

ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

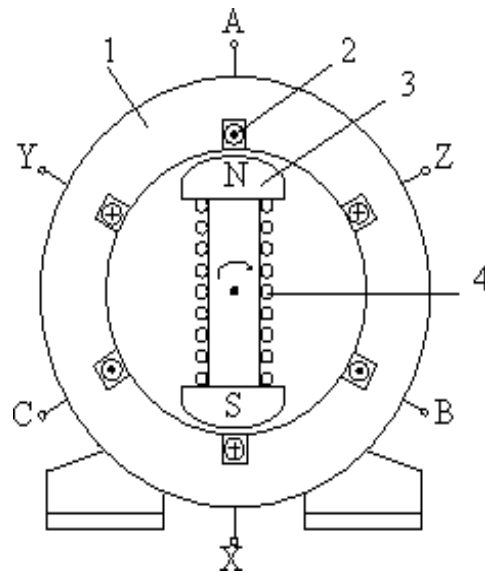
- Трехфазная цепь является частным случаем многофазных систем электрических цепей, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, отличающиеся по фазе одна от другой и создаваемые общим источником энергии.
- Каждую из частей многофазной системы, характеризующуюся одинаковым током, принято называть фазой. Таким образом, понятие "фаза" имеет в электротехнике два значения: первое - аргумент синусоидально изменяющейся величины, второе - часть многофазной системы электрических цепей. Цепи в зависимости от количества фаз называют двухфазными, трехфазными, шестифазными и т.п.

- Трехфазные цепи - наиболее распространенные в современной электроэнергетике. Это объясняется рядом их преимуществ по сравнению как с однофазными, так и с другими многофазными цепями:
- экономичность производства и передачи энергии по сравнению с однофазными цепями;
- возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, необходимого для трехфазного асинхронного двигателя;
- возможность получения в одной установке двух эксплуатационных напряжений - фазного и линейного

- Трехфазная цепь состоит из трех основных элементов: трехфазного генератора, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую с трехфазной системой ЭДС; линии передачи со всем необходимым оборудованием; приемников (потребителей), которые могут быть как трехфазными (например, трехфазные асинхронные двигатели), так и однофазными (например, лампы накаливания).

ТРЕХФАЗНЫЙ ГЕНЕРАТОР

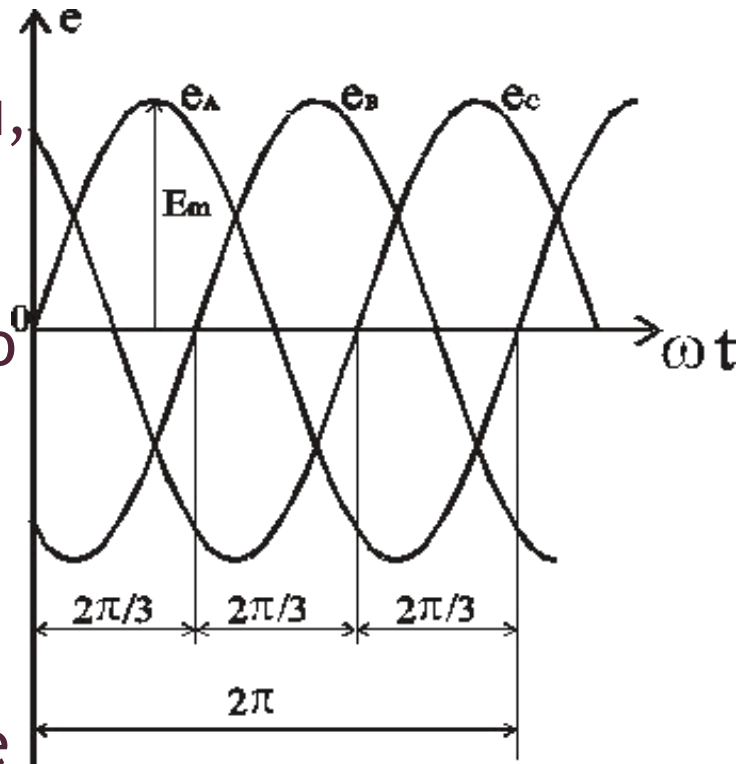
- Трехфазный генератор представляет собой синхронную машину двух типов: турбогенератор и гидрогенератор.



- На статоре 1 генератора размещается обмотка 2, состоящая из трех частей или, как их принято называть, фаз. Обмотки фаз располагаются на статоре таким образом, чтобы их магнитные оси были сдвинуты в пространстве относительно друг друга на угол $2\pi/3$, т.е. на 120° . Каждая фаза обмотки статора условно показана состоящей из одного витка. Начала фаз обозначены буквами А, В и С, а концы - Х, У, Z. Ротор 3 представляет собой электромагнит, возбуждаемый постоянным током обмотки возбуждения 4, расположенной на роторе.

- Трехфазная симметричная система ЭДС может изображаться графиками, тригонометрическими функциями, векторами и функциями комплексного переменного.

- Графики мгновенных значений трехфазной симметричной системы ЭДС показаны на рисунке



⊙ Если ЭДС одной фазы (например, фазы А) принять за исходную и считать её начальную фазу равной нулю, то выражения мгновенных значений ЭДС можно записать в виде

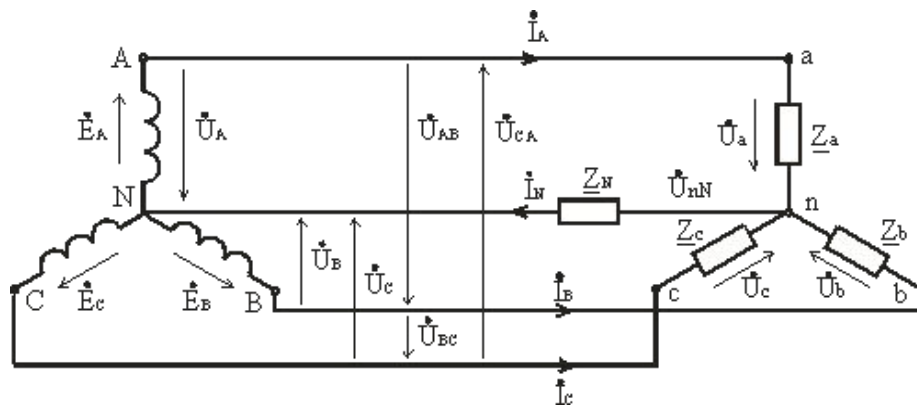
⊙
$$e_A = E_m \sin \omega t,$$
$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ),$$
$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) = E_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

⊙ Комплексные действующие ЭДС будут иметь выражения:

⊙
$$\begin{aligned} \dot{E}_A &= E_m e^{j0^\circ} = E_m (1 + j0), \\ \dot{E}_B &= E_m e^{-j120^\circ} = E_m \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right), \\ \dot{E}_C &= E_m e^{+j120^\circ} = E_m \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right). \end{aligned}$$

СОЕДИНЕНИЕ ФАЗ ГЕНЕРАТОРА И ПРИЕМНИКА ЗВЕЗДОЙ

- При соединении фаз обмотки генератора (или трансформатора) звездой их концы X , Y и Z соединяют в одну общую точку N , называемую нейтральной точкой (или нейтралью). Концы фаз приемников (Z_a , Z_b , Z_c) также соединяют в одну точку n . Такое соединение называется соединением звездой.



- Провода $A-a$, $B-b$ и $C-c$, соединяющие начала фаз генератора и приемника, называются линейными, провод $N-n$, соединяющий точку N генератора с точкой n приемника, - нейтральным.
- Трехфазная цепь с нейтральным проводом будет четырехпроводной, без нейтрального провода - трехпроводной.
- В трехфазных цепях различают фазные и линейные напряжения. Фазное напряжение U_{ϕ} - напряжение между началом и концом фазы или между линейным проводом и нейтралью (U_A, U_B, U_C у источника; U_a, U_b, U_c у приемника). Если сопротивлением проводов можно пренебречь, то фазное напряжение в приемнике считают таким же, как и в источнике. ($U_A=U_a, U_B=U_b, U_C=U_c$). За условно положительные направления фазных напряжений принимают направления от начала к концу фаз.

- Линейное напряжение (U_L) - напряжение между линейными проводами или между одноименными выводами разных фаз (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}). Условно положительные направления линейных напряжений приняты от точек, соответствующих первому индексу, к точкам соответствующим второму индексу (рис. 3.6).
- По аналогии с фазными и линейными напряжениями различают также фазные и линейные токи:
- Фазные (I_ϕ) - это токи в фазах генератора и приемников.
- Линейные (I_L) - токи в линейных проводах.
- При соединении в звезду фазные и линейные токи равны
- $I_\phi = I_L$.
- Ток, протекающий в нейтральном проводе, обозначают I_N .
- По первому закону Кирхгофа для нейтральной точки n (N) имеем в комплексной форме
- $$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

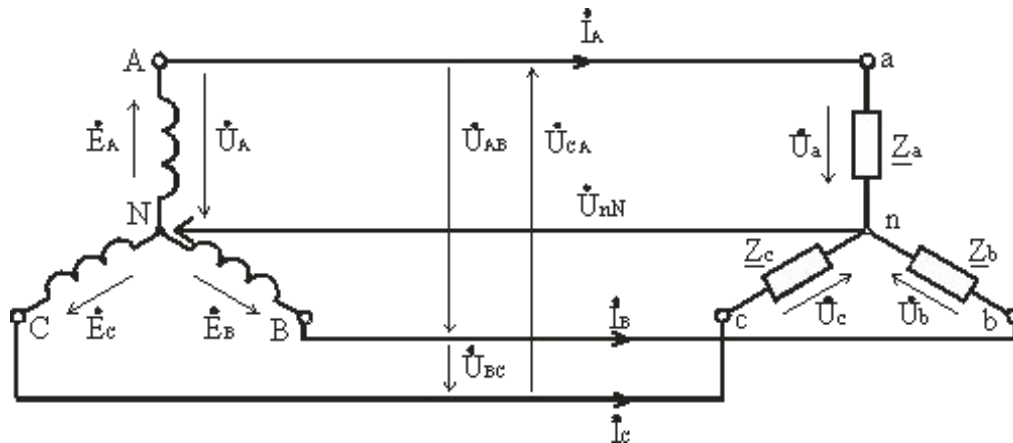
СИММЕТРИЧНАЯ НАГРУЗКА ПРИЕМНИКА

- При симметричной системе напряжений и симметричной нагрузке, когда $\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c$, т.е. когда $R_a = R_b = R_c = R_\phi$ и $X_a = X_b = X_c = X_\phi$, фазные токи равны по значению и углы сдвига фаз одинаковы
- $I_a = I_b = I_c = I_\phi = U_\phi / Z_\phi$,
- $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c = \varphi = \arctg (X_\phi / R_\phi)$.

НЕСИММЕТРИЧНАЯ НАГРУЗКА ПРИЕМНИКА

- При симметричной системе напряжений и несимметричной нагрузке, когда $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$ и $\varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c$ токи в фазах потребителя различны и определяются по закону Ома
- $i_a = \dot{U}_a / \underline{Z}_a; i_b = \dot{U}_b / \underline{Z}_b; i_c = \dot{U}_c / \underline{Z}_c.$
- Ток в нейтральном проводе i_N равен геометрической сумме фазных токов
- $i_N = i_a + i_b + i_c.$
- Напряжения будут $U_a = U_A; U_b = U_B; U_c = U_C,$
 $U_\phi = U_\Delta / \sqrt{3},$ благодаря нейтральному проводу при $Z_N = 0.$

ТРЕХПРОВОДНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ



- При симметричной нагрузке, когда $Z_a = Z_b = Z_c = Z_\phi$, напряжение между нейтральной точкой источника N и нейтральной точкой приемника n равно нулю, $U_{nN} = 0$.
- Соотношение между фазными и линейными напряжениями приемника также равно $U_\phi = U_L / \sqrt{3}$, а токи в фазах определяются по тем же формулам (3.12, 3.13), что и для четырехпроводной цепи. В случае симметричного приемника достаточно определить ток только в одной из фаз. Сдвиг фаз между током и соответствующим напряжением $\varphi = \arctg (X / R)$.

- При несимметричной нагрузке $\underline{Z}_a \neq \underline{Z}_b \neq \underline{Z}_c$ между нейтральными точками приемника и источника электроэнергии возникает напряжение смещения нейтрали U_{nN} .
- Для определения напряжения смещения нейтрали можно воспользоваться формулой межзвучного напряжения, так как схема рис 3.10 представляет собой схему с двумя узлами,
- (3.14)
- ,
- где: $\underline{Y}_a = 1 / \underline{Z}_a$; $\underline{Y}_b = 1 / \underline{Z}_b$; $\underline{Y}_c = 1 / \underline{Z}_c$ - комплексы проводимостей фаз нагрузки.
- Очевидно, что теперь напряжения на фазах приемника будут отличаться друг от друга. Из второго закона Кирхгофа следует, что
- (3.15)
- $\dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_{nN}$; $\dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_{nN}$; $\dot{U}_c = \dot{U}_C - \dot{U}_{nN}$.
- Зная фазные напряжения приемника, можно определить фазные токи:
- (3.16)
- $\dot{i}_a = \dot{U}_a / \underline{Z}_a = \underline{Y}_a \dot{U}_a$; $\dot{i}_b = \dot{U}_b / \underline{Z}_b = \underline{Y}_b \dot{U}_b$; $\dot{i}_c = \dot{U}_c / \underline{Z}_c = \underline{Y}_c \dot{U}_c$.