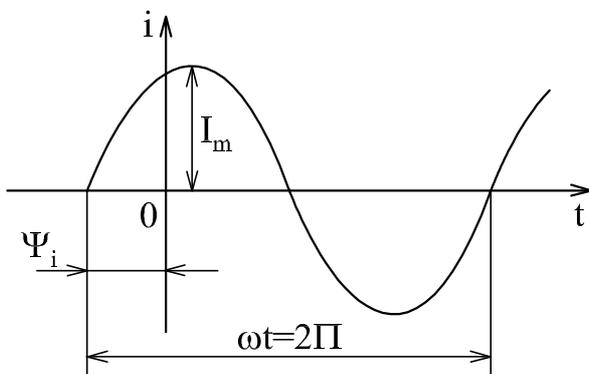


Тема 2. Электрические цепи переменного тока

Однофазный синусоидальный ток

а) Основные понятия и характеристики.

Широкое применение в электрических цепях электро-, радиоэлектронных и других установок находят периодические ЭДС, напряжения и токи. Периодические величины изменяются во времени ($i=i(t)$; $u=u(t)$) по значению и направлению, причем эти изменения повторяются через некоторые равные промежутки времени T , называемые периодом (рис.13).



Наибольшее распространение получили токи, изменяющиеся по синусоидальному (гармоническому) закону.

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i) -$$

мгновенное значение тока.

Рис.13

Синусоидальный ток имеет ряд преимуществ перед постоянным током, в связи с чем он получил очень широкое распространение:

- а) его легко трансформировать из одного напряжения в другие;
- б) при передаче на большие расстояния (сотни и тысячи километров) от источника до потребителя при многократной трансформации напряжение остается неизменным, т.е. синусоидальным;
- в) с его помощью может быть достаточно просто получено вращающееся магнитное поле, используемое в синхронных и асинхронных машинах.

Синусоидальные величины характеризуется следующими параметрами:

б) Параметры переменной величины.

Рассматриваемые далее определения распространяются на все величины, изменяющиеся по синусоидальному закону (ЭДС, ток, напряжение и др.). Для краткости изложения излагаем определения только для электродвижущей силы.

- Мгновенная величина (или мгновенное значение) e — величина ЭДС в рассматриваемый момент времени.
- Период T — наименьший интервал времени, по истечении которого мгновенные величины периодической ЭДС повторяются. Если аргумент синусоидальной функции выражается в углах, то период выражается постоянной величиной 2π .
- Частота f — величина, обратная периоду: $f = \frac{1}{T}$ т. е. частота равна числу периодов переменной ЭДС в секунду. Частота выражается в герцах (Гц): $1 \text{ Гц} = 1/\text{с}$.

В европейских странах в качестве стандартной промышленной частоты принята $f = 50 \text{ Гц}$, в США и Японии $f = 60 \text{ Гц}$.

- Амплитуда E_m — наибольшая величина, которую принимает ЭДС в течение периода.
- Фаза (фазовый угол $\omega t \pm \psi$) — аргумент синусоидальной ЭДС, отсчитываемый от ближайшей предшествующей точки перехода ЭДС через нуль к положительному значению. Фаза в любой момент времени определяет стадию гармонического изменения синусоидальной э. д. с.

Начальная фаза ψ — фаза синусоидальной ЭДС в начальный момент времени. Если синусоида начинается с нулевого положения, то начальная фаза равна нулю. (см. рис.1) Синусоида тока (см. рис.34.2) опережает синусоиду напряжения на угол 90° ($\pi/2$), следовательно начальная фаза тока будет равна $\pi/2$.

Уравнения для напряжения и тока будут выглядеть:

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin (\omega t + \pi/2)$$

- Две синусоидальные величины, имеющие разные начальные фазы, называются сдвинутыми по фазе.
- Угловая частота ω — скорость изменения фазы. За время одного периода T фазовый угол равномерно изменяется на 2π , поэтому

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

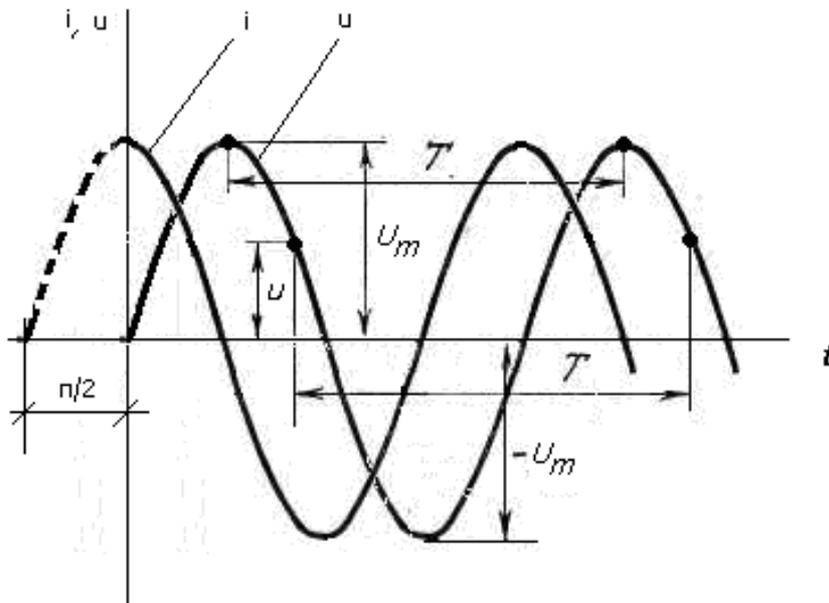


Рис.34.2. Графики тока и напряжения, сдвинутых по фазе на $\pi/2$

в) Действующая величина переменного тока

При определении действующей величины переменного тока можно исходить из какого-либо его действия в электрической цепи (теплового, механического взаимодействия проводов с токами и т. д.). Будем исходить из теплового действия тока.

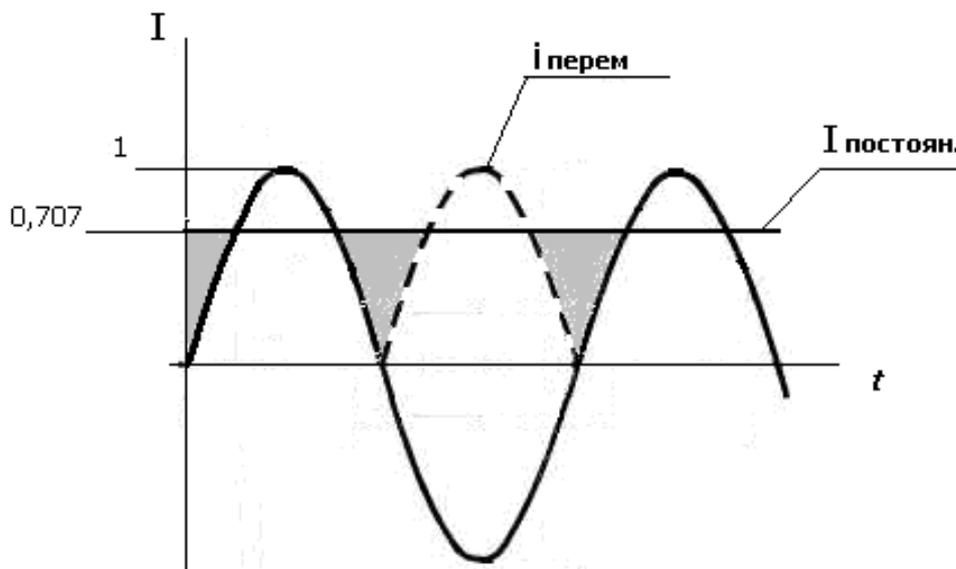


Рис. 34.3. Тепловое действие переменного и постоянного тока.

Если за один и тот же промежуток времени измерить количество тепла, выделенное на активном элементе электрической цепи, постоянным и переменным током одной амплитуды, то окажется, что постоянный ток выделит тепла больше, чем переменный. Чтобы постоянный и переменный ток выделили одинаковое количество тепла, необходимо уменьшить амплитуду постоянного тока.

Рассчитано, что при выполнении этого условия амплитуда постоянного тока будет составлять 0,707 от амплитуды переменного тока.

Действующая величина переменного тока I численно равна величине постоянного тока, который в одном и том же элементе цепи за время периода T выделяет столько же тепла, сколько при тех же условиях выделяет переменный ток.

Расчеты показывают, что

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

Аналогично: $U = 0,707 U_m$

$$E = 0,707 E_m$$

Где: I , U , E – действующие значения тока, напряжения и ЭДС.

I_m , U_m , E_m – амплитуда тока, напряжения и ЭДС

подавляющее большинство приборов, измеряющих синусоидальные токи и напряжения проградуированы в действующих значениях

г) Средним значением синусоидального тока

называется его средняя величина за полупериод времени:

$$I_{\text{ср}} = \frac{S_i}{T/2} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{I_m}{1,57} = 0,64 * I_m$$

или напряжения и ЭДС

$$U_{\text{ср}} = \frac{S_u}{T/2} = \frac{2U_m}{\pi} = \frac{U_m}{1,57} = 0,64 * U_m$$

б) Изображения синусоидальных величин в векторной форме

Известно, что проекция отрезка, вращающегося вокруг оси с постоянной угловой скоростью, на любую линию, проведенную в плоскости вращения, изменяется по синусоидальному закону.

Пусть отрезок прямой длиной I_m начинает вращаться вокруг оси O из положения, когда он образует с горизонтальной осью угол φ , и вращается против часовой стрелки с постоянной угловой скоростью ω . Проекция отрезка на вертикальную ось в начальный момент времени .

$$oa = I_m \cdot \sin \varphi$$

Когда отрезок повернется на угол α_1 , проекция его $e'e = I_m \cdot \sin(\varphi + \alpha_1)$

Откладывая углы $\alpha_1, \alpha_2, \dots$

на горизонтальной оси, а проекции отрезка прямой - на вертикальной оси, получим ряд точек синусоиды (рис. 35.2).

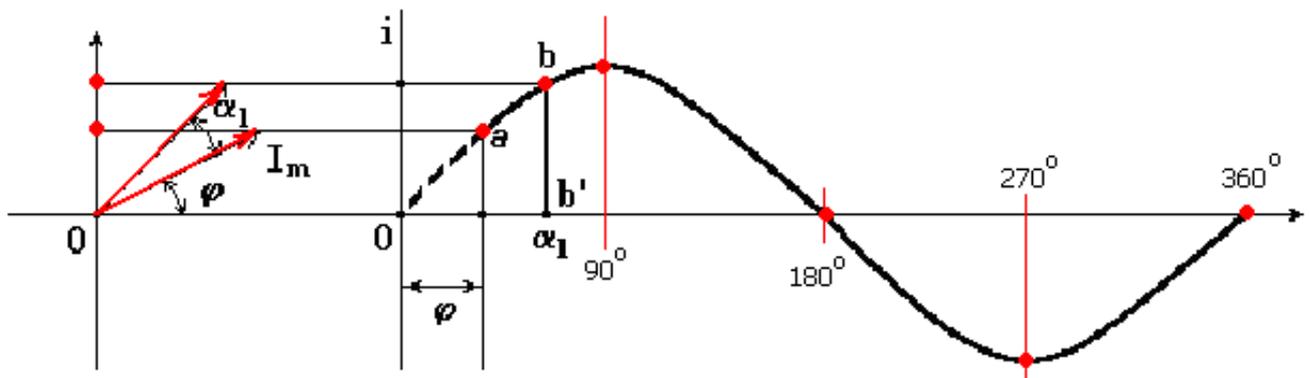


Рис.35.2. Представление синусоидальной величины в векторной форме

Пусть даны два синусоидальны $i_1 = I_{1m} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)$

$$i_2 = I_{2m} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Нужно сложить эти токи и получить результирующий ток:

$$i_3 = i_1 + i_2 = I_{1m} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1) + I_{2m} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2) = I_{3m} \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)$$

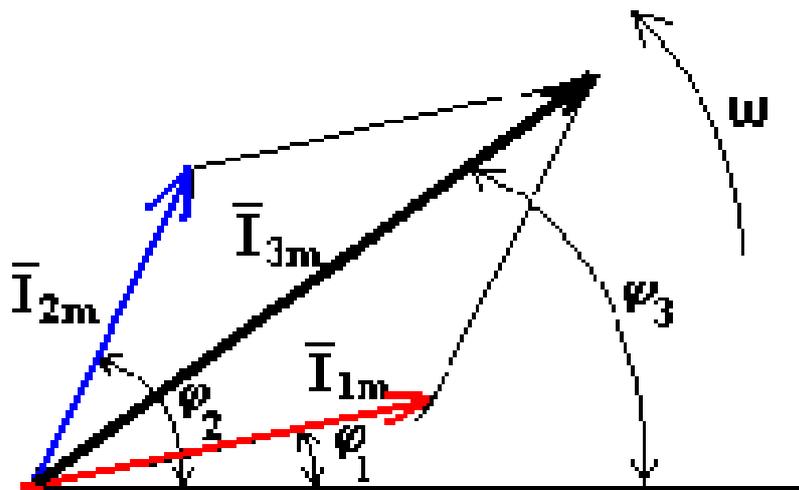


Рис.35.3.Сложение векторов двух величин

Представим синусоидальные токи i_1 и i_2 в виде двух радиус - векторов, длина которых равна в соответствующем масштабе I_{1m} и I_{2m} . Эти векторы расположены в начальный момент времени под углами φ_1 и φ_2 относительно горизонтальной оси.

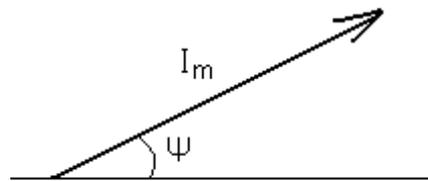
Сложим геометрически отрезки I_{1m} и I_{2m} . Получим отрезок, длина которого равна амплитудному значению результирующего тока I_{3m} . Отрезок расположен под углом φ_3 относительно горизонтальной оси. Все три отрезка вращаются вокруг оси 0 с постоянной угловой скоростью ω . Проекции отрезков на вертикальную ось изменяются по синусоидальному закону. Будучи остановленными для рассмотрения, данные отрезки образуют векторную диаграмму (рис. 35.3).

Векторная диаграмма.

Векторная диаграмма - это совокупность векторов, изображающих синусоидальные напряжения, токи и ЭДС одинаковой частоты.

а) Представление синусоидальных величин неподвижными векторами.

«Остановим» вращение векторов, представляющих токи и напряжения в момент $t = 0$. Тогда мгновенному значению синусоиды $i(0) = I_m \sin \varphi$ соответствует вектор длиной I_m , повернутый на угол φ от горизонтали против часовой стрелки. Этот вектор представляет или отображает синусоиду $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$, т. е. дает информацию о ее двух отличительных параметрах: амплитуде I_m и начальной фазе $-\varphi$.



$$i(0) = I_m \sin \varphi$$

Рис.36.1. Представление синусоидальной величины с помощью неподвижного вектора

)