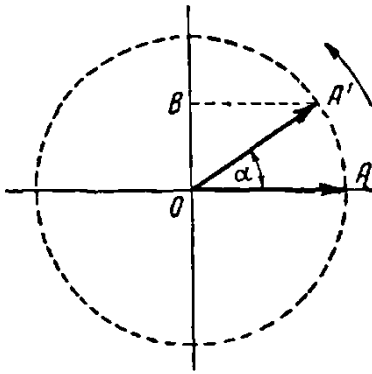


## Фаза, начальная фаза, сдвиг фаз.



Часто вместо градуса пользуются другой единицей измерения угла – радианом. Радианом называется угол, дуга которого равна радиусу.

Если длина окружности

$$C = 2\pi R, \text{ то она содержит } \frac{2\pi R}{R} = 2\pi \text{ радиан.}$$

За один оборот радиус – вектор  $OA$  будет иметь один период вращения продолжительностью  $T$  секунд.

Угловая частота в этом случае выразится:

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi \text{ рад.}}{T \text{ сек.}}$$

$$\text{Так как } \frac{1}{T} = f, \text{ то } \omega = 2\pi f \frac{\text{рад.}}{\text{сек.}}$$

Угол поворота радиуса – вектора  $\alpha$  от начального положения будет равен:

$$\alpha = \omega t = 2\pi f t.$$

Угол  $\alpha$  называется **фазным углом** или **фазой**. Проекция вектора  $OA$  на вертикальный диаметр равна произведению величины вектора на синус фазного угла, т. е.

$$OB = OA \sin \alpha.$$

Таким образом, проекция вращающегося вектора  $OA$  на вертикальный диаметр изменяется по закону синуса. Если длина вектора будет  $A_m$ , то мгновенное значение величины проекции  $a$  равно:

$$a = A_m \sin \alpha = A_m \sin \omega t;$$

при  $\alpha = 0^\circ$  величина  $a = A_m \sin 0^\circ = 0$ ; при  $\alpha = 90^\circ$  величина  $a = A_m \sin 90^\circ = A_m$ .

В последнем случае мгновенное значение величины проекции равно ее амплитудному или максимальному значению.

Задавая величиной фазного угла и проектируя вектор  $A_m$  на вертикальный диаметр, будем получать мгновенное значение синусоидальной величины.

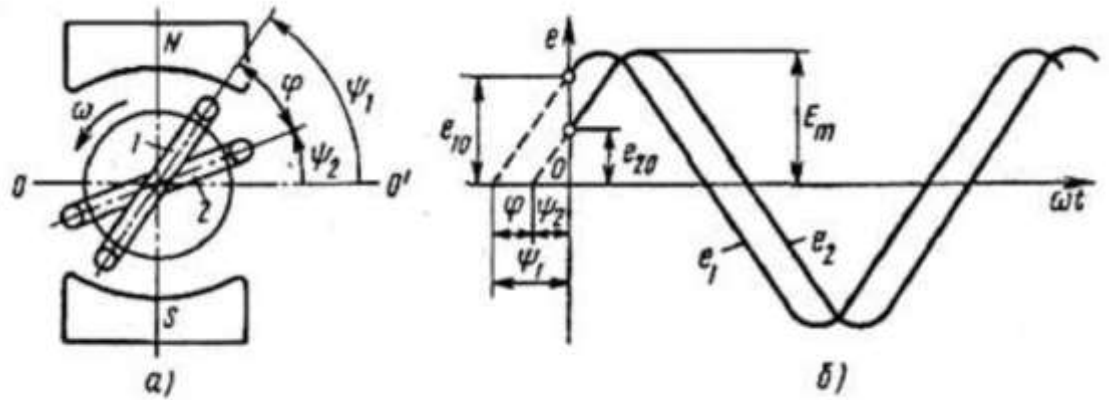


Рис. 1 Фаза и сдвиг фаз

Рассмотрим два витка обмотки якоря 1 и 2.

Виток 1 имеет относительно нейтрали  $OO'$  имеет начальный угол  $\psi_1$  [град].

Виток 2 имеет относительно нейтрали  $OO'$  имеет начальный угол  $\psi_2$  [град].

При вращении якоря витки вращаются с одинаковой угловой скоростью  $\omega$ , в одном и том же магнитном поле с магнитным потоком  $\Phi$ . При этом в каждом витке вырабатывается одинаковая по амплитуде и частоте ЭДС.

$$e_1 = E_m \cdot \sin(\omega t + \psi_1)$$

$$e_2 = E_m \cdot \sin(\omega t + \psi_2)$$

$\left. \begin{array}{l} \omega t + \psi_1 \\ \omega t + \psi_2 \end{array} \right\}$  - фазные углы или фазы, а также они являются аргументами синусоидальной функции

Так как между витками есть угол  $\varphi = \psi_1 - \psi_2$ , в один и тот же момент времени (например,  $t = 0$ ) мгновенное значение ЭДС будет равным:

$$e_1 = E_m \cdot \sin \psi_1$$

$$e_2 = E_m \cdot \sin \psi_2$$

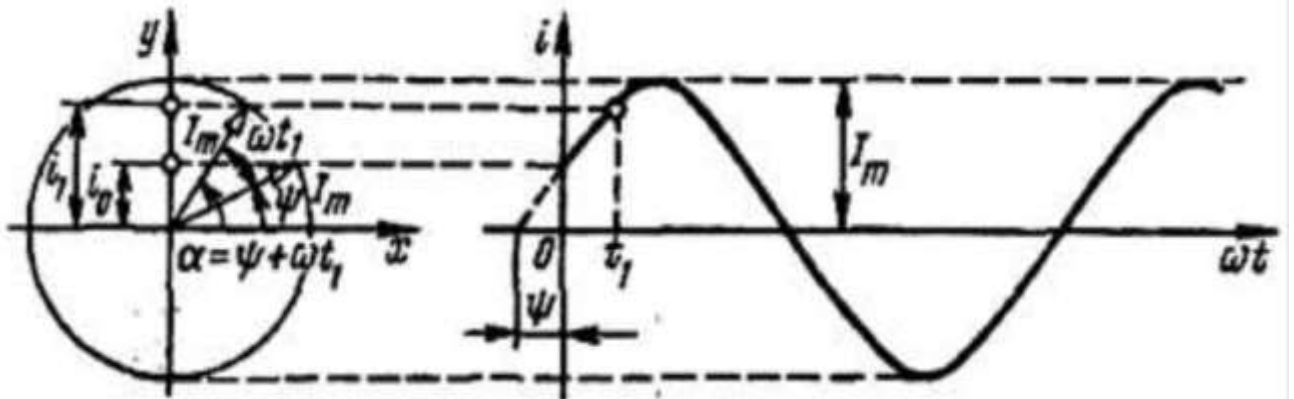
$\psi_1, \psi_2$  – начальные фазы.  $\varphi$  - сдвиг фаз.  $e_1$ - опережающая ЭДС.

$e_2$  – запаздывающая ЭДС.

## Способы изображения переменного тока.

### Изображение синусоидальных величин с помощью векторов.

Синусоидальную величину можно изобразить в векторной форме.



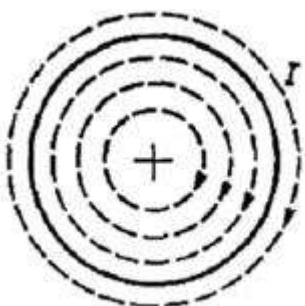
$$\varphi = \psi_1 - \psi_2,$$

Рис. Векторная диаграмма синусоидальных ЭДС  $e_1$  и  $e_2$

На векторных диаграммах длины векторов соответствуют действующим значениям тока, напряжения и ЭДС.

Совокупность нескольких векторов, соответствующих нулевому моменту времени, называют векторной диаграммой. На векторной диаграмме векторы изображают токи (напряжения) одинаковой частоты.

*Применение векторных диаграмм для описания синусоидальных сигналов позволяет использовать геометрические приёмы для выполнения расчётов.*



**Поверхностный эффект. Активное и реактивное сопротивление.**

**Реактивными** называют сопротивления, которые в среднем не потребляют энергии.

**Активными** — сопротивления, непрерывно потребляющие энергию.

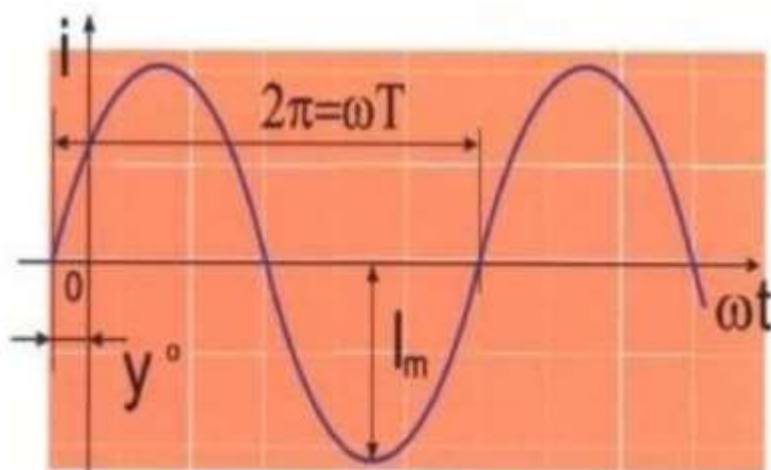
Рис. Проводник с током, идущим от нас и образовавшееся магнитное поле.

Пунктирными линиями показано магнитное поле, сцепленное с проводником.

Области сечения проводника, расположенные ближе к поверхности, пересекаются меньшим числом линий в единицу времени, чем области, расположенные ближе к центру. В результате ЭДС самоиндукции оказывается больше в областях, расположенных ближе к центру. Это приводит к уменьшению плотности тока в указанных областях. Следовательно, ток, проходящий через все сечение, уменьшается, что эквивалентно увеличению сопротивления проводника. На больших частотах неравномерность прохождения тока проявляется очень резко и плотность тока в центральных областях сечения проводника практически равна нулю, т. е. ток проходит только в поверхностном слое. Это явление называют **поверхностным эффектом**.

В цепях переменного тока пассивные элементы делятся на:

- резистивный элемент — активное сопротивление резистора. Обозначается  $R$ ,
- индуктивный элемент — реактивное сопротивление катушки индуктивности. Обозначается  $X_L$ ,
- ёмкостной элемент — реактивное сопротивление конденсатора. Обозначается  $X_C$ .

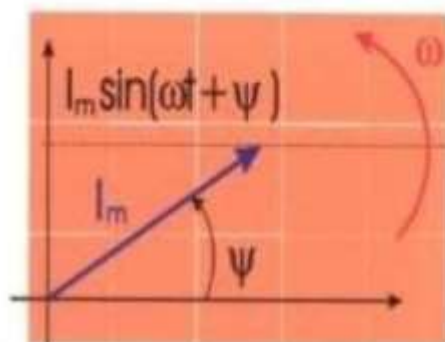


$$U = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

$I_m$  - амплитудное значение  
 $T, c$  - период синусоиды  
 $1/T = f, \Gamma_{ц}$  - циклическая частота  
 $\omega = 2\pi f, 1/c$  - круговая частота  
 $\Psi, \Gamma_{рад(рад)}$  - начальная фаза

Действующее значение тока - это величина постоянного тока, эквивалентного переменному по механическому и тепловому воздействию.

## 2. Представление синусоиды вращающимся вектором



Проекция вращающегося вектора на неподвижную ось изменяется во времени по синусоидальному закону. Каждой синусоиде можно поставить в соответствие вращающийся вектор. Обычно векторные диаграммы строятся для действующих значений.

Положительное направление вращения векторов принято против часовой стрелки!

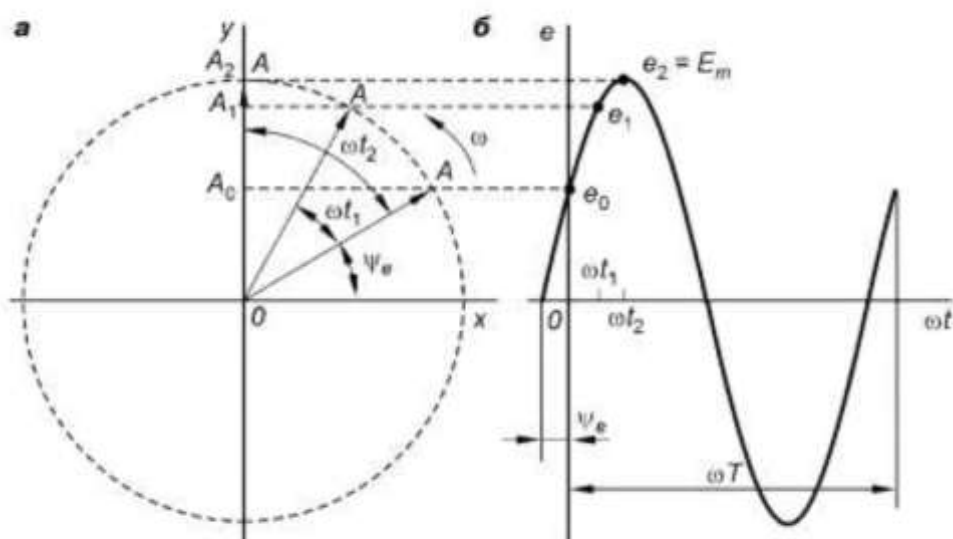


Рис. 2.11

*Векторное изображение синусоидальных ЭДС*

*а — вращающийся вектор; б — кривая изменения его проекции на ось  $OY$ .*

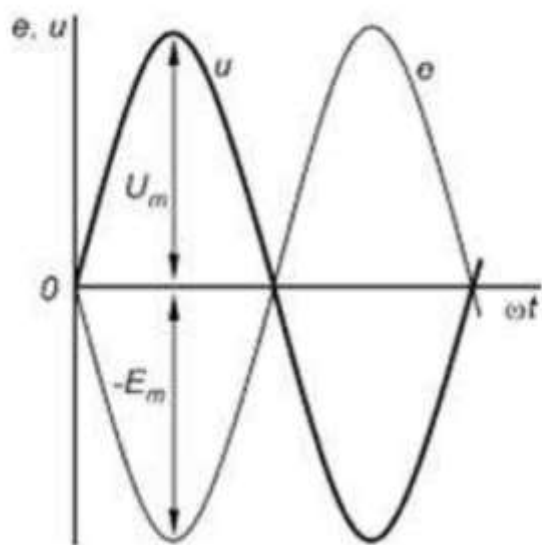


Рис. 2.6  
*Синусоидальные ЭДС и напряжение,  
находящиеся в противофазе*

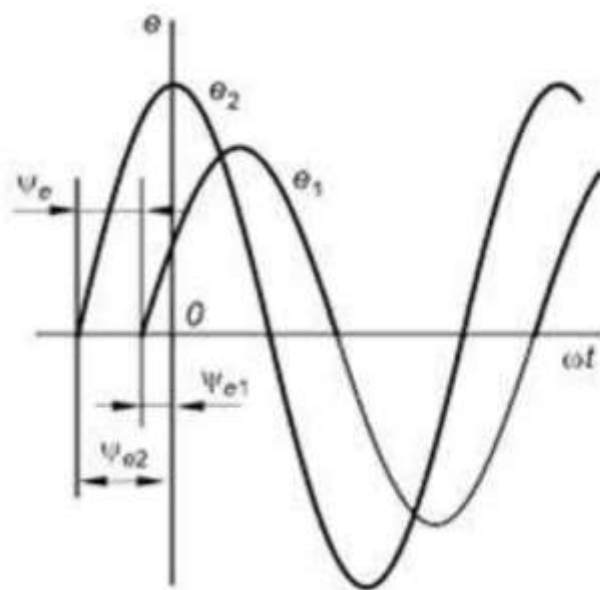


Рис. 2.7  
*Синусоидальные ЭДС,  
не совпадающие по фазе*

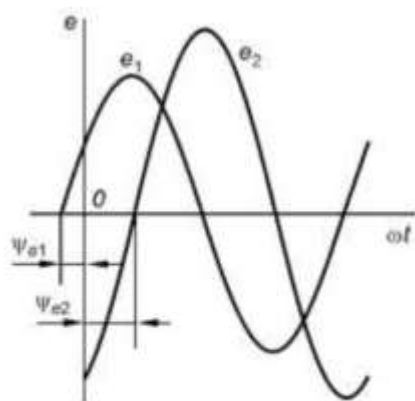


Рис. 2.8  
Синусоидальные ЭДС  
с положительной  
и отрицательной  
начальными фазами

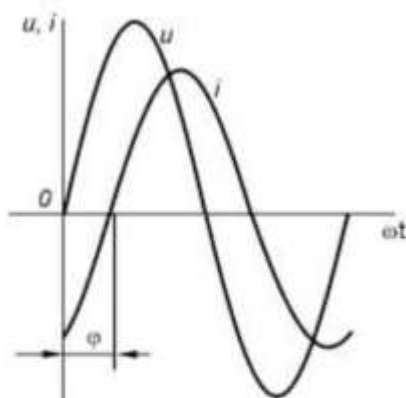


Рис. 2.9  
Синусоидальные  
напряжение и ток,  
сдвинутые по фазе на φ

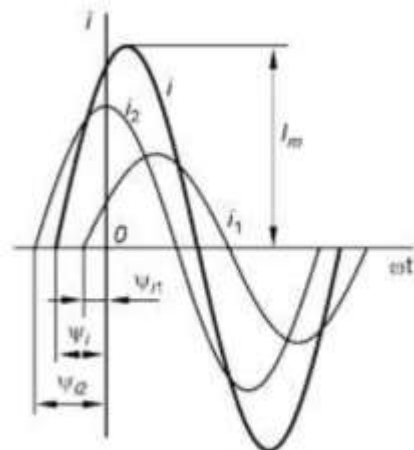


Рис. 2.10  
Графическое сложение  
синусоидальных токов

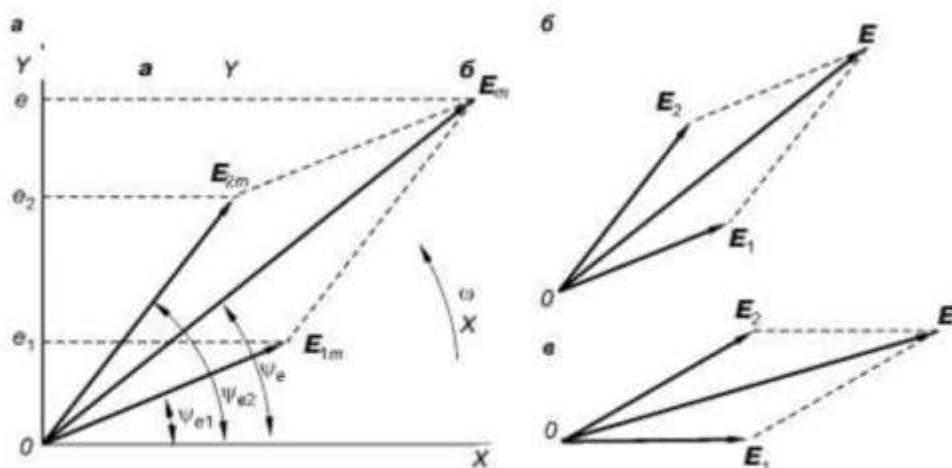


Рис. 2.12  
Геометрическое сложение вращающихся векторов

а — максимальных значений ЭДС; б — действующих значений ЭДС при произвольном расположении векторов; в — действующих значений ЭДС при расположении начального вектора  $E_1$  по горизонтальной линии.