

Здравствуйте, ув. обучающиеся!

Учебная дисциплина: Основы электротехники

Тема урока: «Получение трехфазной ЭДС. Виды соединений обмоток трехфазного генератора и фаз приемника электрической энергии»

Задание к лекции:

Вам необходимо самостоятельно изучить текст лекции, выполнить задания и письменно ответить на контрольные вопросы.

Выполненную работу оформить письменно в рабочих тетрадях (либо в электронном виде) и отправить отдельным файлом (электронный документ) в личное сообщение через социальную сеть VK или на электронную почту преподавателя (ol.sklyarova2015@gmail.com).

Если такой возможности нет, выполненное задание предоставить в распечатанном (рукописном) виде после возобновления занятий.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ:

1. Основные понятия и определения

Трехфазная цепь – это совокупность трех электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС, одинаковые по амплитуде и частоте, сдвинутые по фазе одна от другой на угол $\frac{2\pi}{3} = 120^\circ$ и создаваемые общим источником энергии.

Каждую отдельную цепь, входящую в трехфазную цепь принято называть фазой.

Таким образом, термин "фаза" имеет в электротехнике два значения: первое – аргумент синусоидально изменяющейся величины, второе – часть многофазной системы электрических цепей.

Трехфазная цепь является частным случаем многофазных систем переменного тока.

Широкое распространение трехфазных цепей 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.

Каждая фаза трехфазной цепи имеет стандартное наименование:

- первая фаза – фаза "А";
- вторая фаза – фаза "В";
- третья фаза – фаза "С".

Начала и концы каждой фазы также имеют стандартные обозначения. Начала первой, второй и третьей фаз обозначаются соответственно А, В, С, а концы фаз – Х, Y, Z.

Основными элементами трехфазной цепи являются:

- трехфазный генератор, преобразующий механическую энергию в электрическую;
- линии электропередач;
- приемники (потребители), которые могут быть как трехфазными (например, трехфазные асинхронные двигатели), так и однофазными (например, лампы накаливания).

2. Получение трехфазной системы ЭДС

Трехфазный генератор создает одновременно три ЭДС, одинаковые по величине и отличающиеся по фазе на 120^0 .

Получение трехфазной системы ЭДС основано на принципе электромагнитной индукции, используемом в трехфазном генераторе. Трехфазный генератор представляет собой синхронную электрическую машину. Простейшая конструкция такого генератора изображена на рис. 1.

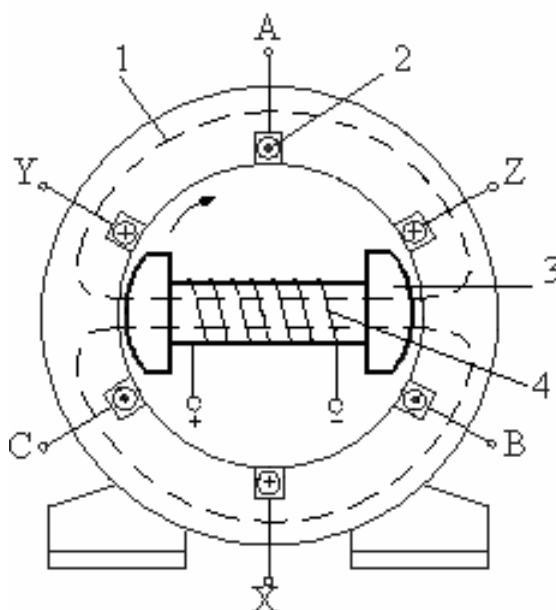


Рис.1. Схема устройства трехфазного генератора

На статоре 1 генератора размещается трехфазная обмотка 2. Каждая фаза трехфазной обмотки статора представляет собой совокупность нескольких катушек с определенным количеством витков, расположенных в пазах статора. На рис. 3.1 каждая фаза условно изображена одним витком. Три фазы обмотки статора генератора повернуты в пространстве друг относительно друга на $1/3$ часть окружности, т.е. магнитные оси фаз повернуты в пространстве на угол $\frac{2\pi}{3} = 120^\circ$. Начала фаз обозначены буквами А, В и С, а концы – Х, Y, Z.

Ротор 3 генератора представляет собой постоянный электромагнит, возбуждаемый постоянным током обмотки возбуждения 4. Ротор создает постоянное магнитное поле, силовые линии которого показаны на рис. 1 пунктиром. При работе генератора это магнитное поле вращается вместе с ротором.

При вращении ротора турбиной с постоянной скоростью происходит пересечение проводников обмотки статора с силовыми линиями магнитного поля. При этом в каждой фазе индуцируется синусоидальная ЭДС.

Величина этой ЭДС определяется интенсивностью магнитного поля ротора и количеством витков в обмотке.

Частота этой ЭДС определяется частотой вращения ротора.

Поскольку все фазы обмотки статора одинаковы (имеют одинаковое количество витков) и взаимодействуют с одним и тем же магнитным полем вращающегося ротора, то ЭДС всех фаз имеют одинаковую амплитуду E_m и частоту ω .

Но, так как магнитные оси фаз в пространстве повернуты на угол $\frac{2\pi}{3} = 120^\circ$, начальные фазы их ЭДС отличаются на угол $\frac{2\pi}{3}$.

Примем начальную фазу ЭДС фазы А, равной нулю, то есть $\psi_{eA} = 0$,

тогда

$$e_A = E_m \sin \omega t \quad (1.1)$$

ЭДС фазы В отстает от ЭДС фазы А на $\frac{2\pi}{3}$

$$e_B = E_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) = E_m \sin(\omega t - 120). \quad (1.2)$$

ЭДС фазы С отстает от ЭДС фазы В еще на $\frac{2\pi}{3}$

$$e_C = E_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) = E_m \sin(\omega t - 240). \quad (1.3)$$

Действующее значение ЭДС всех фаз одинаковы:

$$E_A = E_B = E_C = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = E. \quad (1.4)$$

Трехфазная симметричная система ЭДС может изображаться тригонометрическими функциями, функциями комплексного переменного,

графиками на временных диаграммах, векторами на векторных диаграммах.

Аналитическое изображение тригонометрическими функциями приведено в (1.1) – (1.3).

Графики мгновенных значений трехфазной симметричной системы ЭДС на временной диаграмме показаны на рис. 2. Они представляют из себя три синусоиды, сдвинутые друг относительно друга на $1/3$ часть периода.

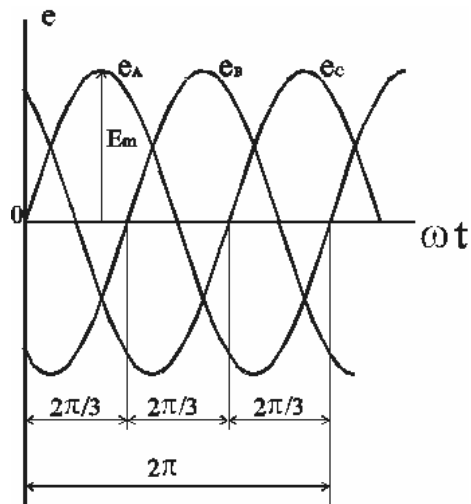


Рис. 2. Графики мгновенных значений трехфазной симметричной системы ЭДС.

На векторной диаграмме ЭДС фаз изображаются векторами одинаковой длины, повернутыми друг относительно друга на угол 120° (рис. 3а).

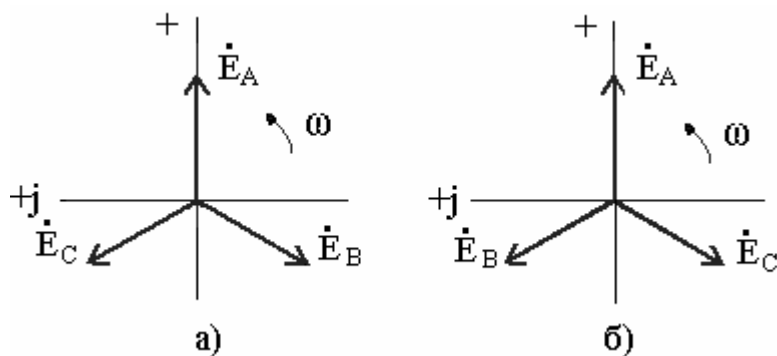


Рис. 3. Векторные диаграммы ЭДС трехфазных симметричных систем. (а – прямая последовательность фаз; б – обратная последовательность фаз).

Так как ЭДС индуцированные в обмотках статора имеют одинаковые амплитуды и сдвинуты по фазе относительно друг друга на один и тот же угол 120° , полученная трехфазная система ЭДС является симметричной.

Следует отметить, что чередование во времени фазных ЭДС зависит от направления вращения ротора генератора относительно трехфазной обмотки статора. При вращении ротора по часовой стрелке, как показано на рис.3.1, полученная симметричная трехфазная система ЭДС имеет *прямое* чередование (А – В – С) (рис. 3а). При вращении ротора против часовой стрелки образуется также симметричная трехфазная система ЭДС. Однако чередование фазных ЭДС во времени изменится. Такое чередование называется *обратным* (А – С – В) (рис. 3б).

Чередование фазных ЭДС важно учитывать при анализе трехфазных цепей и устройств. Например, последовательность фаз определяет направление вращения трехфазных двигателей, и т.п. Для практического определения последовательности фаз используются специальные приборы – *фазоуказатели*.

По умолчанию при построении трехфазных цепей и их анализе принимается прямое чередование фазных ЭДС трехфазного источника.

На схемах обмотку статора генератора изображают как показано на рис. 4а с использованием принятых обозначений начал и концов фаз.

На схеме замещения трехфазный источник представлен тремя идеальными источниками ЭДС (рис. 4б)

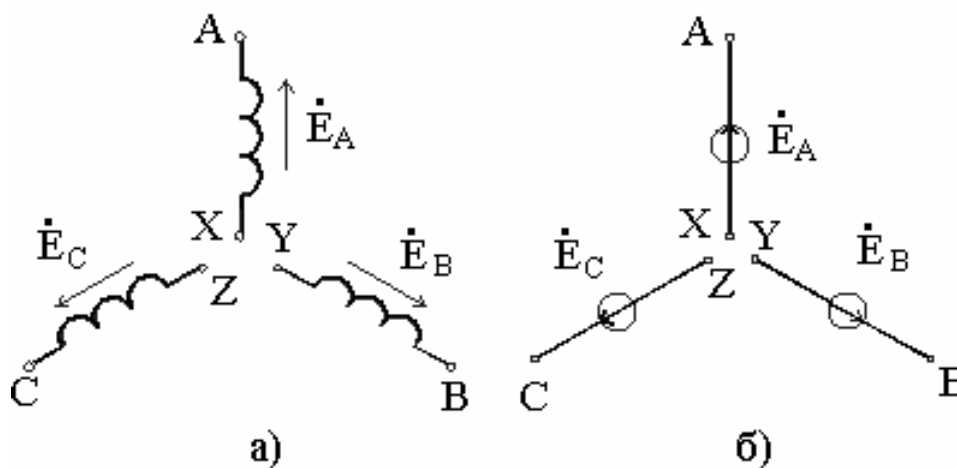


Рис. 4. Условное изображение обмотки статора генератора.

За условное положительное направление ЭДС в каждой фазе принимают направление от конца фазы к началу.

3. Способы соединения фаз в трехфазной цепи.

Для построения трехфазной цепи к каждой фазе трехфазного источника присоединяется отдельный приемник электроэнергии, либо одна фаза трехфазного приемника.

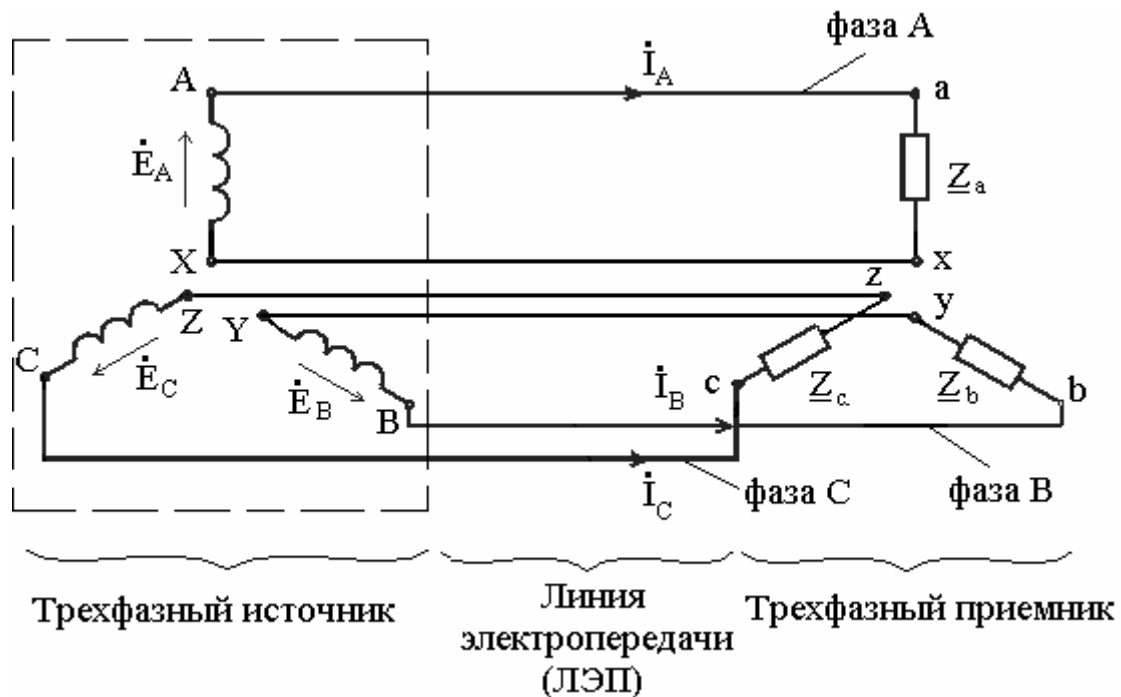


Рис. 5 Схема несвязанной трехфазной цепи.

Каждая фаза приемника подсоединяется к соответствующей фазе источника, как показано на рис. 5. При этом образуются три электрические цепи, объединенные конструктивно одним трехфазным источником, т.е. трехфазная цепь. В этой цепи три фазы объединены лишь конструктивно и не имеют между собой электрической связи (электрически не связаны между собой). Такая цепь называется несвязанной трехфазной цепью и практически не используется.

На практике три фазы трехфазной цепи соединены между собой (электрически связаны).

Существуют различные способы соединения фаз трехфазных источников и трехфазных потребителей электроэнергии. Наиболее распространенными являются соединения "звезда" и "треугольник". При этом способ соединения фаз источников и фаз потребителей в трехфазных системах могут быть различными. Фазы источника обычно соединены "звездой", фазы потребителей соединяются либо "звездой", либо "треугольником".

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) (рис. 6). Концы фаз приемников x , y , z также соединяют в одну точку n (нейтральная точка приемника). Такое соединение называется соединением "звезда".

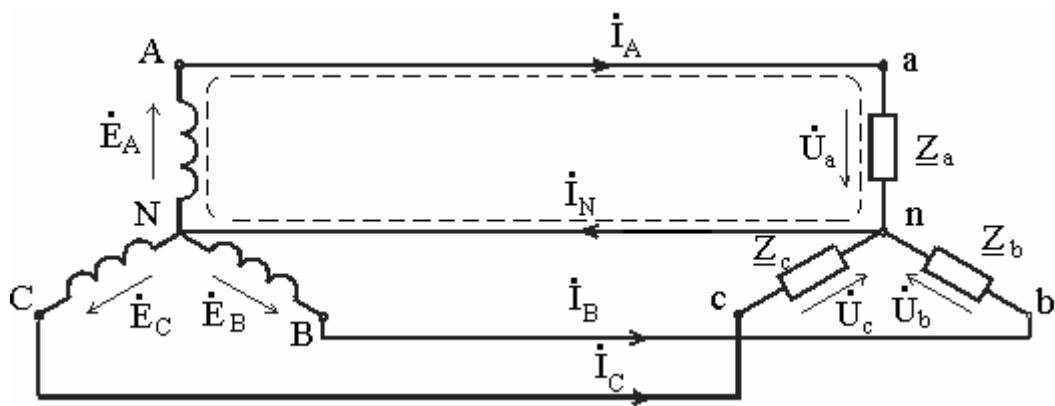


Рис. 6. Схема соединения фаз источника и приемника в звезду.

Провода $A-a$, $B-b$ и $C-c$, соединяющие начала фаз генератора и приемника, называются линейными проводами (линейный провод А, линейный провод В, линейный провод С). Провод $N-n$, соединяющий точку N генератора с точкой n приемника, называют нейтральным проводом.

Здесь по-прежнему каждая фаза представляет собой электрическую цепь, в которой приемник подключен к соответствующей фазе источника посредством нейтрального провода и одного из линейных проводов (пунктир на рис. 6). Однако, в отличие от несвязанной трехфазной цепи, в линии передачи используется меньшее количество проводов. Это определяет одно из преимуществ трехфазных цепей – экономичность передачи энергии.

При соединении фаз трехфазного источника питания треугольником (рис. 7) конец X одной фазы соединяется с началом B второй фазы, конец Y второй фазы – с началом C третьей фазы, конец третьей фазы Z – с началом первой фазы A . Начала A , B и C фаз подключаются с помощью трех проводов к трем фазам приемника, также соединенным способом "треугольник".

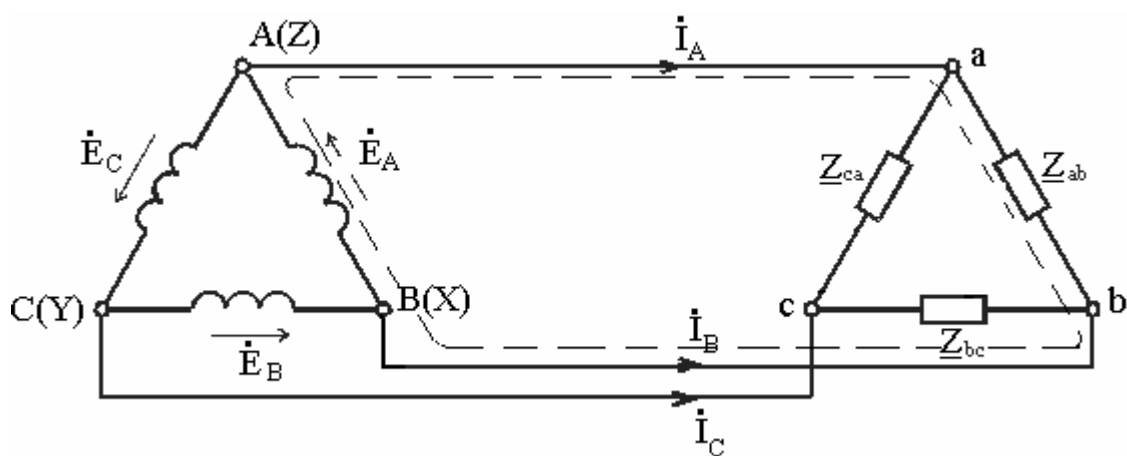


Рис. 7. Схема соединения фаз источника и приемника в треугольник

Здесь также каждая фаза представляет собой электрическую цепь, в которой приемник подключен к соответствующей фазе источника посредством двух линейных проводов (пунктир на рис.7). Однако в линии передачи используется еще меньшее количество проводов. Это делает передачу электроэнергии еще более экономичной

При способе соединения "треугольник" фазы приемника именуют двумя символами в соответствии с линейными проводами, к которым данная фаза подключена: фаза "ab", фаза "bc", фаза "ca". Параметры фаз обозначают соответствующими индексами: $\underline{Z}_{ab}$, $\underline{Z}_{bc}$, $\underline{Z}_{ca}$.

2. ЗАДАНИЯ К ЛЕКЦИИ

1. Ознакомиться с теоретическим материалом лекции.
2. Законспектировать в тетради основные понятия и термины.
3. Ответить на контрольные вопросы.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Где используют трехфазные цепи?
2. Какой принцип действия у трехфазного генератора?
3. В чем заключаются основные преимущества трехфазных систем?
4. Какие существуют схемы соединения в трехфазных цепях?