

# Основы электротехники

---

## Тема: Трехфазный переменный ТОК

---

Преподаватель: Журова Лариса Борисовна

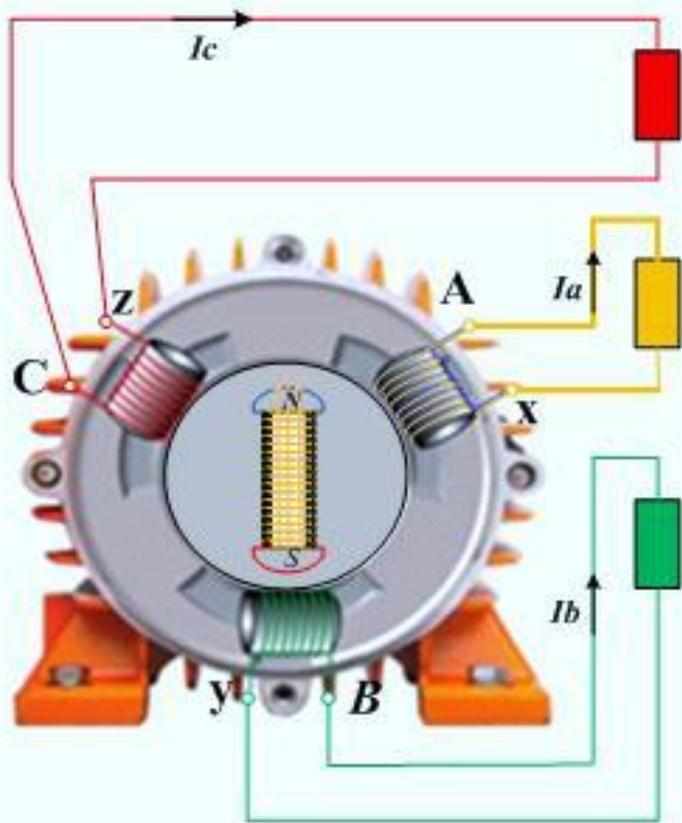
## План лекции:

---

1. Принцип построения трехфазной системы
2. Соединение звездой
3. Соединение треугольником
4. Мощность трехфазной системы и методы ее измерения

# 1. Принцип построения трехфазной системы

Объединение в одной линии электропередачи нескольких цепей переменного тока с независимыми источниками электроэнергии называется **многофазной системой**.



В настоящее время во всем мире получила наибольшее распространение **трехфазная система переменного тока**.

- ✓ Трехфазный генератор состоит из 3-х одинаковых изолированных друг от друга обмоток, расположенных на статоре и разнесенных в пространстве на  $120^\circ$ . В центре статора вращается электромагнит.
- ✓ По закону электромагнитной индукции в катушках будут индуцироваться ЭДС равной амплитуду и частоты, отличающиеся друг от друга по фазе на  $120^\circ$ :

# 1. Принцип построения трехфазной системы

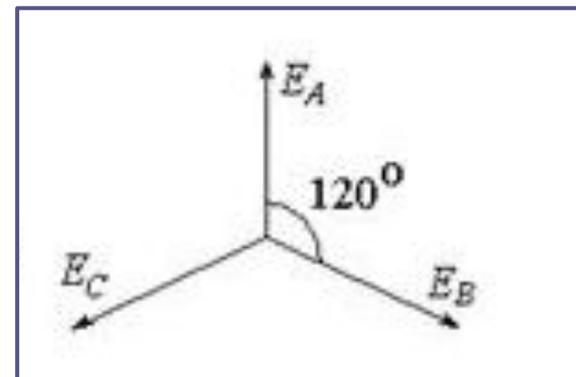
$$e_1 = E_0 \sin \omega t;$$

$$e_2 = E_0 \sin (\omega t - 120^\circ);$$

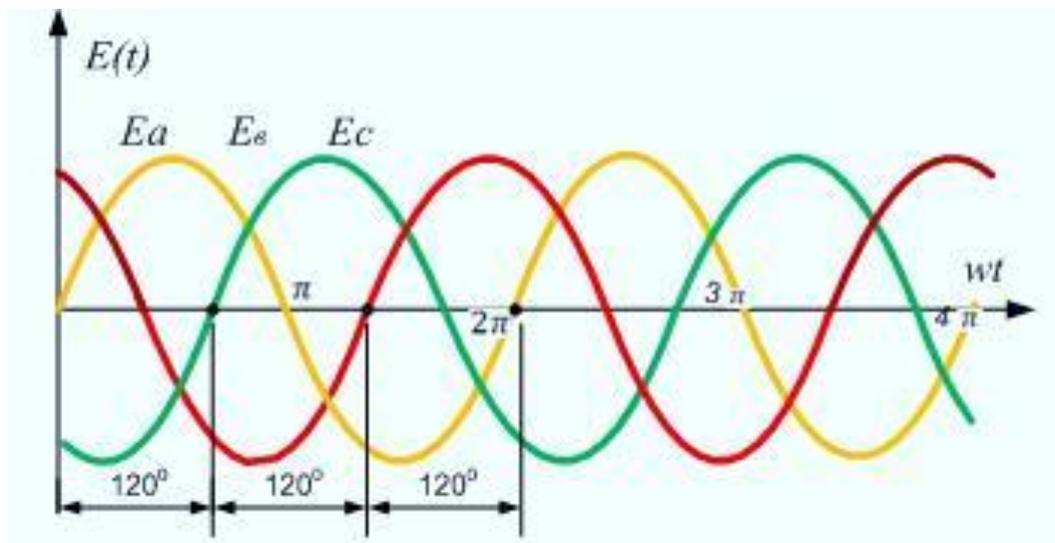
$$e_3 = E_0 \sin (\omega t - 240^\circ)$$

Эти три ЭДС можно изобразить на временной и векторной диаграммах.

Сумма этих ЭДС равна нулю. 



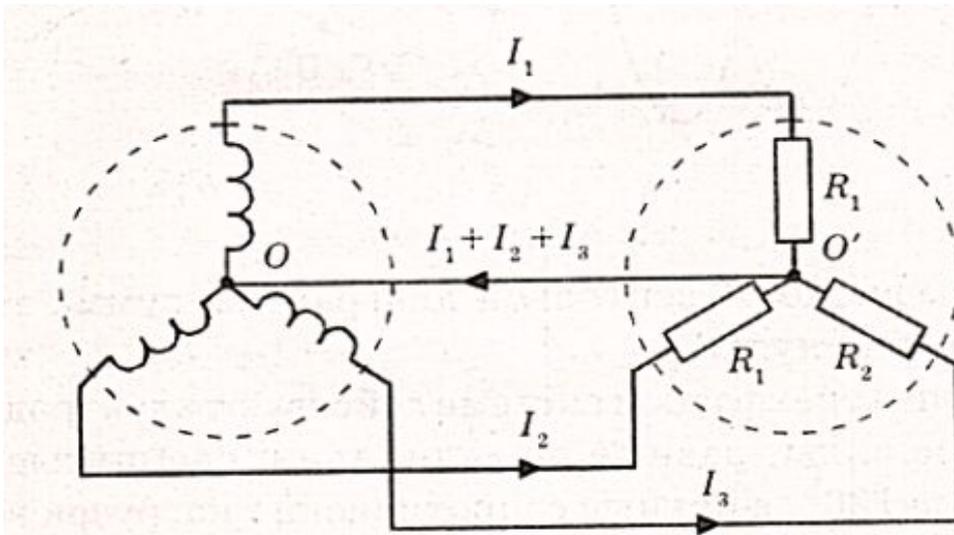
Отдельные фазы принято обозначать буквами: А, В, С.



Существует два способа соединения 3-х обмоток:

- ✓ Звезда;
- ✓ Треугольник.

## 2. Соединение звездой



Условимся, что положительно направленный ток выходит из обмотки генератора через ее начало и входит в нее через ее конец. Если все концы обмоток соединить в одной точке  $O$ , а к их началам присоединить провода, идущие к от приемникам энергии ( у которых концы также соединены о общей точке  $O'$ ), получим соединение **звездой**.

По общему обратному проводу протекает ток, равный сумме токов трех фаз.

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C.$$

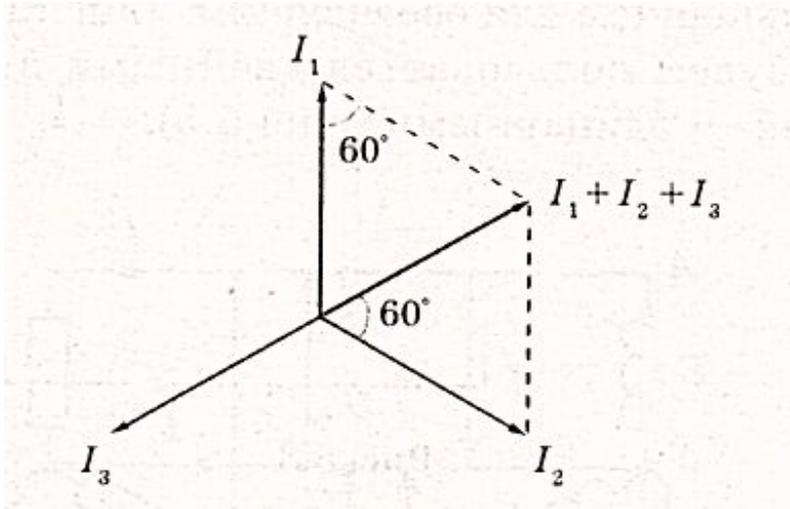
Если все три фазы имеют одинаковые нагрузки, то фазные токи будут равны по модулю, отличаясь только по фазе

$$I_A = I_m \sin \omega t;$$

$$I_B = I_m \sin (\omega t - 120^\circ);$$

$$I_C = I_m \sin (\omega t - 240^\circ)$$

## 2. Соединение звездой



При симметричной нагрузке ток в общей цепи равен нулю, поэтому провод  $OO'$  называется **нулевым**.

Точка соединения концов обмоток генератора или концов нагрузок называется **нулевой**.

Провода, соединяющие начала обмоток генератора с приемниками электроэнергии, называются **линейными**.

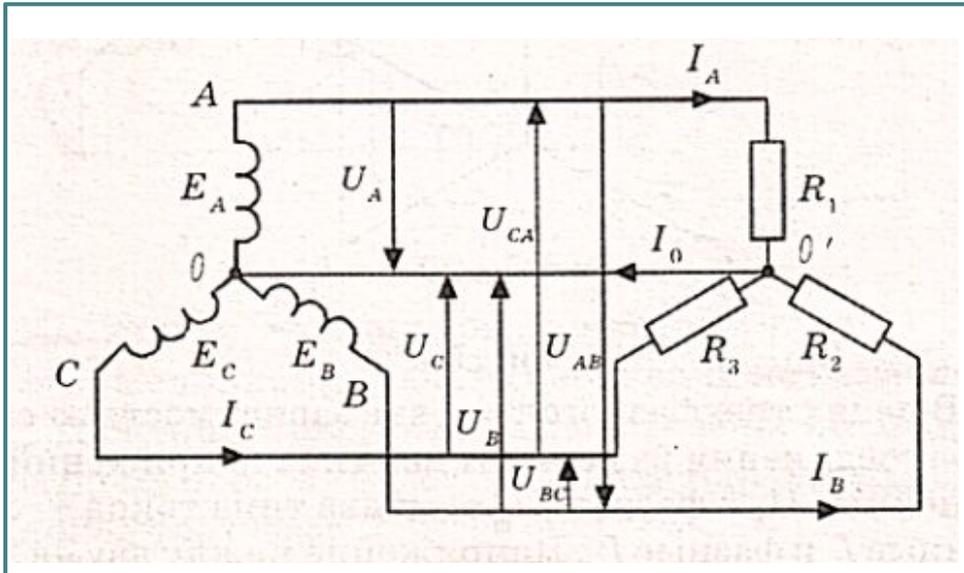
Система трехфазного тока с нулевым проводом называется **четырёхпроводной**.

Напряжение между двумя линейными проводами называется **линейным**:  $U_{\text{л}}$

Напряжение между линейным и нулевым проводом – **фазным**:  $U_{\text{ф}}$

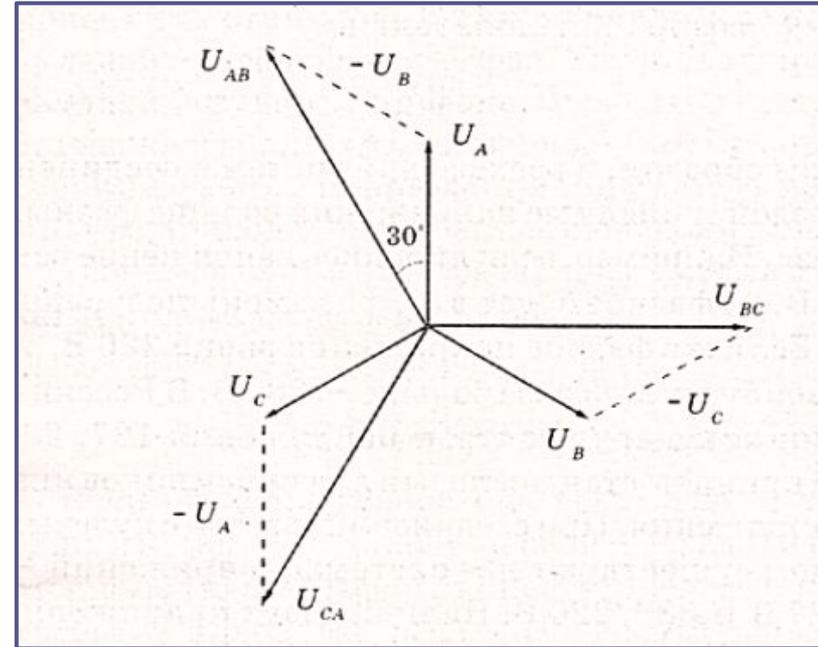
При соединении звездой линейный ток совпадает с фазным  $I_{\text{л}} = I_{\text{ф}}$

## 2. Соединение звездой



Для нахождения соотношения между модулями линейных и фазных напряжений рассмотрим тупоугольный треугольник с углом  $120^\circ$  при вершине, образованный векторами  $\vec{U}_A$ ,  $(-\vec{U}_B)$  и  $\vec{U}_{AB}$ . Опустим перпендикуляр из вершины тупого угла этого треугольника на противоположную сторону и найдем, что  $U_{AB}/2 = U_A \cos 30^\circ$ . Следовательно,

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}.$$



$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B;$$

$$\vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C;$$

$$\vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A.$$

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$$

$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}}$$

## 2. Соединение звездой

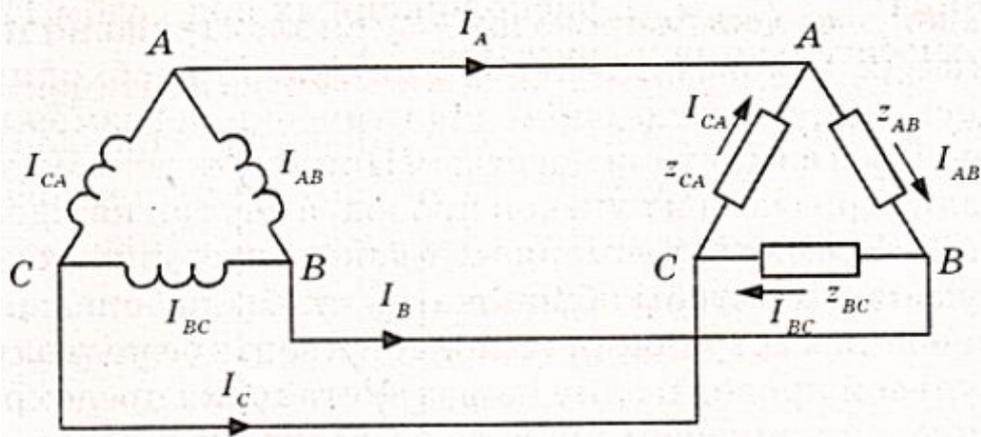
Линейное напряжение, $U_{\text{л}}$	Фазное напряжение, $U_{\text{ф}}$
220 В	127 В
380 В	220 В

Наличие двух напряжений – достоинство четырехпроводной линии!

Соединение без нулевого провода - при подключении обмоток трехфазных двигателей

Соединение с нулевым проводом - при электрификации жилых домов (к каждой квартире – одну фазу и нулевой провод).  
Установка предохранителя в нулевом проводе запрещена, т.к. при перегорании фазные напряжения могут стать неравными  
-> перегорание приборов!

### 3. Соединение треугольником



Если конец первой обмотки соединить с началом второй, конец второй с началом третьей, конец третьей с началом первой, а к общим точкам подключить линейные провода, то получим схему соединения треугольником.  
(трехпроводная схема)

Сумма мгновенных значений ЭДС в обмотках генератора равна нулю:

$$\vec{e}_{AB} + \vec{e}_{BC} + \vec{e}_{CA} = 0$$

При соединении треугольником существуют:

- линейные напряжения ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ )
- фазные токи ( $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ )
- линейные токи ( $I_A, I_B, I_C$ )

По 1 закону Кирхгофа:

$$\begin{aligned} \vec{I}_A &= \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} \\ \vec{I}_B &= \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB} \\ \vec{I}_C &= \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC} \end{aligned}$$

Из соотношений видно:  
любой линейный ток равен геометрической разности двух фазных токов

### 3. Соединение треугольником

Для построения диаграммы в качестве исходных – три вектора линейных напряжений ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$ ), расположенных под углом  $120^\circ$  относительно друг друга. При симметричной нагрузке векторы фазных токов ( $I_{AB}$ ,  $I_{BC}$ ,  $I_{CA}$ ) сдвинуты по фазе относительно соответствующих напряжений на угол  $\varphi$ , величина которого зависит от характера нагрузки.

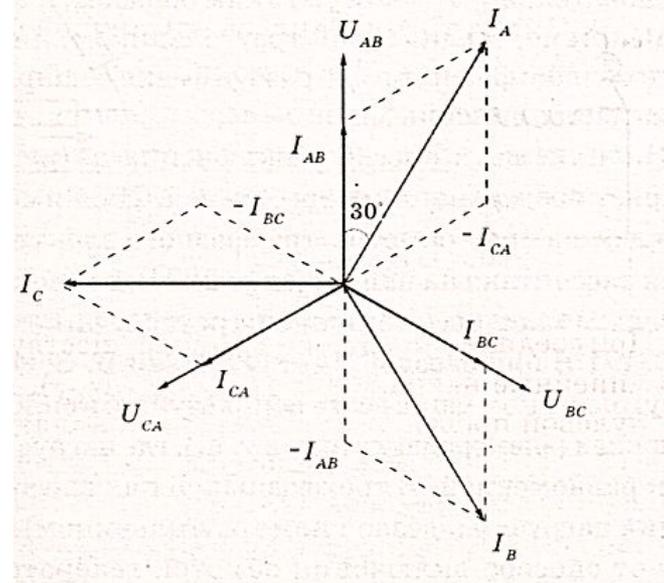
Построим векторы линейных токов:

$$\begin{aligned}\vec{I}_A &= \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} \\ \vec{I}_B &= \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB} \\ \vec{I}_C &= \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}\end{aligned}$$

Опустим перпендикуляр из вершины тупого угла на противоположную сторону и найдем, что

$$I_A / 2 = I_{AB} \cos 30^\circ$$

$$I_L = \sqrt{3} I_\phi$$



$$I_L = \sqrt{3} I_\phi$$

$$U_L = U_\phi$$

## 4. Мощность трехфазной системы и методы ее измерения

$$P = P_A + P_B + P_C$$

$$P = 3 I_{\Phi} U_{\Phi} \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} I_L U_L \cos \varphi$$

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

$$Q = \sqrt{3} I_L U_L \sin \varphi$$

