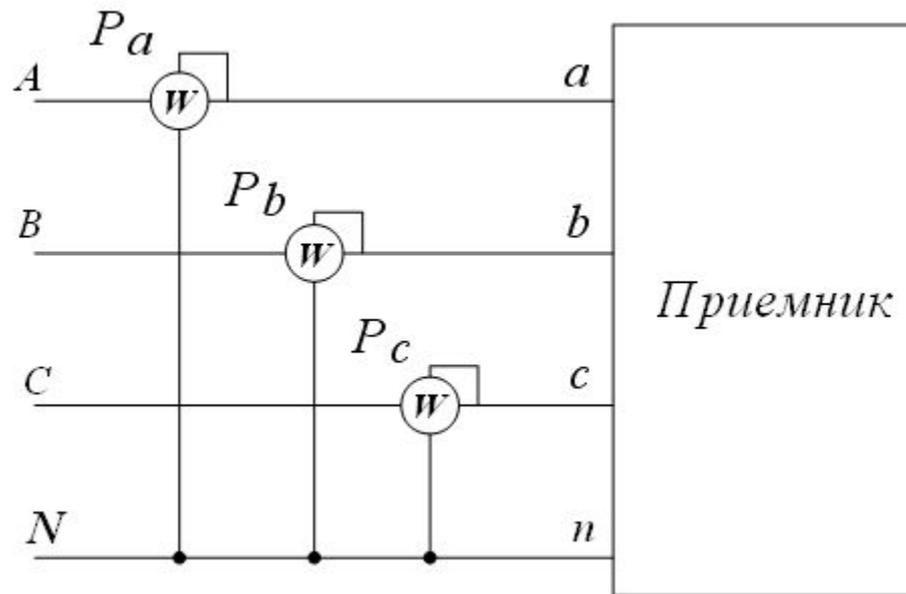
$$Q = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \sin(\varphi_{\phi})$$

Мощность симметричного приемника
не зависит от способа соединения

3.4. Мощность в трехфазной цепи

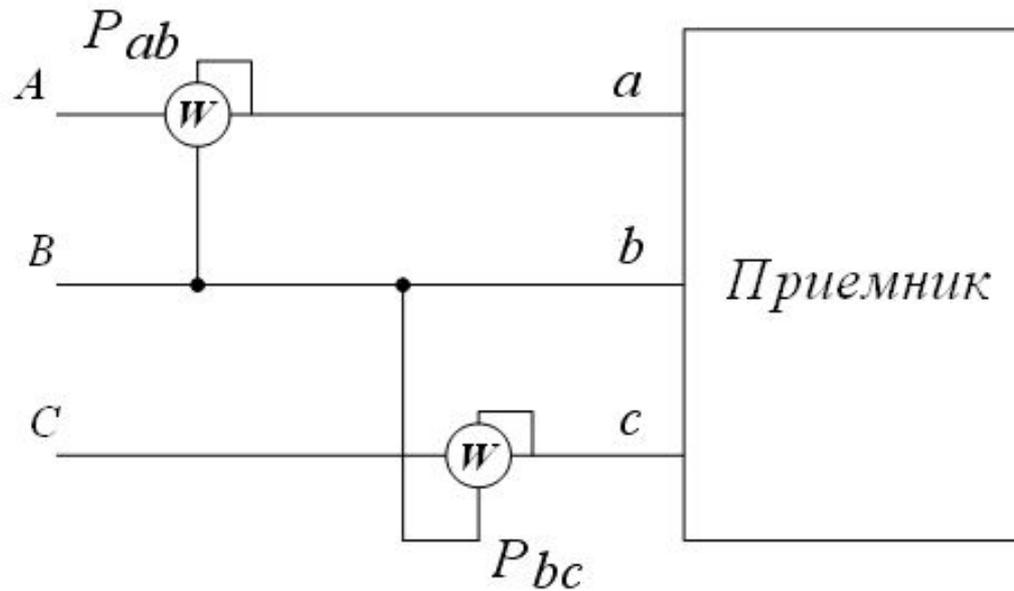
Измерение мощности

1. Четырехпроводная цепь



3.4. Мощность в трехфазной цепи

Трехпроводная цепь



Для измерения мощности в
трехпроводной цепи достаточно двух
ваттметров