# Электрические цепи переменного тока.

# Основные понятия и определения

Переменным током называют такой ток, который периодически изменяет и величину, и направление. Цепи с периодически изменяющимся во времени током называются электрическими цепями переменного тока.

До конца 19 века использовались только источники постоянного тока - химические элементы и генераторы. Это ограничивало возможности передачи эл. энергии на большие расстояния. Так как для уменьшения потерь в линиях электропередачи необходимо использовать высокое напряжение. Однако получить высокое напряжение от генератора постоянного тока невозможно. Проблема была решена только при использовании переменного тока и трансформаторов.

Переменный ток имеет ряд преимуществ по сравнению с постоянным:

- генератор переменного тока значительно проще и дешевле генератора постоянного тока;
- переменный ток можно трансформировать;
- переменный ток легко преобразуется в постоянный;
- двигатели переменного тока значительно проще и дешевле, чем двигатели постоянного тока.

- Наибольшее промышленное применение получили цепи синусоидального тока, величина которого изменяется по закону синуса. Это обусловлено достаточно простым способом получения синусоидального тока, а также более высоким КПД генераторов, двигателей, трансформаторов, линий передач при работе на синусоидальном токе по сравнению с несинусоидальным.

Если поместить металлическую рамку в равномерное магнитное поле (рис.1, а) и вращать ее с частотой $\omega$, то в ней в соответствии с законом электромагнитной индукции будет наводиться переменная ЭДС (рис. 1, б):

$$e = E_m * \sin(\omega t + \varphi),$$

где e — мгновенное значение ЭДС, В;

Em — амплитудное значение ЭДС, В;

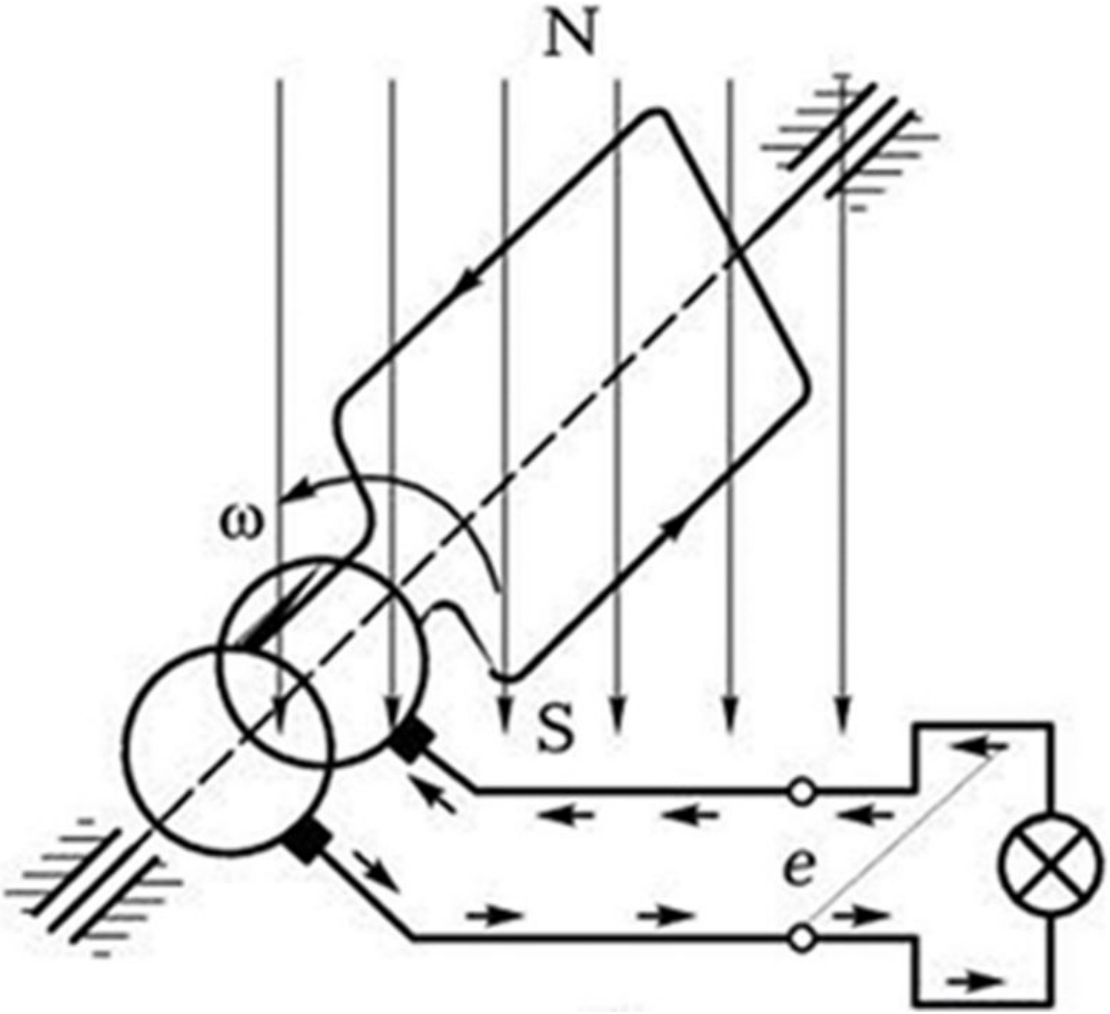
$\omega$— угловая частота (угловая скорость), рад/с (радиан в секунду);

φ — начальная фаза, определяющая значение e (ЭДС), рад;

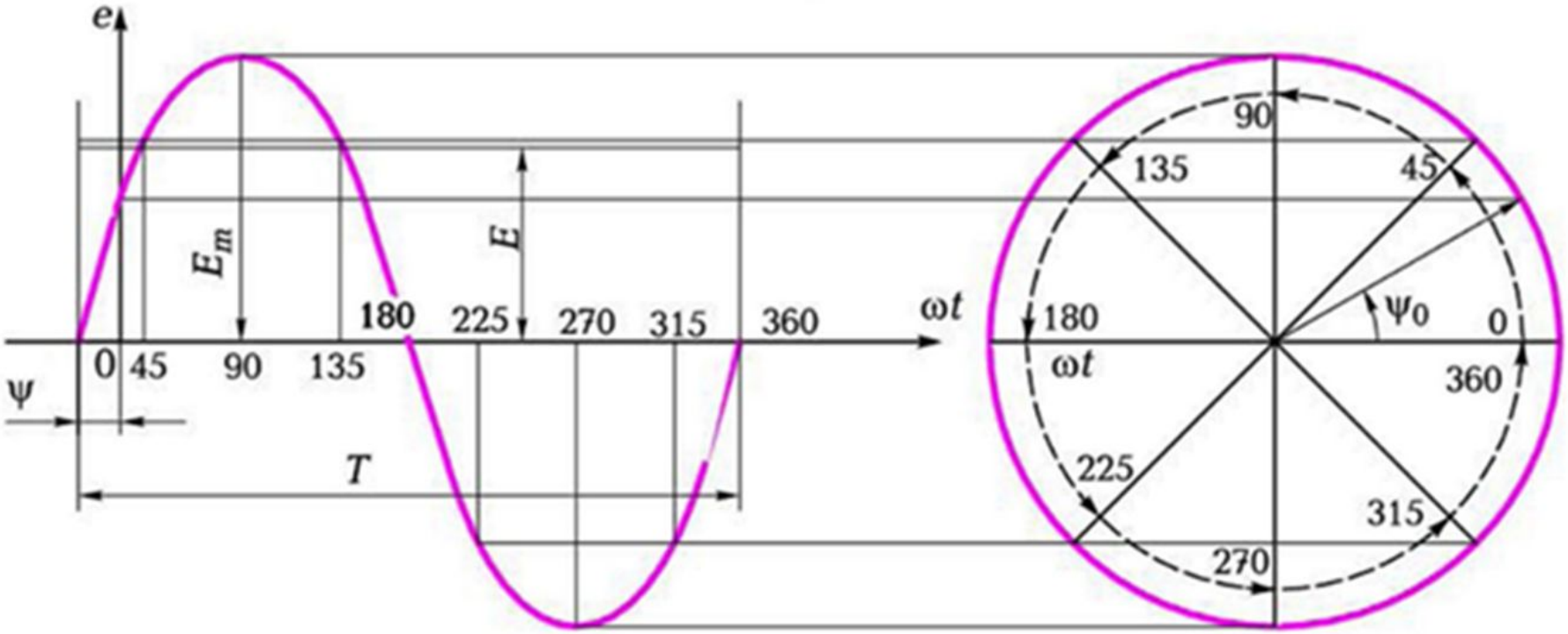
$\sin(\omega t + \varphi)$ — текущее значение фазы, рад.

При этом угловая частота $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, где f - линейная частота, Гц; T-период колебаний, сек.

# Способ получения синусоидальной ЭДС



# Временная и векторная диаграммы синусоидальной ЭДС



Величина промышленной частоты переменного тока обусловлена технико-экономическими соображениями. Если она слишком низка, то увеличиваются габариты электрических машин и, следовательно, расход материалов на их изготовление; заметным становится мигание света в электрических лампочках.

При слишком высоких частотах увеличиваются потери энергии в сердечниках электрических машин и трансформаторах.

Поэтому наиболее оптимальными оказались частоты 50-60 Гц. Однако в некоторых случаях используются переменные токи как с более высокой, так и с более низкой частотой. Например, в самолетах применяется частота 400 Гц. На этой частоте можно значительно уменьшить габариты и вес трансформаторов и электромоторов, что для авиации более существенно, чем увеличение потерь в сердечниках. На железных дорогах используют переменный ток с частотой 25 Гц.

Для описания характеристик переменного тока необходимо избрать определенные физические величины. Мгновенные и амплитудные значения для этих целей неудобны, а средние значения за период равны нулю. К тому же расчет цепей с использованием мгновенных значений синусоидальных ЭДС, токов и напряжений достаточно сложен, поэтому мгновенные значения заменяют действующими значениями.
Поэтому вводят понятие действующих значений тока и напряжения. На рис. - Е — действующее значение ЭДС, В.

- Они основаны на тепловом действии тока, не зависящем от его направления.

*Действующими* значениями тока и напряжения называют соответствующие параметры такого постоянного тока, при котором в данном проводнике за данный промежуток времени выделяется столько же теплоты, что и при реальном переменном токе.

При изменении тока по синусоиде его действующее значение меньше его амплитудного значения в $\sqrt{2}$ раз, т. е. $I = (I_m/\sqrt{2}) = 0{,}707 * I_m$.

Если синусоидальный ток i нагревает проводник, например, до температуры 100 °С, то постоянный ток, значение которого равно амплитуде синусоидального ($I_п = I_m$), нагреет тот же проводник сильнее. Чтобы нагреть проводник постоянным током до тех же 100 °С, необходимо значение тока уменьшить до $I=(I_m/\sqrt{2}) = 0{,}707 * I_m$. Такое же значение будет справедливо и для $U = U_m/\sqrt{2}$. В некоторых источниках действующие значения называют эффективными значениями.

- Шкалы измерительных приборов переменного тока отградуированы в действующих значениях тока и напряжения. Вольтметр, включенный в розетку промышленной сети, покажет напряжение 220 В. Это действующее значение синусоидального напряжения, амплитудное значение которого равно

$$220 \cdot \sqrt{2} = 311 \text{ В}$$

Таким образом, в ЭЦ переменного тока следует различать:

- мгновенные значения ЭДС, напряжения, тока и мощности e, u, i, p;
- амплитудные значения Em, Um, Im, Pm
- действующие значения E, U, I, P.

Основными параметрами синусоидальных колебаний принято считать:

- амплитуду Am;
- частоту f или период T = 1 /f;
- начальную фазу φ

В линейных цепях синусоидальная ЭДС создает синусоидальный ток, как в ветви с активным сопротивлением, так и в ветвях с емкостью и индуктивностью.

Однако в отличие от постоянного тока в ЭЦ переменного тока на отдельных участках напряжение и ток могут не совпадать по фазе, т. е. их начальные фазы $\varphi_U$ и $\varphi_I$ не равны. Следовательно, между ними появляется фазовый сдвиг $\varphi = \varphi_U - \varphi_I$.

Это объясняется наличием в ЭЦ конденсаторов и катушек индуктивностей с реактивным сопротивлением, обладающим свойством инерционности.

# Векторные диаграммы

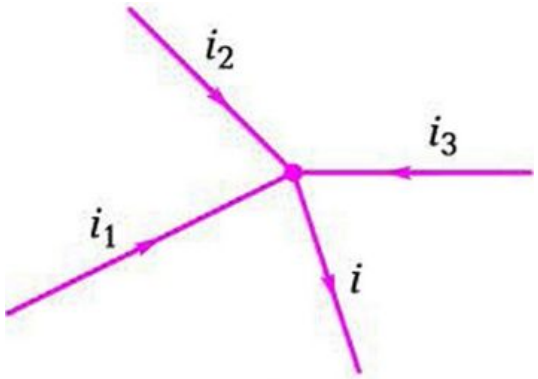
Поскольку синусоидальная функция определяется амплитудой и начальной фазой, то она может быть изображена в виде вектора, длина которого пропорциональна амплитуде, а полярный угол — начальной фазе.

Введение векторов и векторных диаграмм значительно упрощает расчеты ЭЦ переменного тока. Например, если заданы токи в узле ЭЦ:

$$i_1 = I_{1m}\sin(\omega t + \psi_1),$$

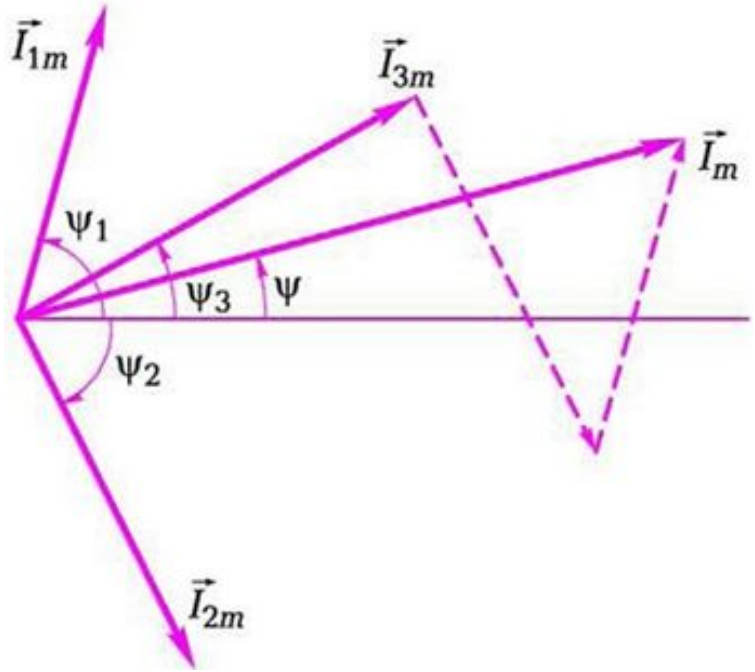
$$i_2 = I_{2m}\sin(\omega t - \psi_2),$$

$$i_3 = I_{3m}\sin(\omega t + \psi_3),$$




то в соответствии с первым законом Кирхгофа результирующий ток i = i1 + i2 +i3.

Сложить мгновенные значения синусоидальных токов практически невозможно, поэтому прибегают к помощи векторов. Складывая векторы, изображенные в определенном масштабе, по правилу параллелограмма или топографическим методом (из конца одного вектора откладывается начало другого и т.д.), определяют суммарный вектор тока, а значит, амплитудное значение тока Im и его начальную фазу φ.



Мгновенное значение результирующего тока в этом случае ,

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

Действующее значение тока $I = I_m / \sqrt{2}$