

Схемы соединений трехфазных цепей в электрических сетях

Достоинства трехфазных сетей, обеспечивающие повсеместное их распространение, очевидны:

- энергия передается по трем проводам на большие расстояния экономически выгоднее чем если бы фаз было меньше;
- синхронные генераторы, асинхронные двигатели, трехфазные трансформаторы — просты в производстве, они экономичны и надежны в эксплуатации;
- наконец, трехфазная система переменного тока обладает способностью обеспечить (и принять на себя) неизменную мгновенную мощность на период синусоидального тока если трехфазная нагрузка на генератор одинакова во всех фазах.

Давайте же рассмотрим, какие основные схемы соединений трехфазных цепей в электрических сетях существуют.



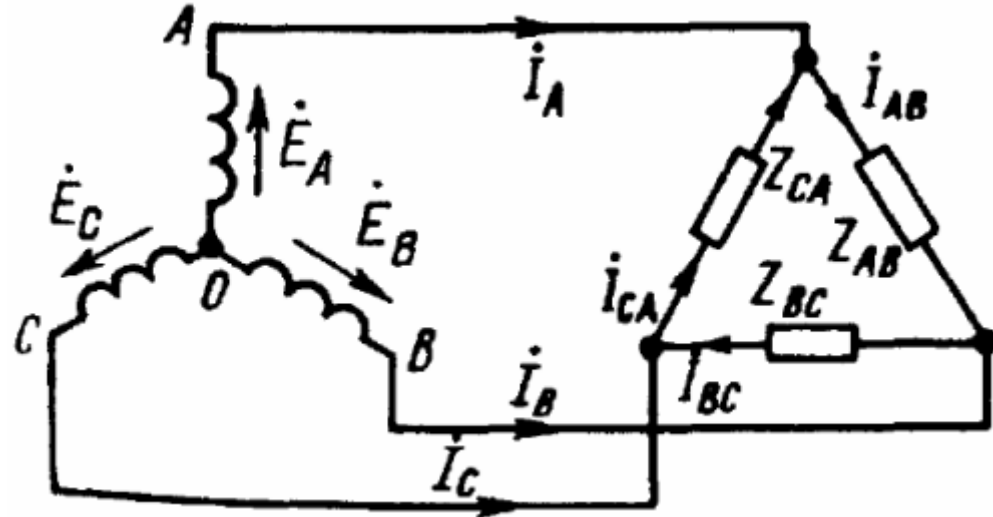
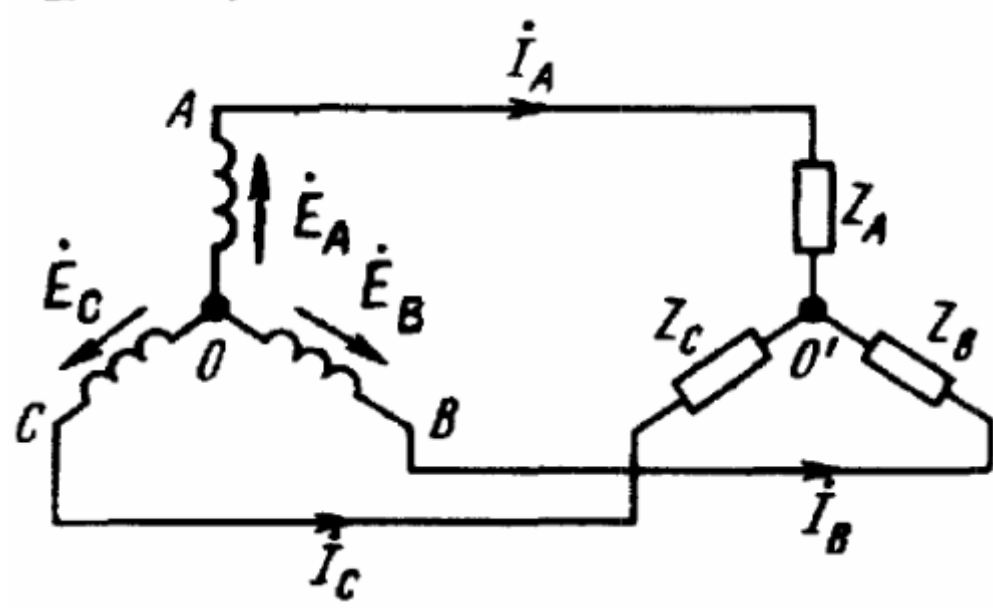
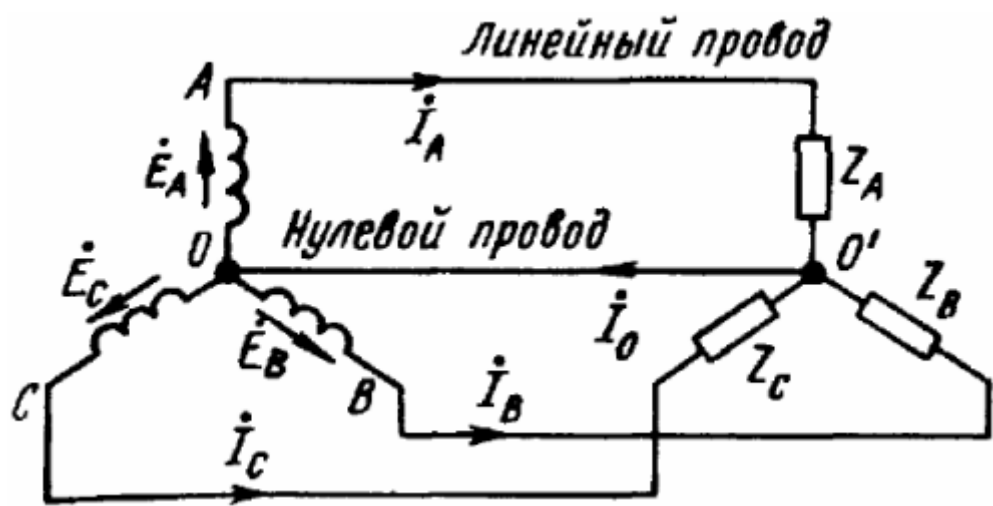
Обмотки трехфазного генератора переменного тока в принципе можно соединить с нагрузками по-разному. Так, наименее экономичным способом было бы напрямую присоединить к каждой фазе генератора по отдельной нагрузке, протянув по два провода на каждую нагрузку. Но при таком подходе понадобилось бы шесть проводов для соединения.

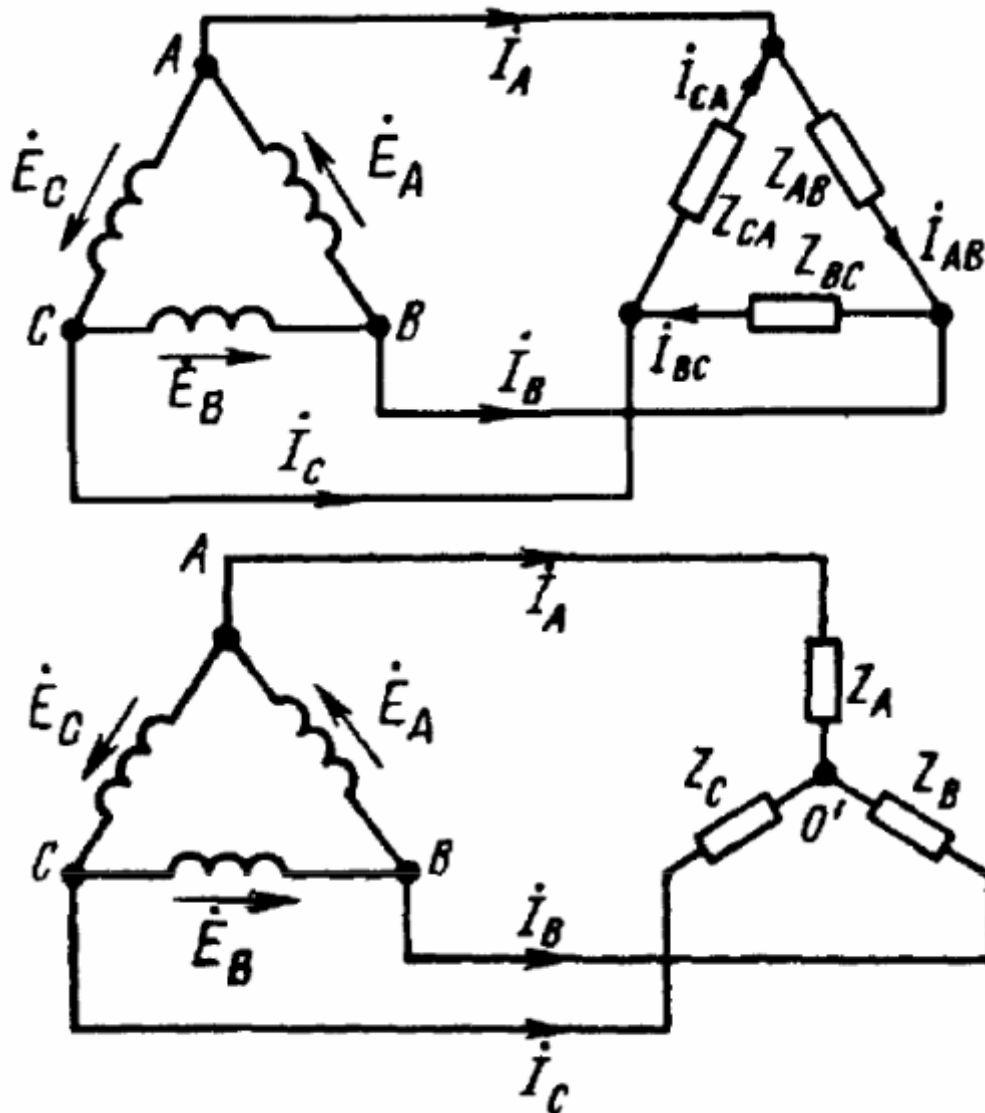
Это очень расточительно в плане расхода материалов и не удобно. Чтобы достичь экономии материалов, обмотки трехфазного генератора попросту объединяют в схему «звезда» или «треугольник». При таком решении проводов получается максимум 4 («звезда с нулевой точкой» или «треугольник») либо минимум 3.

Изображают трехфазный генератор на схемах в виде трех обмоток, расположенных под углами в 120° друг к другу. Если соединение обмоток генератора выполнено по схеме «звезда», то одноименные выводы обмоток соединяются друг с другом в одной точке (в так называемой «нулевой точке» генератора). Нулевая точка обозначается буквой «О», а свободные выводы (клеммы фаз) обмоток обозначаются буквами «А», «В» и «С».

Если обмотки генератора соединены между собой в схему «треугольник», тогда конец первой обмотки присоединен к началу второй обмотки, конец второй обмотки — к началу третьей, конец третьей — к началу первой — треугольник замкнулся. Геометрически сумма ЭДС в таком треугольнике будет равна нулю. И если к выводам «А», «В» и «С» нагрузку вообще не присоединять, то и ток по обмоткам генератора не потечет.

В итоге получаем пять основных схем соединения трехфазного генератора с трехфазной нагрузкой (см. рисунки). Всего на трех из этих рисунков можно видеть трехфазную нагрузку, соединенную звездой, где три конца нагрузки объединены в одной точке. Эта точка в центре звезды нагрузки называется «нулевой точкой нагрузки», она обозначается «О'».





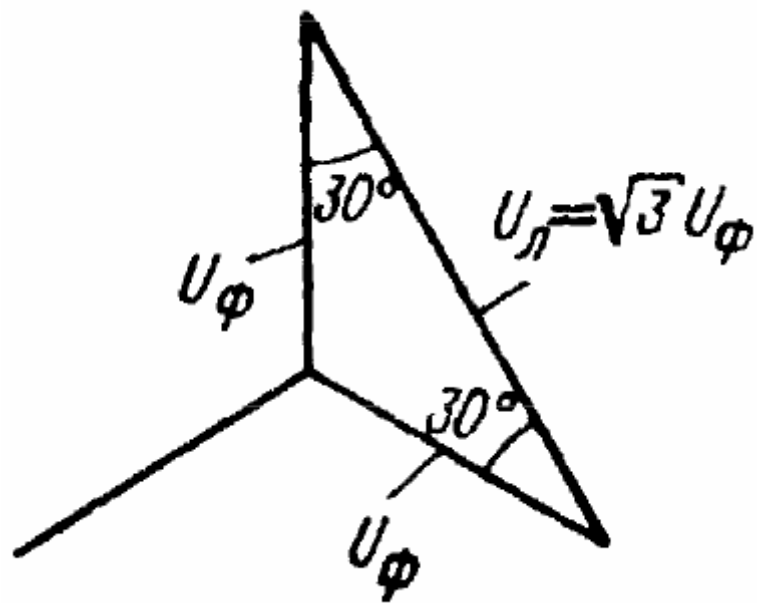
Провод, соединяющий нулевые точки нагрузки и генератора, называется в таких цепях нулевым проводом. Ток нулевого провода обозначается « I_0 ». За положительное направление тока принимают обычно направление от нагрузки к генератору, то есть из точки « O' » к точке « O ».

Провода, соединяющие точки « A », « B » и « C » выводов генератора с нагрузкой называются линейными проводами, а схемы, соответственно: звезда-звезда с нулевым проводом, звезда — звезда, звезда-треугольник, треугольник-треугольник, треугольник-звезда — всего пять основных схем соединения трехфазных цепей в электрических сетях.

Токи, текущие по линейным проводам, называют линейными токами и обозначают их I_A , I_B , I_C . За положительное направление линейного тока принимают обычно направление от генератора — к нагрузке. Величины модулей линейных токов обозначают I_L , как правило без дополнительных индексов, ведь часто бывает так, что все линейные токи цепи равны по модулю. Напряжение между двумя линейными проводниками — это линейное напряжение, его обозначают U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} или, если речь идет о модуле, то пишут просто U_L .

Каждая из обмоток генератора называется фазой генератора, а каждая из трех частей трехфазной нагрузки — фазой нагрузки. Токи фаз генератора и, соответственно, нагрузок, — называются фазными токами, обозначаются I_ϕ . Собственные напряжения фаз генератора и фаз нагрузки называются фазными напряжениями, они обозначаются U_ϕ .

Если обмотки генератора соединены в «звезду», то линейные напряжения в корень из 3 раз (в 1,73 раза) превосходят по модулю фазные. Так происходит потому, что линейные напряжения геометрически станут основаниями равнобедренных треугольников с острыми углами при основании по 30° , где бедра — это и есть фазные напряжения. Обратите внимание, что ряд низких трехфазных напряжений: 127, 220, 380, 660 — как раз и формируется путем умножения предыдущего значения на 1,73.



При соединении обмоток генератора в «звезду», очевидно, линейный ток равен току фазовому. Но что произойдет с напряжениями, когда обмотки генератора соединены в «треугольник»? В этом случае линейное напряжение будет равно фазовому напряжению для каждой фазы и для каждой части нагрузки: $U_{л}=U_{ф}$. При подключении нагрузки «звездой» ток линейный будет равен току фазному: $I_{л}=I_{ф}$.

Когда нагрузка подключена по схеме «треугольник», за положительное направление токов выбирают направление обхода треугольника по часовой стрелке. Обозначение делается соответствующими индексами: от какой точки течет ток и к какой точке он притекает, например I_{ab} – это обозначение тока от точки «А» к точке «В».

Если трехфазная нагрузка соединена треугольником, то линейные токи и фазовые токи не будут равны между собой. Линейные токи находятся тогда через фазовые токи **в соответствии с первым законом Кирхгофа**: $I_a=I_{ab}-I_{ca}$, $I_b=I_{bc}-I_{ab}$, $I_c=I_{ca}-I_{bc}$.