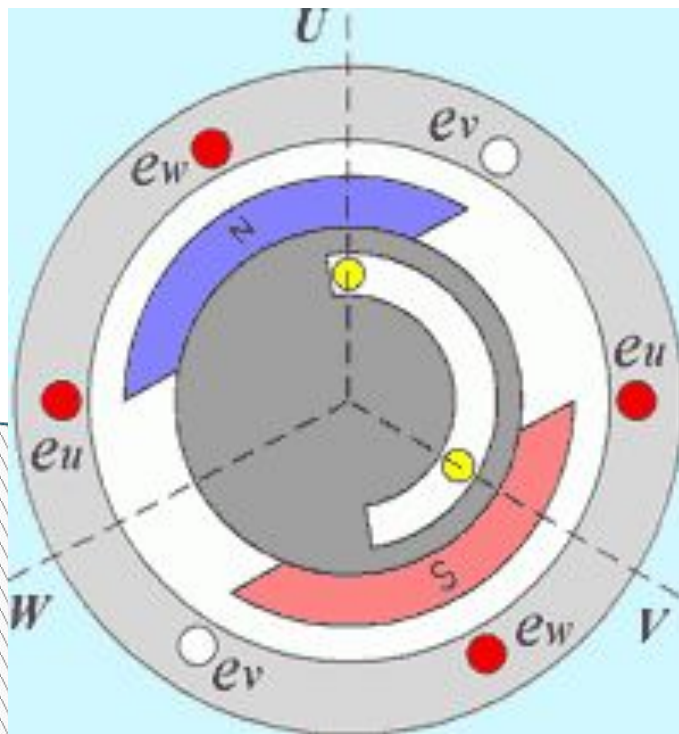


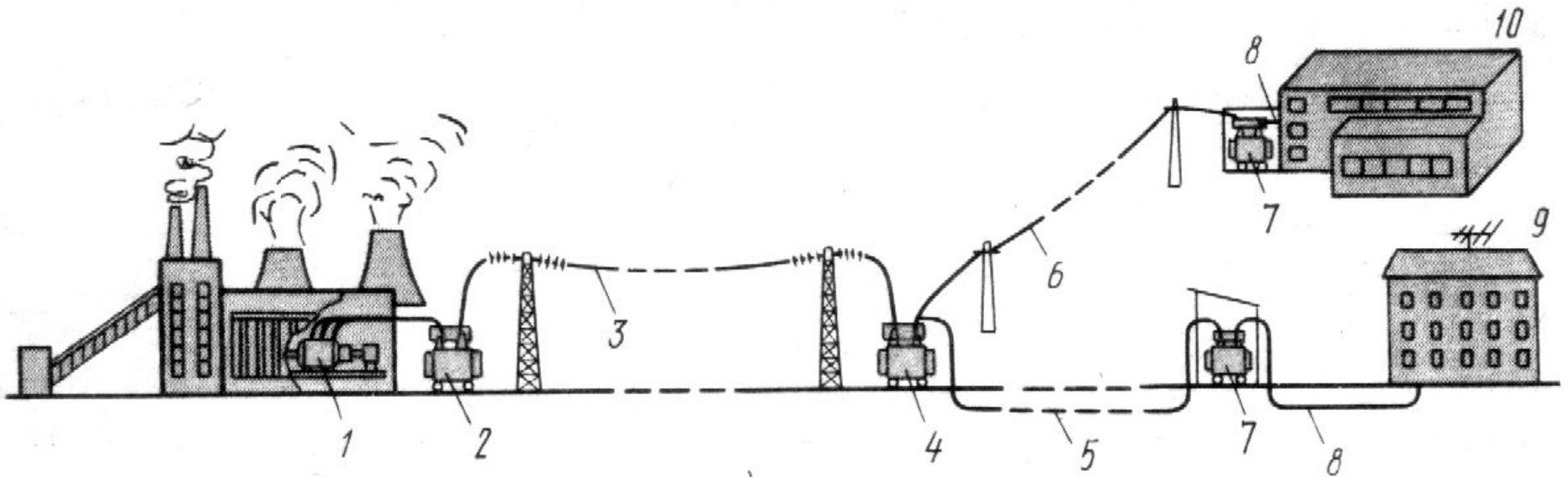
Для студентов СПО

Трехфазные электрические цепи переменного тока

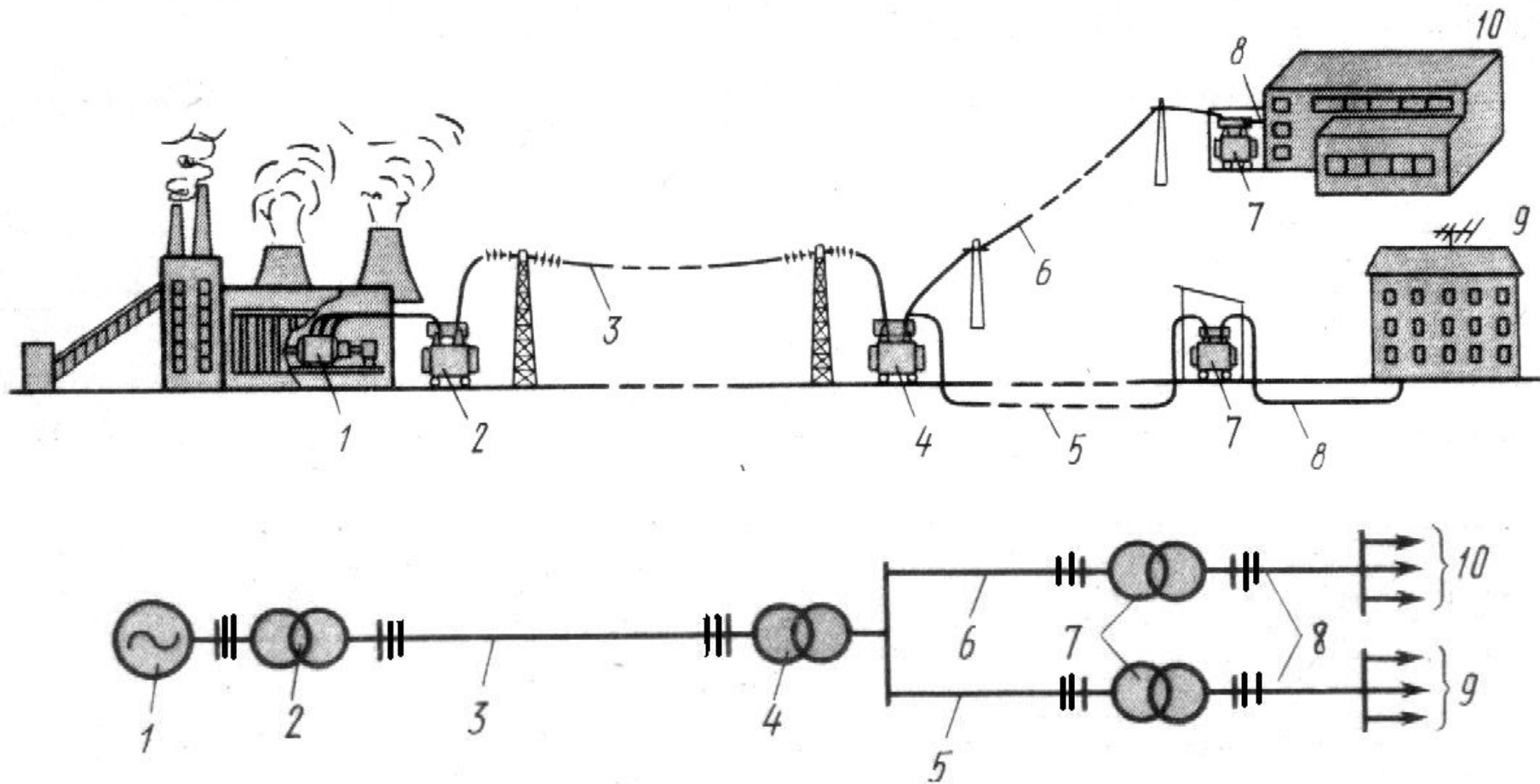


Трехфазная цепь является частным случаем многофазных систем, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, различающиеся по фазе и создаваемые общим источником энергии.

Трехфазные цепи — наиболее распространенные в современной электроэнергетике. Это объясняется рядом их преимуществ по сравнению как с однофазными, так и с другими многофазными цепями (экономичность передачи энергии, возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, а также двух различных эксплуатационных напряжений в одной установке: фазного и линейного).

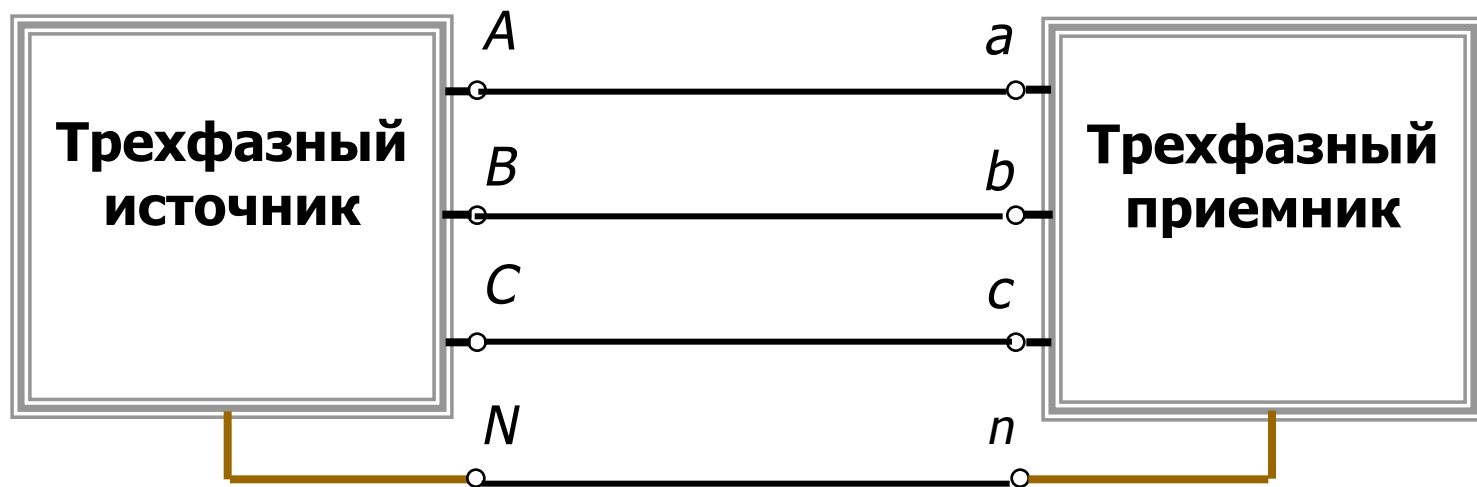


Трехфазная цепь состоит из трех основных элементов (частей): трехфазного генератора (1), в котором механическая энергия преобразуется в электрическую с трехфазной системой ЭДС, линии передачи (3, 5, 6, 8) и приемников (потребителей) (9,10), которые могут быть как трехфазными (например, электродвигатели), так и однофазными (например, лампы освещения).



Кроме этого в трехфазную систему при передаче на большие расстояния входят повышающие (2) и понижающие (4, 7) трансформаторы .

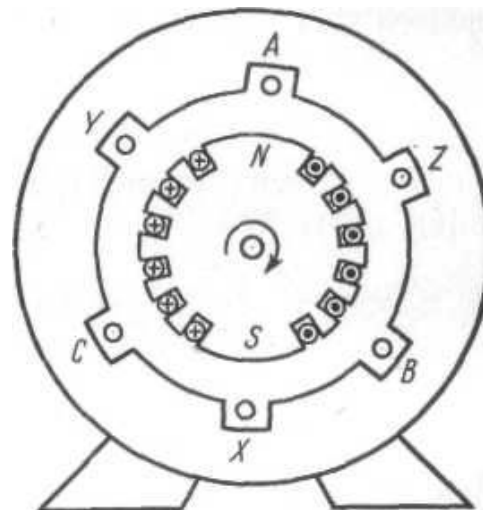
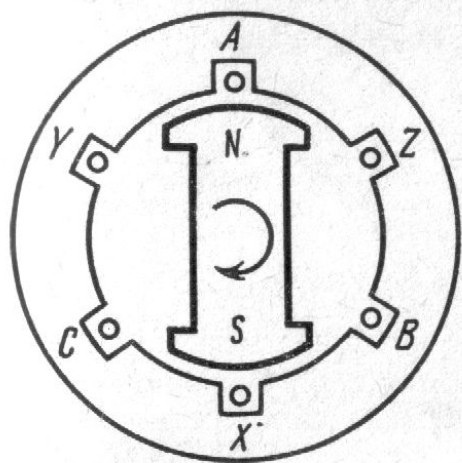
Каждый из трех источников (потребителей) вместе с соединительными проводами принято называть *фазой*. Таким образом, понятие «фаза» имеет в электротехнике два значения: 1) аргумент синусоидально изменяющейся величины; 2) часть многофазной системы электрических цепей. Цепи в зависимости от числа фаз называют двухфазными, трехфазными, шестифазными.



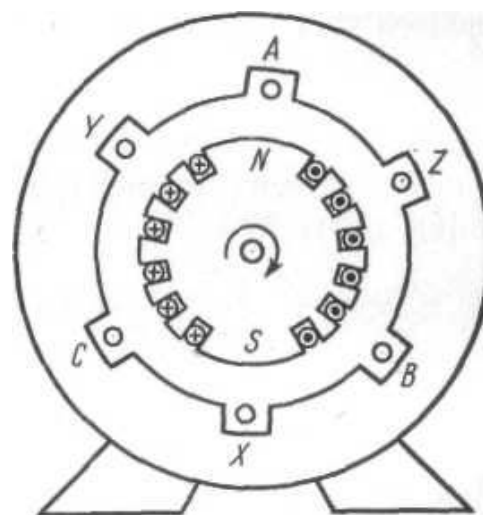
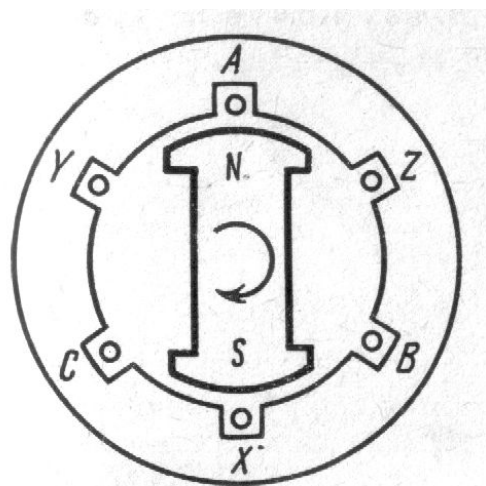
Функциональная схема трехфазной цепи

Трехфазный переменный электрический ток получают в трехфазных генераторах. Это устройство преобразующее механическую энергию вращения в электрическую (турбогенератор, гидрогенератор или др.). На рисунке схематически изображена модель трехфазного генератора. Каждая фаза обмотки условно изображена одним витком, витки сдвинуты относительно друг друга на угол 120° .

Начала фаз обозначены A, B, C , а концы — X, Y, Z .

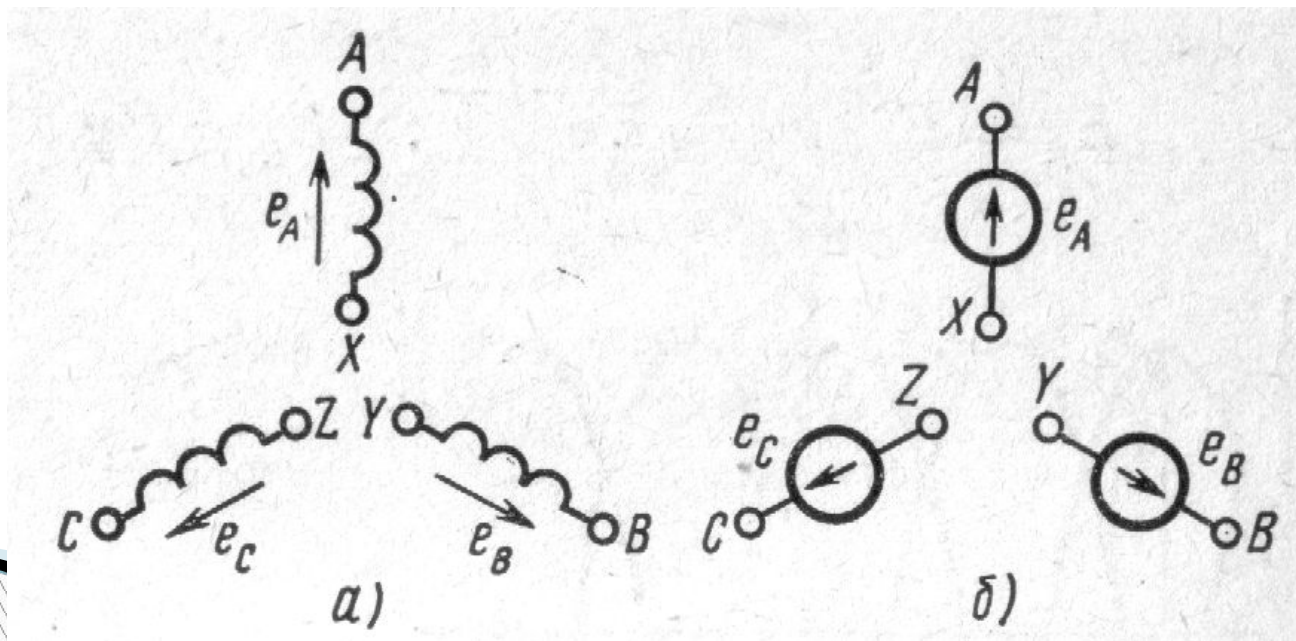


При вращении ротора, представляющего собой электромагнит (многовитковый проволочный), возбуждаемый постоянным током, в неподвижных обмотках статора наводятся ЭДС, имеющие одинаковые амплитуды и сдвинутые по фазе относительно друг друга на угол 120° .



На схемах обмотку (или фазу) источника переменного ЭДС обозначают как показано ниже. За условное положительное направление ЭДС в каждой фазе принимают направление от конца к началу.

Система ЭДС с равными амплитудами и сдвинутые по фазе относительно друг друга на угол 120° называется *симметричной*. Если хоть одно из условий не выполняется, то система будет *несимметричной*.



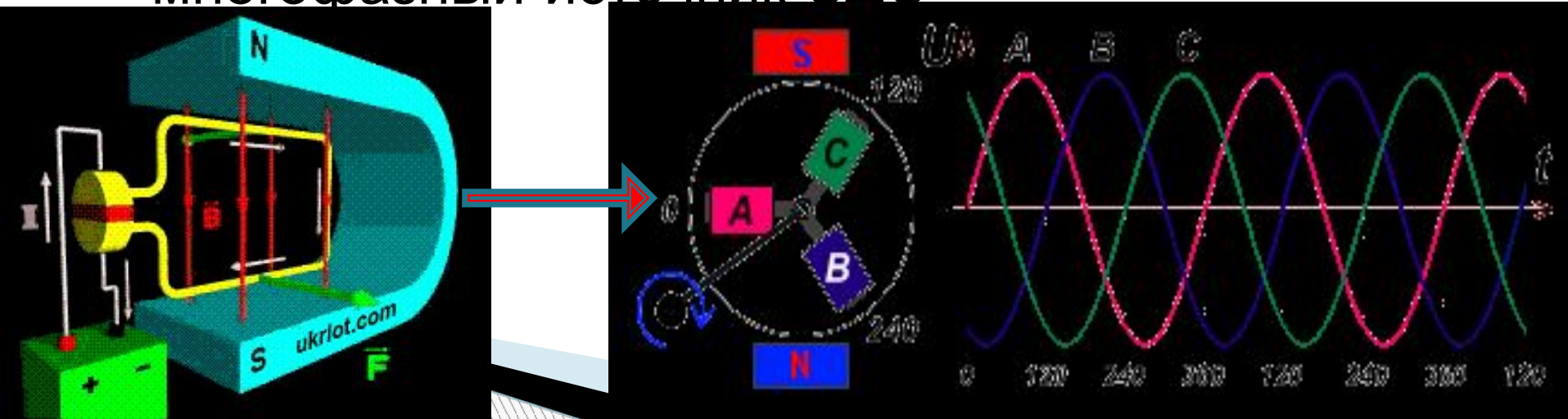
Назначение нулевого провода

- Нулевой провод в четырехпроводной цепи предназначен для обеспечения симметрии фазных напряжений при несимметричной нагрузке.
- Не симметрия фазных напряжений недопустима, так как приводит к нарушению нормальной работы потребителей, рассчитанных на определенное рабочее напряжение

- Но при заданных сопротивлениях нагрузки Z_A , Z_B , Z_C токи могут измениться только за счет изменения **фазных напряжений**.
Следовательно, обрыв нулевого, провода в общем случае приводит к изменению фазных напряжений; **симметричные фазные напряжения становятся несимметричными**.

Многофазный источник ЭДС и **многофазная система электрических цепей**

- ▣ **Многофазный источник ЭДС** – один источник, который создает несколько синусоидальных ЭДС, имеющих одну или ту же частоту, но сдвинутых между собой по фазе на некоторые постоянные углы.
- ▣ **Многофазная система электрических цепей** – совокупность ЭЦ, в которых действует многофазный источник ЭДС



Трехфазные электрические цепи

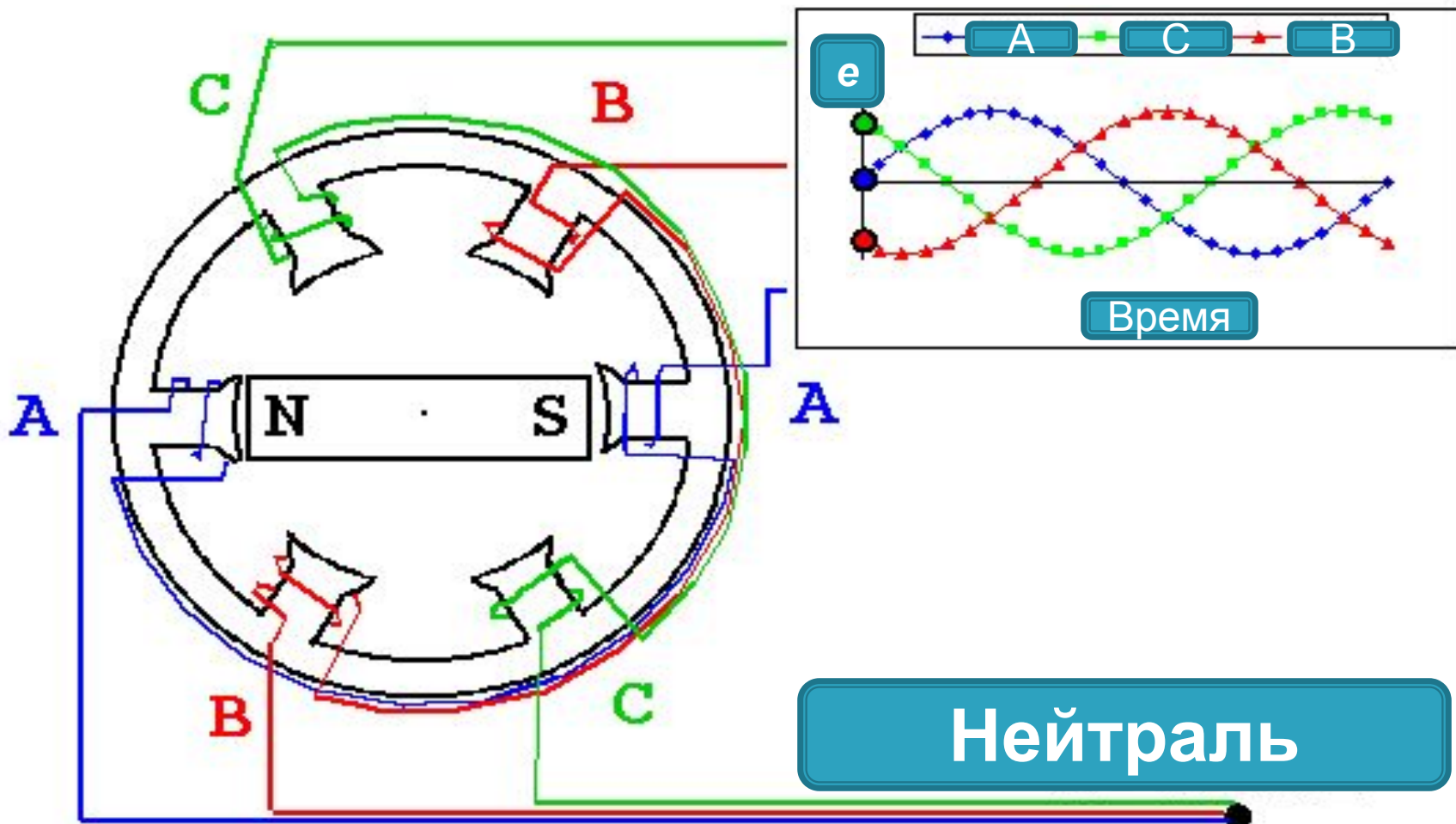
- ▣ Представляют собой совокупность трех электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, различающиеся по фазе и создаваемые общим источником энергии.

Преимущества:

- Экономичность передачи энергии;
- Возможность получения кругового вращающегося момента магнитного поля;
- Два разных напряжения в одной установке.

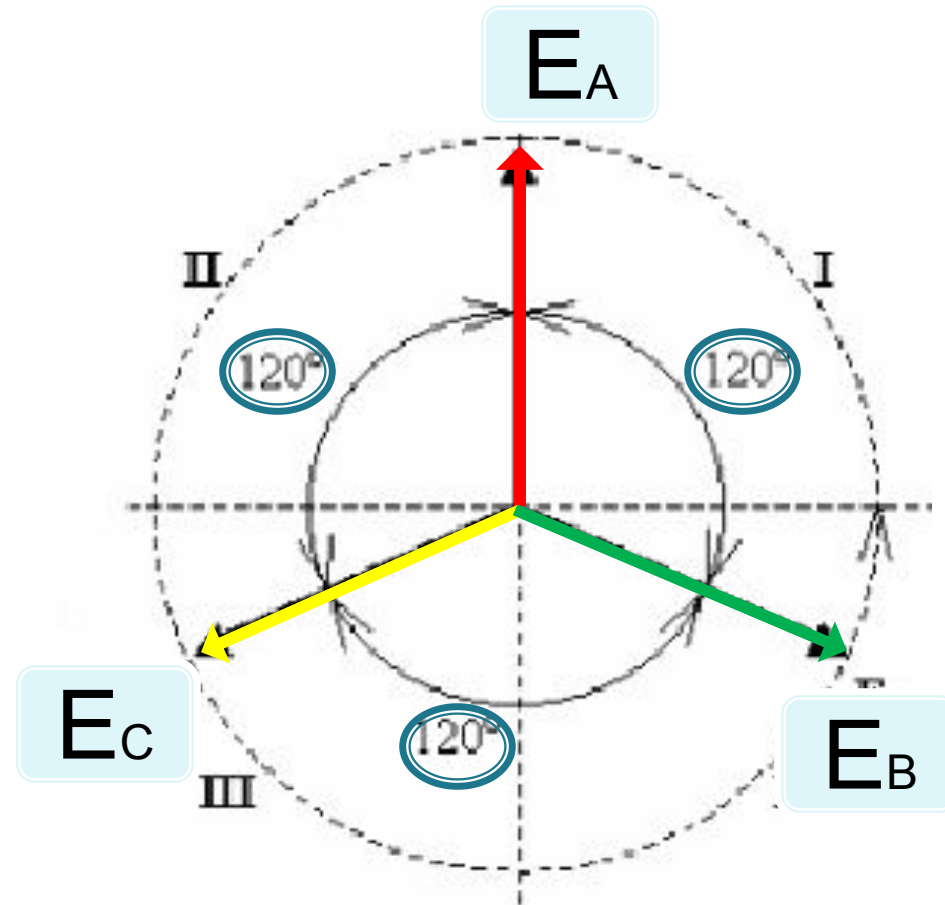
Получение трехфазной ЭДС

Генератор

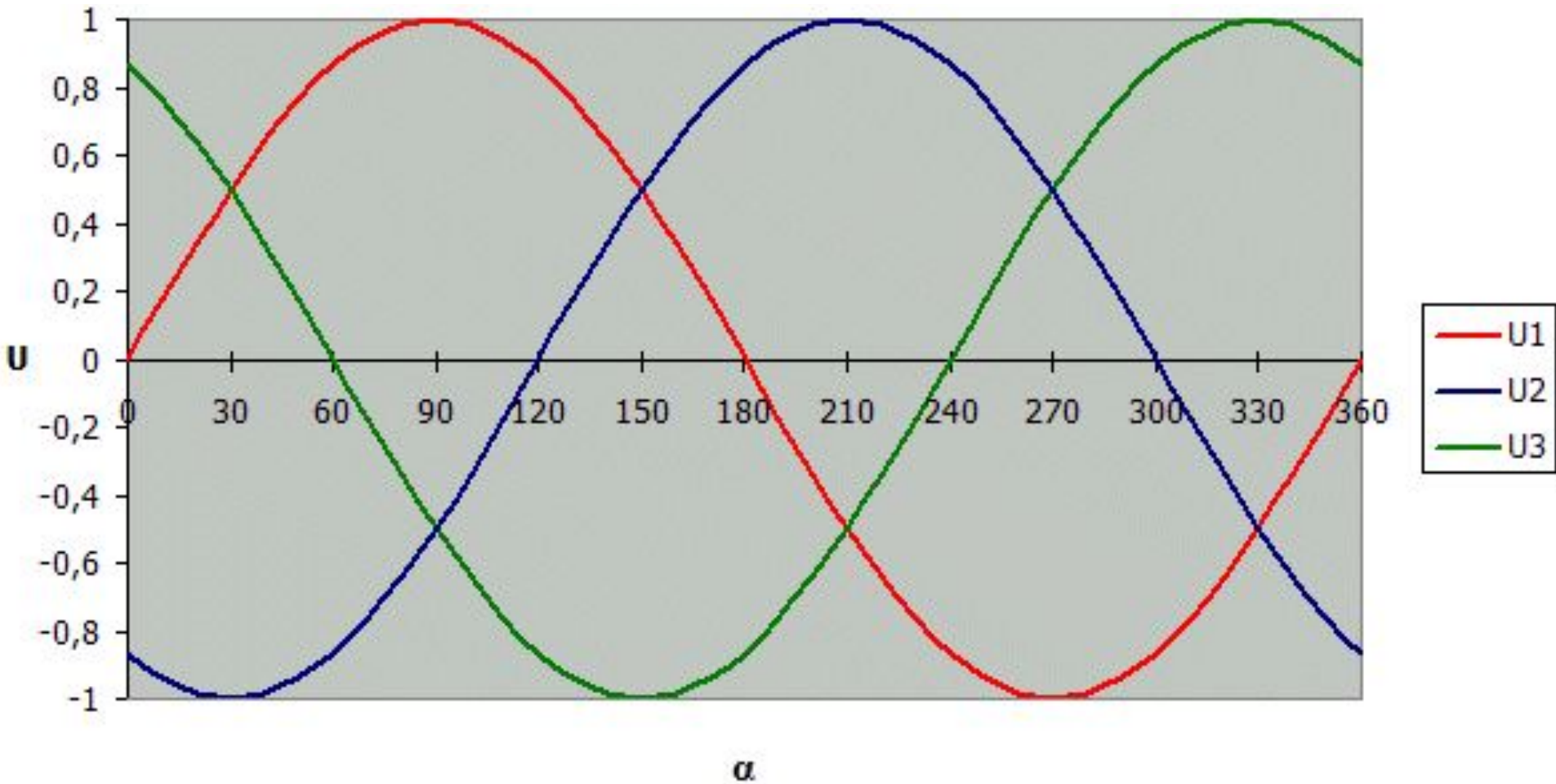


Нейтраль

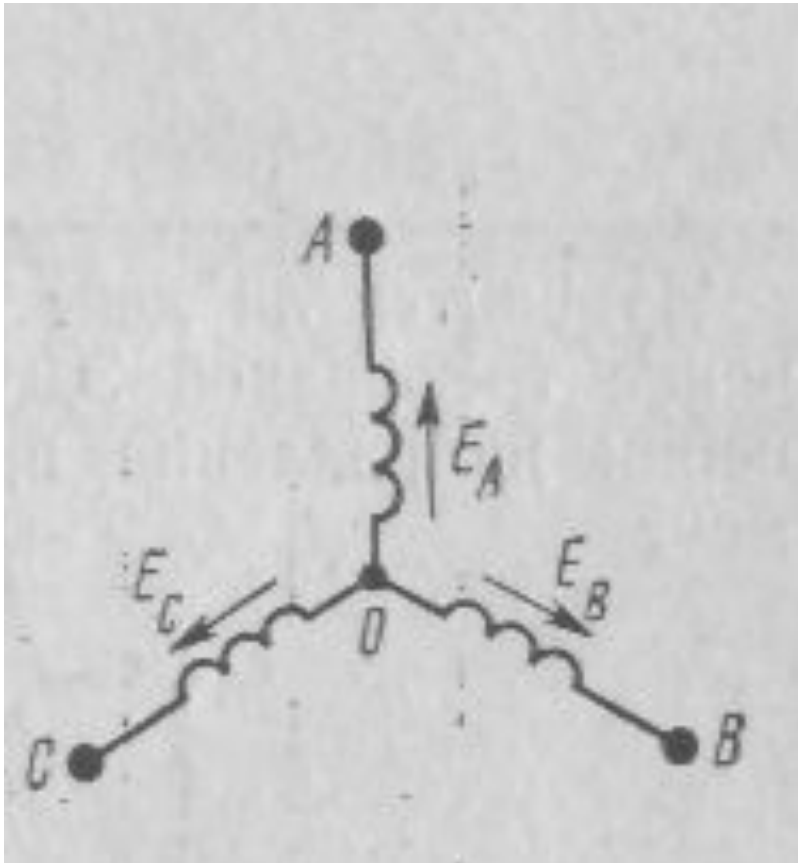
Векторная диаграмма трехфазного тока



Временная диаграмма трехфазной цепи

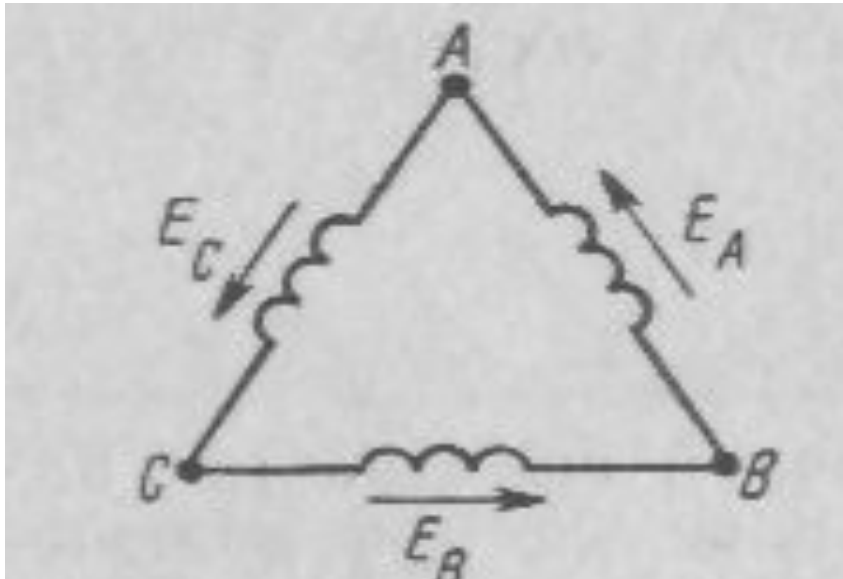


Соединение обмоток «звездой»



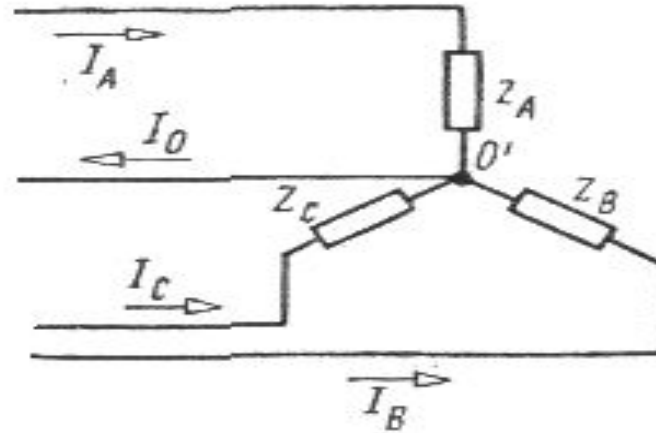
- На электрических схемах трехфазный генератор принято изображать в виде трех обмоток, расположенных под углом 120° друг к другу. При соединении **звездой** концы этих обмоток объединяют в одну точку, которую называют нулевой точкой генератора и обозначают O. Начала обмоток обозначают буквами A, B, C.

Соединение обмоток «треугольником»

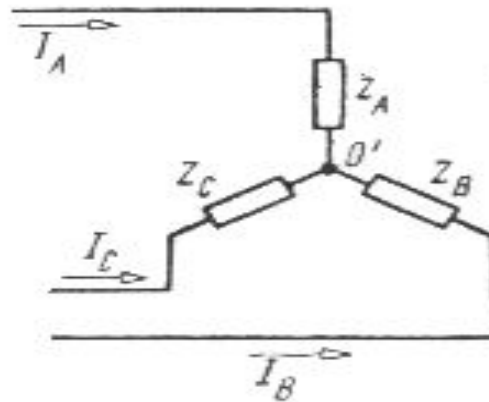


- При соединении **треугольником** конец первой обмотки генератора соединяют с началом второй, конец второй — с началом третьей, конец третьей — с началом первой. К точкам А, В, С подсоединяют провода соединительной линии.

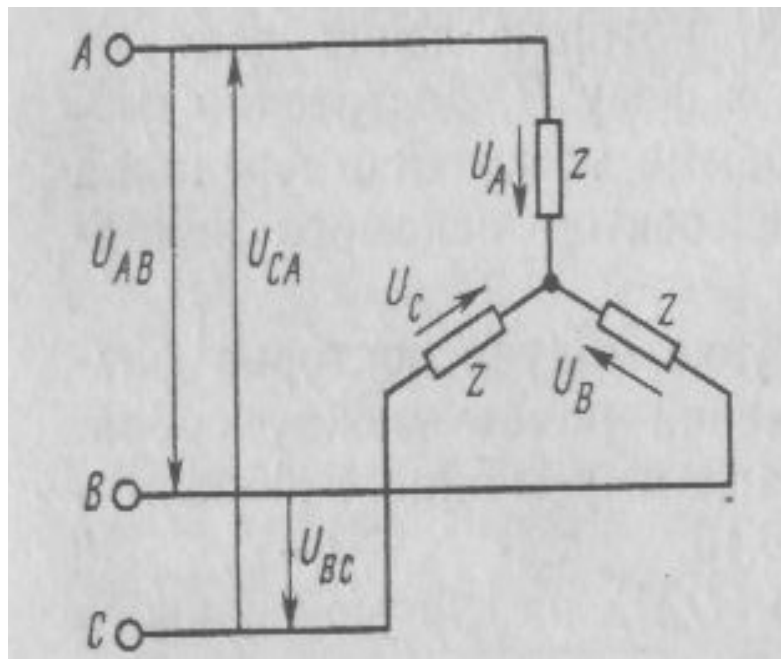
4. а. Соединение потребителей «звезда I»



- Провод OO' называют нулевым (четырёхпроводная цепь). В соответствии с первым законом Кирхгофа вектор тока в нулевом проводе
- $I_O = I_A + I_B + I_C$.



- При **симметричной** нагрузке, когда сопротивления Z_A , Z_B и Z_C равны между собой и имеют одинаковый характер, векторы токов I_A , I_B , I_C равны по абсолютному значению и образуют трехлучевую звезду, у которой углы между лучами равны 120° , в этом случае векторная сумма токов равна нулю: $I_A + I_B + I_C = 0$, нулевой провод не нужен. Получается схема трехфазной трехпроводной цепи.



- $Z_A = Z_B = Z_C = Z$, $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$.
- К зажимам А, В, С подходят провода линии электропередачи — **линейные провода**.
- Введем обозначения: $I_{\text{л}}$ — **линейный ток** в проводах линии электропередачи;
- $I_{\text{ф}}$ — **ток в сопротивлениях (фазах) нагрузки**;
- $U_{\text{л}}$ — **линейное напряжение** между линейными проводами;
- $U_{\text{ф}}$ — **фазное напряжение** на фазах нагрузки.
- напряжения U_{AB} , U_{BC} и U_{CA} являются линейными, а напряжения U_A , U_B , U_C — фазными.
- $U_{AB} = U_A - U_B$; $U_{BC} = U_B - U_C$; $U_{CA} = U_C - U_A$

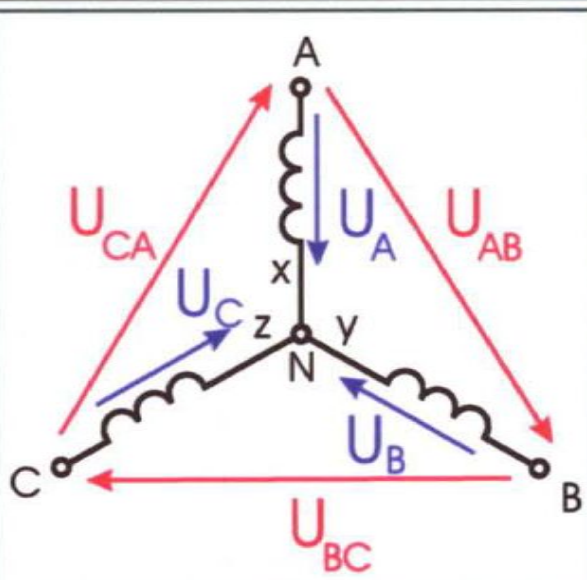
Назначение нулевого провода

- Нулевой провод в четырехпроводной цепи предназначен для обеспечения симметрии фазных напряжений при несимметричной нагрузке.
- Не симметрия фазных напряжений недопустима, так как приводит к нарушению нормальной работы потребителей, рассчитанных на определенное рабочее напряжение

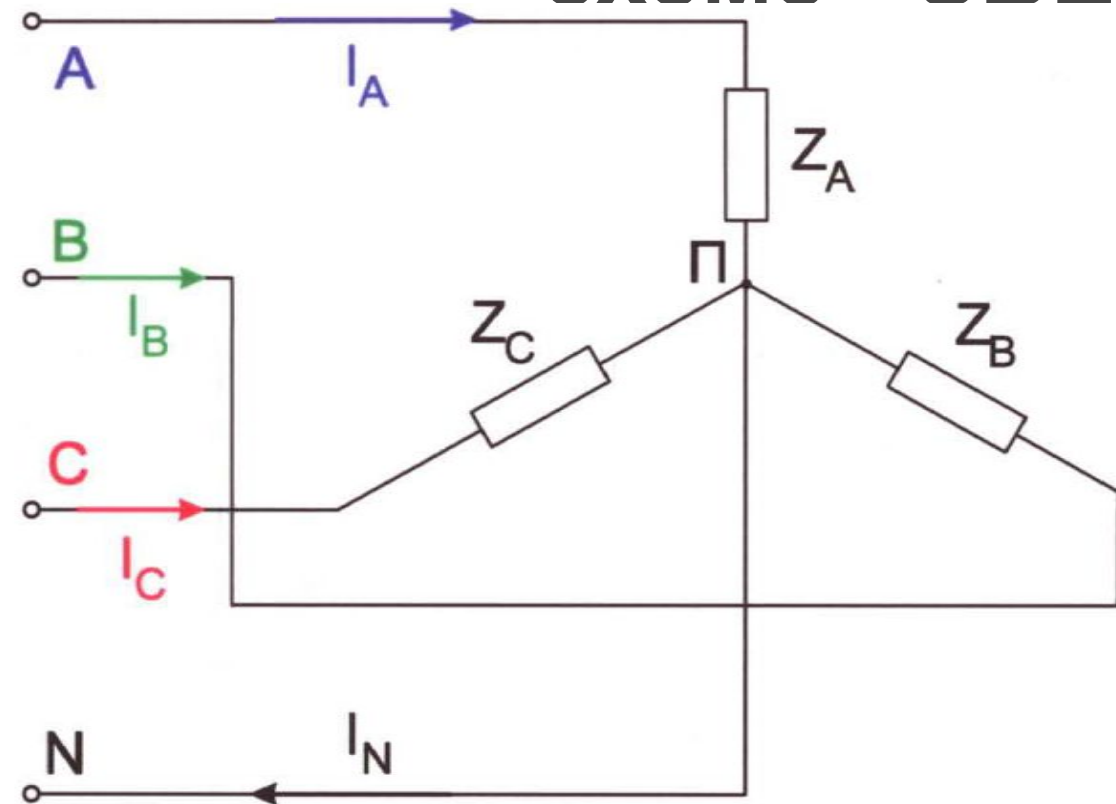
- Но при заданных сопротивлениях нагрузки Z_A , Z_B , Z_C токи могут измениться только за счет изменения **фазных напряжений**.
Следовательно, обрыв нулевого, провода в общем случае приводит к изменению фазных напряжений; **симметричные фазные напряжения становятся несимметричными**.

Соединений генератора по схеме «ЗВЕЗДА»

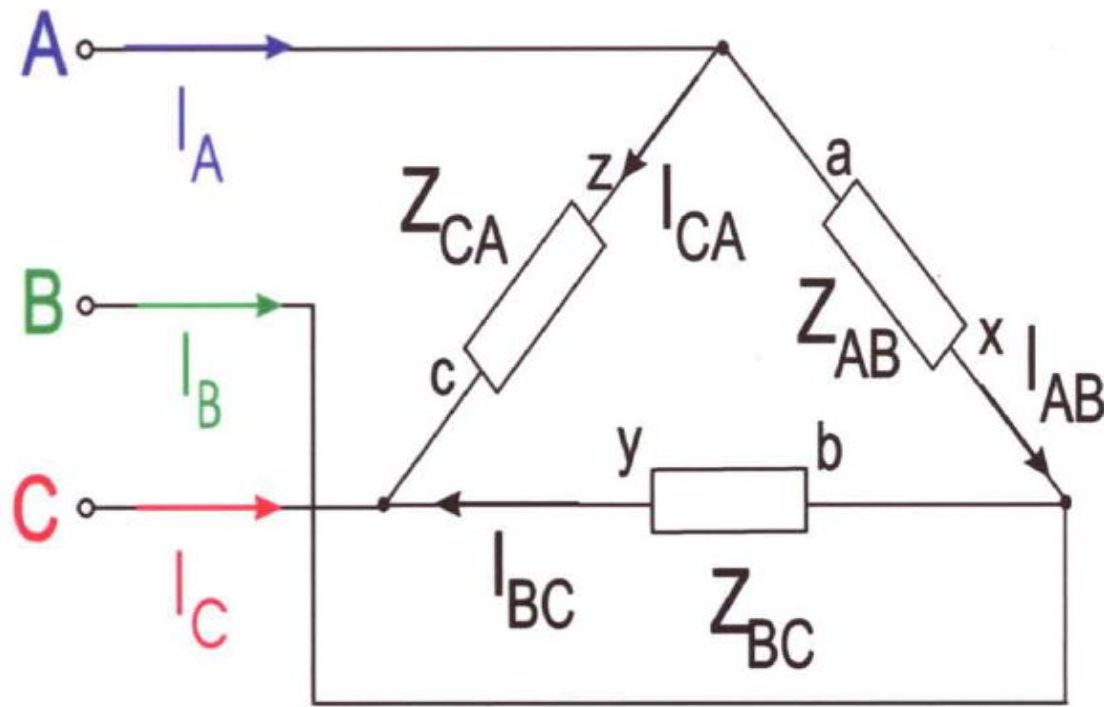
Соединение обмотки статора по схеме «звезда»



Соединение потребителя по схеме «ЗВЕЗДА»



Соединение потребителя по схеме «ТРЕУГОЛЬНИК»



Стандарты частоты и напряжения в некоторых странах

Страна	Частота, Гц	Напряжение (фазное/линейное), Вольт
Россия	50	230/400
Страны ЕС	50	230/400, 400/690 (промышленные сети)
Япония	50 (60)	120/208
США	60	120/208, 277/480 240 (только Δ)

Задача 1.

- Симметричная нагрузка соединена звездой. Линейное напряжение 380 В. Каково фазное напряжение?

1. 380 В

2. 250 В

3. 220 В

4. 127 В

$$U_{\phi} = U_{\text{л}} / \sqrt{3}$$

Задача 2.

- Линейное напряжение 380 В. Каково фазное напряжение, если нагрузка соединена треугольником?

1. 380 В

$$U_{\phi} = U_{\text{л}}$$

2. 220 В

3. 127 В

Задача 3.

- Лампы накаливания с номинальным напряжением 127 В включают в трехфазную сеть с линейным напряжением 220 В. Какова при этом схема соединения ламп?

1. Звезда

2. Звезда с нейтральным проводом

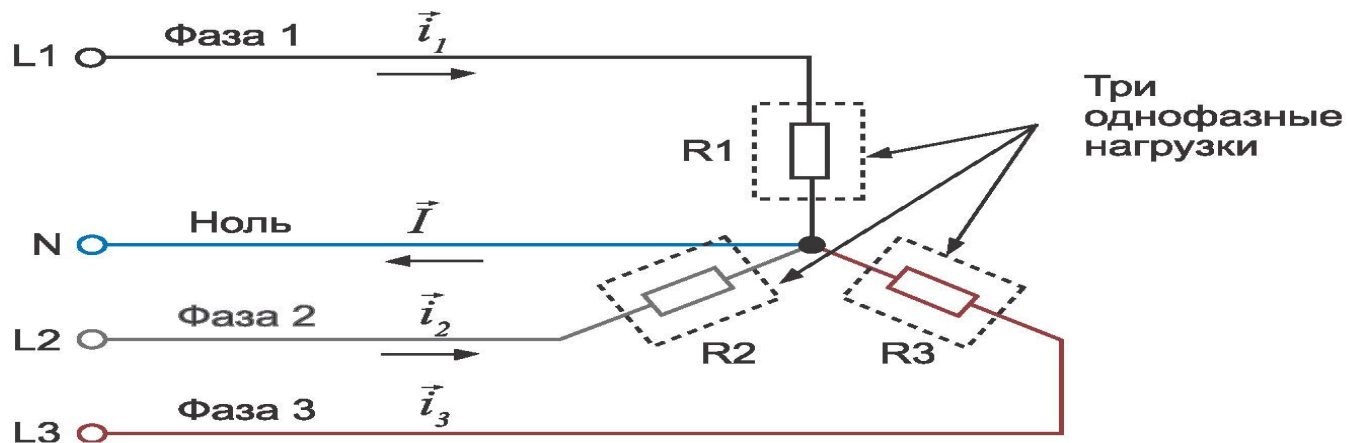
3. Треугольник

3. Лампы нельзя включать в сеть с линейным напряжением **220 В**



Задача 5.

□ Каково назначение нейтрального провода?



1. Выравнивать сопротивления фаз

2. Выравнивать мощности фаз

3. Выравнивать фазные напряжения

Домашнее задание

- ▣ **1.** Нужен ли нейтральный провод в осветительной сети?
- ▣ **2.** В каких случаях возникает напряжение смещения нейтрали?
- ▣ **Задача.** В симметричной трехфазной цепи фазное напряжение **220 В**, фазный ток **5 А**, **$\cos \varphi = 0,8$** . Найти фазную активную и реактивную мощности.

$$P = 0,88\text{кВт} \quad Q = 0,66\text{кВАр}$$