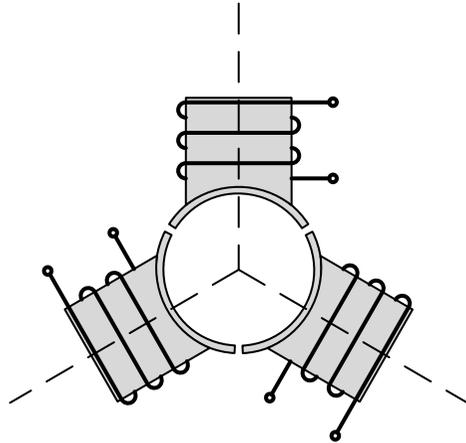


5 ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

5.1 ТРЕХФАЗНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

5.1.001. Если устройство, изображенное на Р.4.1.002, изменить следующим образом (Р.5.1.001):



Р.5.1.001

- вместо одной подвижной обмотки на роторе равномерно разместить три **одинаковые** неподвижные обмотки на статоре так, чтобы каждая из них была смещена относительно других на $1/3$ окружности;

- разместить постоянный магнит на роторе и вращать его с постоянной угловой скоростью ω , то ЭДС в каждой из обмоток будет меняться по закону:

(Ф.5.1.001)

Р.5.1.002

5.1.002. Устройство, схематично изображенное на Р.5.1.001,

5.1.003. Если к каждой из обмоток трехфазного генератора подключить нагрузку, то в каждой из образовавшихся цепей потечет ток.

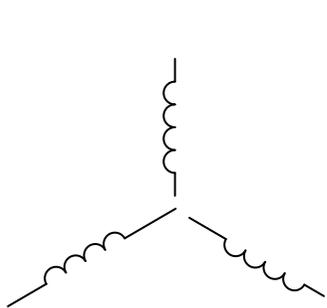
Совокупность цепей с трехфазными источниками (генераторами или трансформаторами) называется трехфазной **системой электрических цепей (трехфазной цепью)**.

Каждая отдельная цепь такой системы

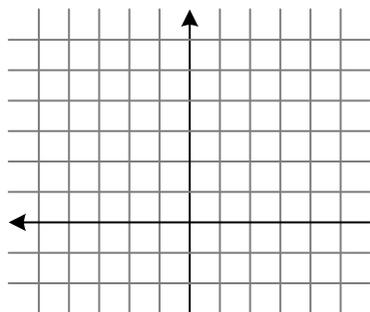
5.1.004. Аналогично можно создать двух-, четырех-, многофазные цепи и источники. Однако

5.1.005. Многофазную систему ЭДС (токов, напряжений) называют **симметричной**, если все ЭДС (токи, напряжения) имеют одинаковые амплитуду и частоту и отличаются друг от друга лишь на **один и тот же фазный угол $2\pi/m$** , где m – число фаз. Поэтому трехфазная система ЭДС, удовлетворяющая условиям (Ф.5.1.001) является симметричной.

5.1.006. «Начала» фазных обмоток источника и фазы обозначают буквами A, B и C , а «концы» фазных обмоток – буквами X, Y, Z (см. Р.5.1.003).



Р.5.1.003

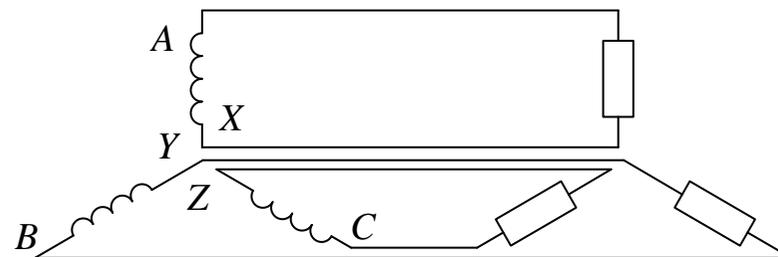


Р.5.1.004

При этом, если не указано иное, принято считать, что фазная ЭДС фазы A не имеет начальной фазы ($\psi_{eA}=0^\circ$), а ЭДС фаз B и C отстают от ЭДС фазы A на $\psi_{eB}=120^\circ$ и $\psi_{eC}=240^\circ$ соответственно. На векторных диаграммах это принято изображать так, как на Р.5.1.004.

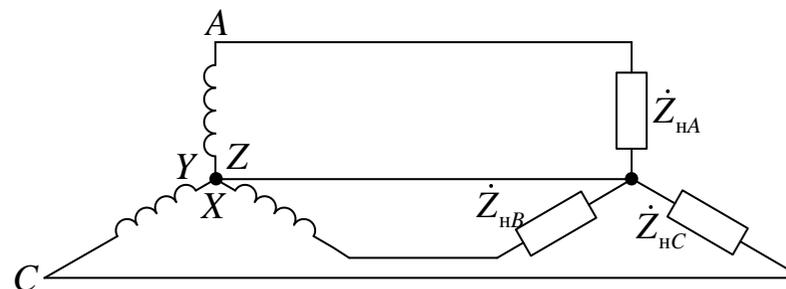
5.2 СПОСОБЫ СОЕДИНЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

5.2.001. Для передачи в нагрузку всей энергии, производимой трехфазным генератором схематично изображенным на Р.5.1.001, необходимо 6 проводов (по 2 на каждую фазу, см. Р.5.2.001), что является самым неэкономичным способом:



Р.5.2.001

Т.к. на токораспределение в цепи влияют разности потенциалов, а не сами потенциалы, то



Р.5.2.002

$\dot{U}_{\text{ф.и.}}, \dot{U}_{\text{ф.н.}}, \dot{I}_{\text{ф.и.}}, \dot{I}_{\text{ф.н.}}, \dot{I}_{\text{л.}}, \dot{Z}_{\text{н}}$ – соответственно комплексы действующих фазных напряжений источника и приемника, фазных токов источника и приемника, линейного тока, полного сопротивления нагрузки фазы, соответствующей индексу.

При соединении звездой все «концы» фазных обмоток источника и ветвей звезды приемника называют **нейтральными (нулевыми) точками**, а соединяющий их провод – **нейтральным (нулевым) проводом**.

Остальные провода, соединяющие обмотки источника с приемником, называют **линейными**. Напряжения между линейными проводами и токи в них называются **линейными напряжениями ($U_{\text{л}}$)** и **токами ($I_{\text{л}}$)**.

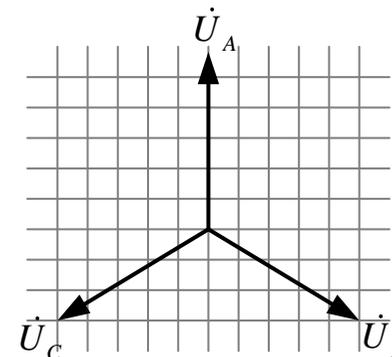
Из Р.5.2.002 видно, что в каждой фазе

(Ф.5.2.001)

5.2.002. Трехфазную цепь и трехфазный приемник называют **симметричными**, если

Если к симметричной цепи приложена симметричная система ЭДС (напряжений), то образуется **симметричная система токов**. Режим, при котором трехфазные системы токов и напряжений симметричны называется **симметричным режимом** работы цепи.

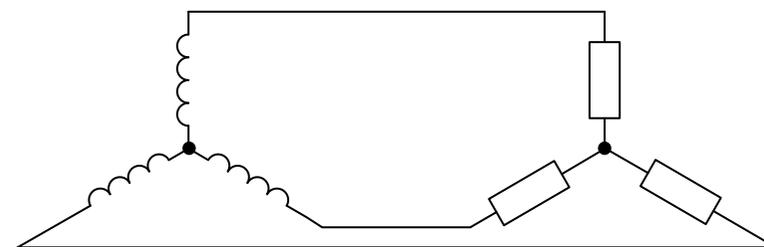
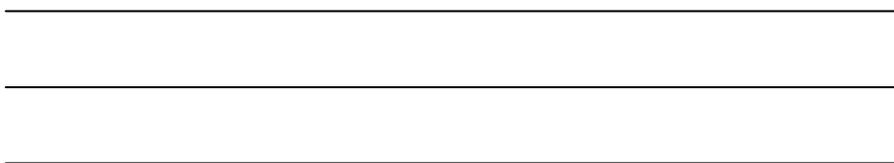
Векторная диаграмма для схемы на Р.5.2.002 в симметричном режиме:



Р.5.2.003

5.2.003. На основании 13К из Р.5.2.003 видно, что: (Ф.5.2.002)

т.е. **в симметричной системе токов «звезда-звезда с нулевым проводом**



Р.5.2.004

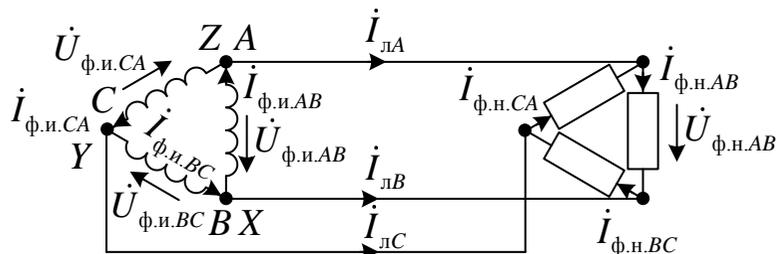
5.2.004. Из Р.5.2.003 (применяя теорему косинусов) и определения линейного напряжения (5.2.001) следует, что

(Ф.5.2.003)

5.2.005. Из (Ф.5.2.001), (Ф.5.2.003) следует, что в **симметричном** режиме при соединении звездой как обмоток источника, так и ветвей приемника:

(Ф.5.2.004)

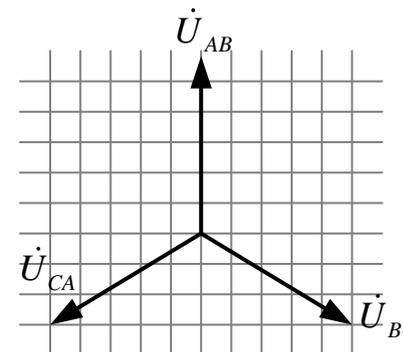
5.2.006. При соединении **треугольником** обмотки источника соединяются так, чтобы «начало» одной обмотки образовало с «концом» другой общую точку. Общие точки каждой пары обмоток источника и общие точки каждой пары ветвей приемника соединяются **линейными проводами**.



P.5.2.005

Если бы фазные напряжения источника ($U_{\phi.и.}$) создавались источниками постоянной (во времени) ЭДС, то соединение источников в треугольник было бы равносильно их короткому замыканию.

Однако из векторной диаграммы для P.5.2.005 (в симметричном режиме) следует, что:



P.5.2.006

5.2.007. Из P.5.2.005, P.5.2.006 следует, что в симметричном режиме при соединении треугольником

(Ф.5.2.004)

5.2.008. Схемы соединения обмоток источников и приемников не зависят друг от друга. В одной и той же цепи могут быть источники и приемники с разными схемами соединений («звезда-треугольник», «треугольник»-«звезда»).

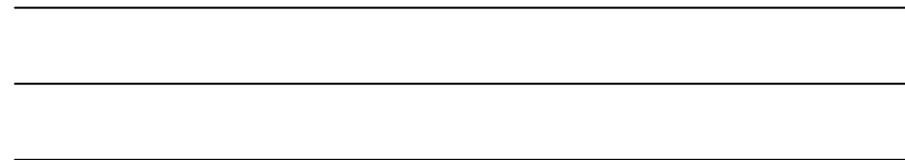
5.2.009. Для симметричного приемника:

(Ф.5.2.005)

где P , Q , S , p – соответственно активная (Вт), реактивная (вар), полная (ВА) и мгновенная (Вт) мощность;

P_A , P_B , P_C – мгновенные мощности, потребляемые соответственно нагрузкой в фазах A , B и C (определяются по формуле (Ф.4.5.003));

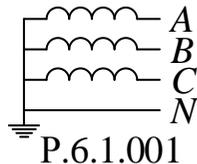
φ – сдвиг по фазе м/у фазным напряжением и фазным током.



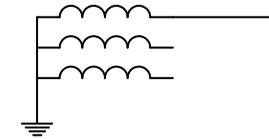
6 ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

6.1.001. Электроустановки (ЭУ) могут входить в системы с глухозаземленной или изолированной нейтралью.

Глухозаземленной нейтраль получается тогда, когда она соединяется с землей системой проводников и электродов, находящихся в земле около места установки источника (см. Р.6.1.001).



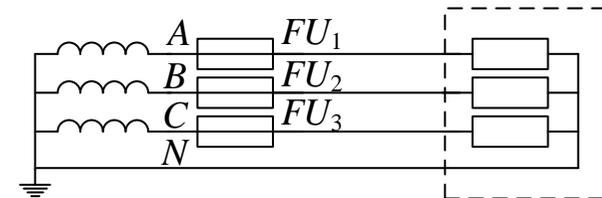
6.1.002. В случае прикосновения человека к одной из фаз возникает замкнутый контур: проводник – тело человека – земля – заземленная общая точка обмоток источника (см. Р.6.1.002).



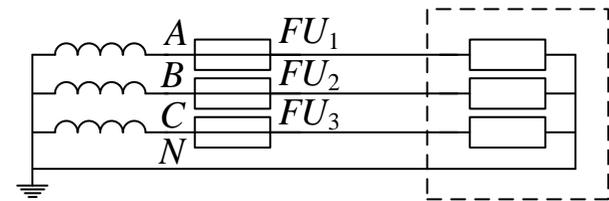
Однако можно показать, что с точки зрения опасности прикосновения человека к токоведущей части система с изолированной нейтралью более опасна по величине напряжения, под которым может оказаться человек, если не надежно работают устройства защиты.

6.1.003. Устройство защитного отключения (УЗО) состоит из чувствительного элемента, реагирующего на изменение контролируемой величины, и исполнительного органа, отключающего защищаемый участок цепи.

Назначение УЗО – защита от поражения током путем отключения ЭУ при появлении опасности замыкания на корпус ЭУ или при касании токоведущих частей человеком (например, плавкие предохранители, автоматические выключатели, дифференциальные УЗО и т. д.).

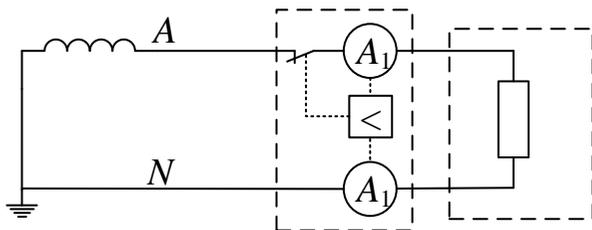


Р.6.1.003



P.6.1.005

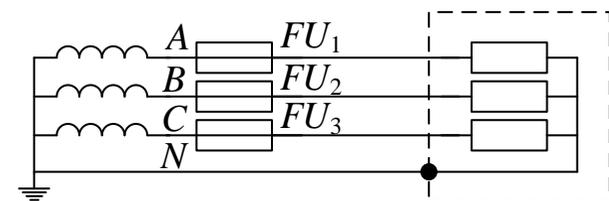
6.1.004. Принцип действия дифференциальных УЗО (ДУЗО) Р.6.1.004.:



P.6.1.004

6.1.005. Защитное зануление –

6.1.006. Защитное заземление –



P.6.1.006