

Трехфазная цепь, соединение треугольник

1. Посмотреть видеоурок

<https://youtu.be/fKMdIDvss60>

2. Списать лекцию

Схемы соединения трехфазных систем

Трехфазный генератор (трансформатор) имеет три выходные обмотки, одинаковые по числу витков, но развивающие ЭДС, сдвинутые по фазе на 120° . Можно было бы использовать систему, в которой фазы обмотки генератора не были бы гальванически соединены друг с другом. Это так называемая **несвязная система**. В этом случае каждую фазу генератора необходимо соединять с приемником двумя проводами, т.е. будет иметь место шестипроводная линия, что неэкономично. В этой связи подобные системы не получили широкого применения на практике.

Для уменьшения количества проводов в линии фазы генератора гальванически связывают между собой. Различают два вида соединений: **в звезду** и **в треугольник**. В свою очередь при соединении в звезду система может быть **трех-** и **четырёхпроводной**.

Соединение в звезду

На рис. 6 приведена трехфазная система при соединении фаз генератора и нагрузки в звезду. Здесь провода AA' , BB' и CC' – линейные провода.

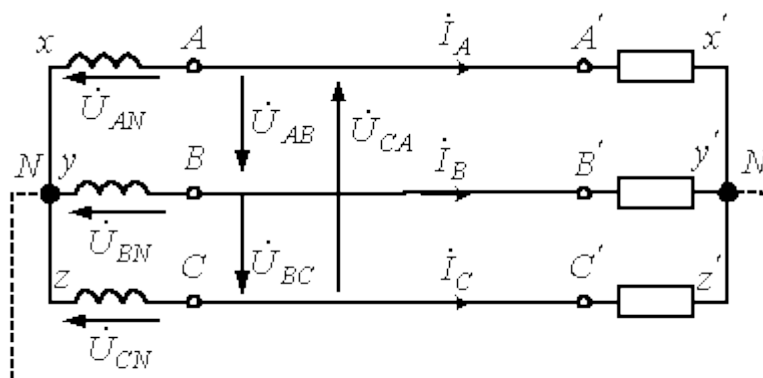


Рис.6

Линейным называется провод, соединяющий начала фаз обмотки генератора и приемника. Точка, в которой концы фаз соединяются в общий узел, называется **нейтральной** (на рис. 6 N и N' – соответственно нейтральные точки генератора и нагрузки).

Провод, соединяющий нейтральные точки генератора и приемника, называется **нейтральным** (на рис. 6 показан пунктиром). Трехфазная система при соединении в звезду без нейтрального провода называется **трехпроводной**, с нейтральным проводом – **четырёхпроводной**.

Все величины, относящиеся к фазам, носят название **фазных переменных**, к линии - **линейных**. Как видно из схемы на рис. 6, при соединении в звезду линейные токи $\dot{I}_A, \dot{I}_B$ и $\dot{I}_C$ равны соответствующим фазным токам. При наличии нейтрального провода ток в нейтральном проводе $\dot{I}_{NN} = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$. Если система фазных токов симметрична, то $\dot{I}_{NN} = 0$. Следовательно, если бы симметрия токов была гарантирована, то нейтральный провод был бы не нужен. Как будет показано далее, нейтральный провод обеспечивает поддержание симметрии напряжений на нагрузке при несимметрии самой нагрузки.

Поскольку напряжение на источнике противоположно направлению его ЭДС, фазные напряжения генератора (см. рис. 6) действуют от точек А, В и С к нейтральной точке N; $\dot{U}_{A'N'}, \dot{U}_{B'N'}, \dot{U}_{C'N'}$ - фазные напряжения нагрузки.

Линейные напряжения действуют между линейными проводами. В соответствии со вторым законом Кирхгофа для линейных напряжений можно записать

$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{BN} ;$	(1)
$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{BN} - \dot{U}_{CN} ;$	(2)
$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{CN} - \dot{U}_{AN} .$	(3)

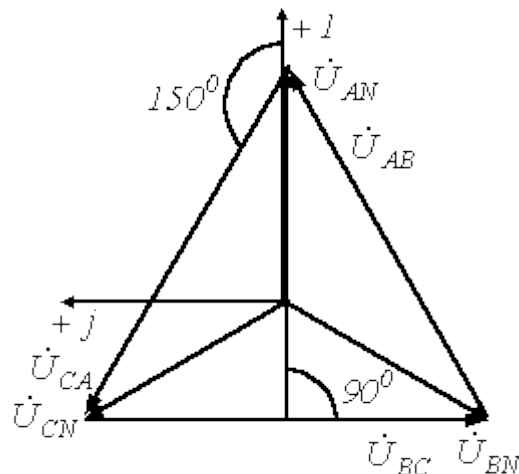


Рис.7

Отметим, что всегда $\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC} + \dot{U}_{CA} = 0$ - как сумма напряжений по замкнутому контуру.

На рис. 7 представлена векторная диаграмма для симметричной системы напряжений. Как показывает ее анализ (лучи фазных напряжений образуют стороны равносторонних треугольников с углами при основании, равными 30°), в этом случае

$$U_{\phi} = \sqrt{3}U_{\phi} \quad (4)$$

Обычно при расчетах принимается $\dot{U}_{AN} = U_{\phi} e^{j0} = U_{\phi}$. Тогда для случая **прямого чередования фаз** $\dot{U}_{BN} = U_{\phi} e^{-j120^{\circ}}$ $\dot{U}_{CN} = U_{\phi} e^{-j240^{\circ}} = U_{\phi} e^{j120^{\circ}}$ (при **обратном чередовании фаз** фазовые сдвиги у $\dot{U}_{BN}$ и $\dot{U}_{CN}$ меняются местами). С учетом этого на основании соотношений (1) ... (3) могут быть определены комплексы линейных напряжений. Однако при симметрии напряжений эти величины легко определяются непосредственно из векторной диаграммы на рис. 7. Направляя вещественную ось системы координат по вектору $\dot{U}_{AN}$ (его начальная фаза равна нулю), отсчитываем фазовые сдвиги линейных напряжений по отношению к этой оси, а их модули определяем в соответствии с (4). Так для линейных напряжений $\dot{U}_{BC}$ и $\dot{U}_{CA}$ получаем: $\dot{U}_{BC} = \sqrt{3}U_{\phi} e^{-j90^{\circ}}$ $\dot{U}_{CA} = \sqrt{3}U_{\phi} e^{j150^{\circ}}$.

Соединение в треугольник

В связи с тем, что значительная часть приемников, включаемых в трехфазные цепи, бывает несимметричной, очень важно на практике, например, в схемах с осветительными приборами, обеспечивать независимость режимов работы отдельных фаз. Кроме четырехпроводной, подобными свойствами обладают и трехпроводные цепи при соединении фаз приемника в треугольник. Но в треугольник также можно соединить и фазы генератора (см. рис. 8).

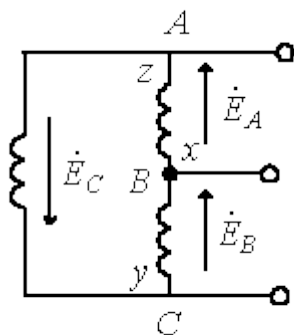


Рис. 8

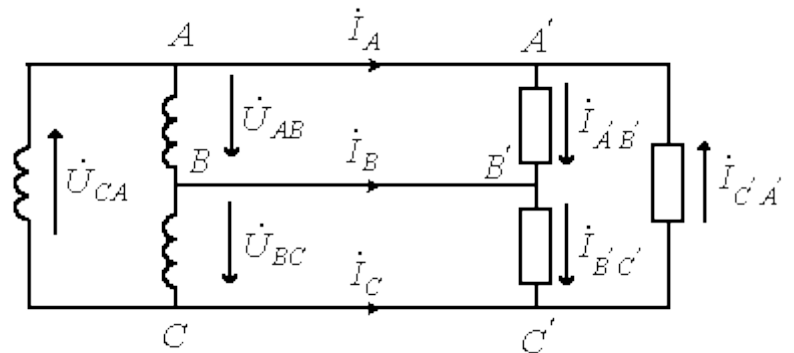


Рис. 9

Для симметричной системы ЭДС имеем

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$

Таким образом, при отсутствии нагрузки в фазах генератора в схеме на рис. 8 токи будут равны нулю. Однако, если поменять местами начало и конец любой из фаз, то $\sum \dot{E} \neq 0$ и в треугольнике будет протекать ток короткого замыкания. Следовательно, для треугольника нужно строго соблюдать порядок соединения фаз: начало одной фазы соединяется с концом другой.

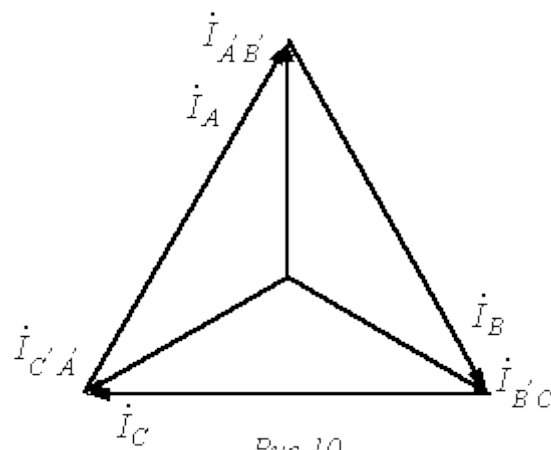
Схема соединения фаз генератора и приемника в треугольник представлена на рис. 9.

Очевидно, что при соединении в треугольник линейные напряжения равны соответствующим фазным. По первому закону Кирхгофа связь между линейными и фазными токами приемника определяется соотношениями

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A'B'} - \dot{I}_{C'A'};$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B'C'} - \dot{I}_{A'B'};$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{C'A'} - \dot{I}_{B'C'}.$$



Аналогично можно выразить линейные токи через фазные токи генератора.

На рис. 10 представлена векторная диаграмма симметричной системы линейных и фазных токов. Ее анализ показывает, что при симметрии токов

$I_L = \sqrt{3}I_\Phi.$	(5)
-------------------------	-----

В заключение отметим, что помимо рассмотренных соединений «звезда - звезда» и «треугольник - треугольник» на практике также применяются схемы «звезда - треугольник» и «треугольник - звезда».