

Основные схемы соединения трехфазных цепей.

Фазные обмотки трехфазного генератора можно соединить с тремя приемниками электроэнергии шестью проводами (рис.2.1). Таким путем создаются три независимые фазные цепи, они называются несвязанными. Несвязанная трехфазная система практически не применяется, но она важна для уяснения соотношений при объединении фазных цепей. Каждая фазная обмотка электрической машины имеет два вывода. За начало фазы обмотки генератора обычно принимают вывод, к которому направлена положительная ЭДС. Обозначаются начальные выводы в зависимости от фазы символами **A**, **B** и **C**. Противоположные выводы называются концами фаз обмоток и обозначаются соответственно через **x**, **y** и **z**.

Через “начало” положительно направленный ток выходит из обмотки, а через “конец” этот ток входит в обмотку.

При соединении по схеме звезда все концы обмоток соединяются в одну точку, которая называется нулевой или нейтральной и обозначается буквой **O** или **N**. (рис.2.2.). Такой

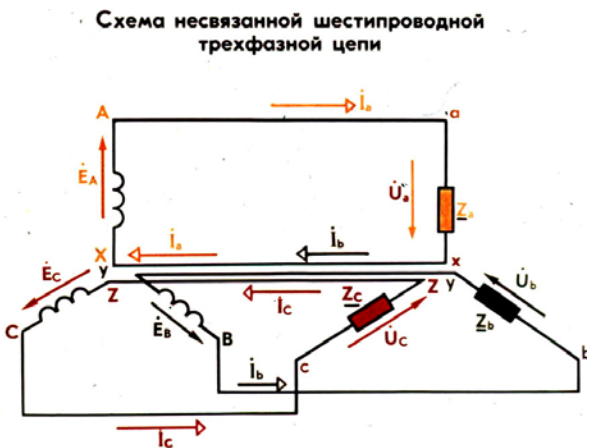


Рис.2.1.

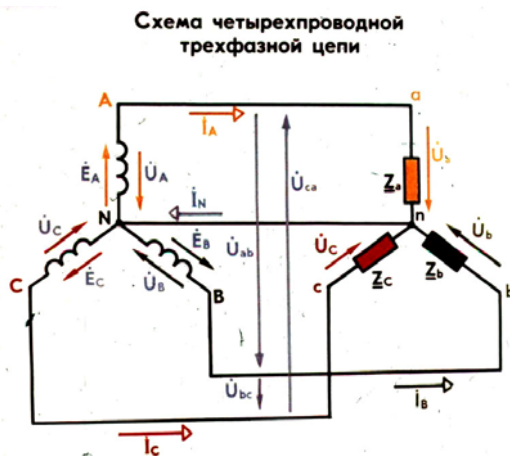


Рис.2.2.

же узел **n** образует соединение трех фаз нагрузки, а три обратных провода фаз системы объединяются в один общий провод. Этот провод называется нулевым или нейтральным проводом. Согласно первого закона Кирхгофа ток в нейтральном проводе равен векторной сумме токов трех фаз системы:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (2.1)$$

Провода соединяющие начала фаз обмоток генератора с нагрузкой называются линейными.

Каждую из трех ЭДС генератора называют **фазой генератора**, каждую из трех нагрузок – **фазой нагрузки**

Ток, протекающий по фазе генератора или нагрузки, называется **фазным током** соответственно генератора или нагрузки, ток в линейном проводе – **линейным током**.

Ток в нулевом проводе называется нулевым. Если все фазы нагружены одинаково, то фазные токи образуют симметричную систему токов и, согласно уравнения (1.1.) их сумма равна нулю.

Напряжение на фазе генератора или нагрузки – **фазное напряжение**. Напряжение между линейными проводами – **линейное**.

Рассмотрим соотношения между фазными токами и напряжениями.

При соединении звездой линейные токи равны фазным, так как обмотка генератора и линейный провод соединены последовательно.

$$I_L = I_\phi$$

Составим уравнение по второму закону Кирхгофа для напряжений $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_A, \dot{U}_C$ (рис.2.2).

$$\dot{U}_{ab} + \dot{U}_B - \dot{U}_A = 0$$

откуда

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

аналогично

$$\dot{U}_{bc} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_{ca} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

Соответствующая векторная диаграмма фазных и линейных напряжений соедине-

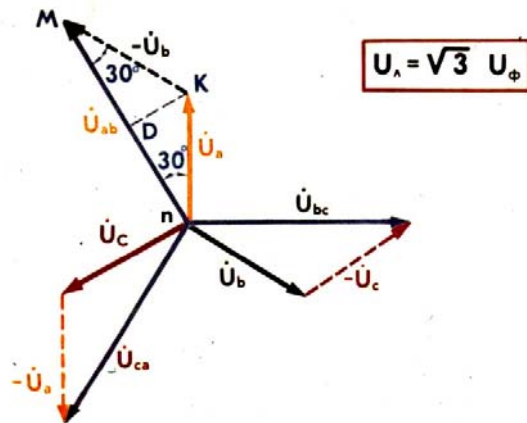


Рис 2.3.

му с углом 120° . Треугольник nKM равнобедренный с острыми углами 30° . Высота KD , опущенная из тупого угла делит сторону nM (U_ϕ) пополам. Из прямоугольного треугольника KDn имеем:

$$\frac{U_\phi}{2} = U_\phi \cdot \cos 30^\circ \text{ откуда } U_\phi = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U_\phi = \sqrt{3} \cdot U_\phi$$

Аналогичное выражение можно получить, если представить фазные напряжения в символической форме:

$$\dot{U}_a = U e^{j0^\circ} = U \cos 0^\circ,$$

$$\dot{U}_b = U e^{-j120^\circ} = U \cos(-120^\circ) + jU \sin(-120^\circ) = U \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}_a - \dot{U}_b = U \left(\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

Модуль линейного напряжения

$$U_{ab} = \sqrt{3}U$$

Таким образом, в трехфазной системе, соединенной по схеме звезды, линейные напряжения больше фазных в $\sqrt{3}$ раз. Например, линейное напряжение 380 В, а фазное 220 В.

Следовательно в одном источнике можно получить два напряжения.

Каждый трехфазный двигатель равномерно нагружает все три фазы и соответственно ток в нулевом проводе равен нулю и это дает возможность запитывать их по трехпроводной схеме без нулевого провода. Но для бытовой нагрузки нулевой провод необходим, так как в этом случае нет оснований рассчитывать, что нагрузка в каждой фазе будет одинакова. В нулевом проводе четырех проводной осветительной системы (Рис.2.4) воспрещается установка предохранителей или выключателей, так как

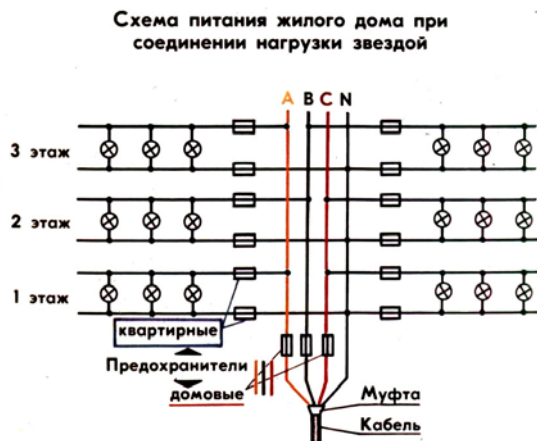


Рис 2.4.

при отключении нулевого провода фазные напряжения на нагрузке могут стать неравными.

Соединение треугольником получаем при соединении конца одной фазы с началом другой (рис.2.5,а). Возможность соединения

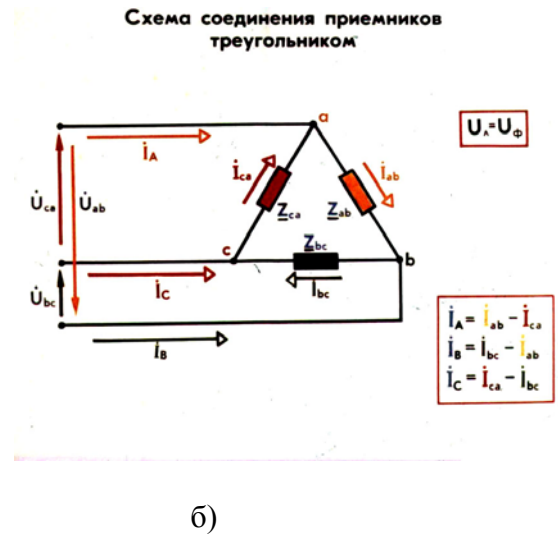
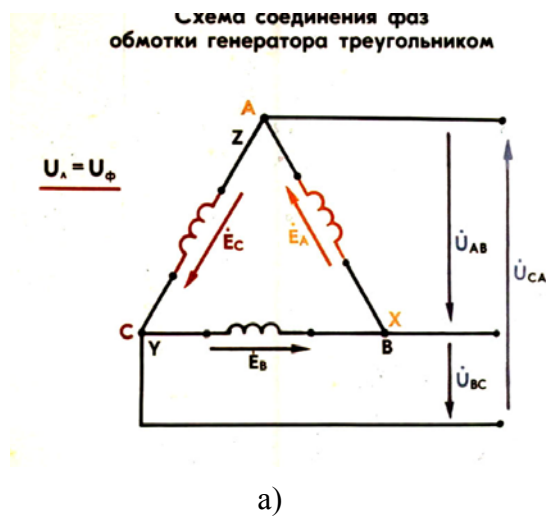


Рис 2.5.

треугольником определяется тем, что сумма э.д.с. трехфазной симметричной системы равны нулю в контуре треугольника. В фазах треугольника протекает только ток нагрузки. При соединении треугольником линейное напряжение равно фазному (рис 2.5,а). Написав первый закон Кирхгофа для векторов, или комплексов токов (рис 2.5,б) получим выражения для линейных токов при соединении треугольником.

При соединении треугольником линейные токи равны векторной разности соответствующих фазных токов.

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc} \end{aligned} \quad (2.2)$$