

# ОДНОФАЗНЫЙ СИНУСОИДАЛЬНЫЙ ТОК



# Переменный ток

**Переменный ток**, в отличие от **тока постоянного**, непрерывно изменяется как по величине, так и по направлению, причем изменения эти происходят периодически, т. е. точно повторяются через равные промежутки времени.

Чтобы вызвать в цепи такой ток, используются **источники переменного тока, создающие переменную ЭДС, периодически изменяющуюся по величине и направлению.**

Такие источники называются **генераторами переменного тока.**

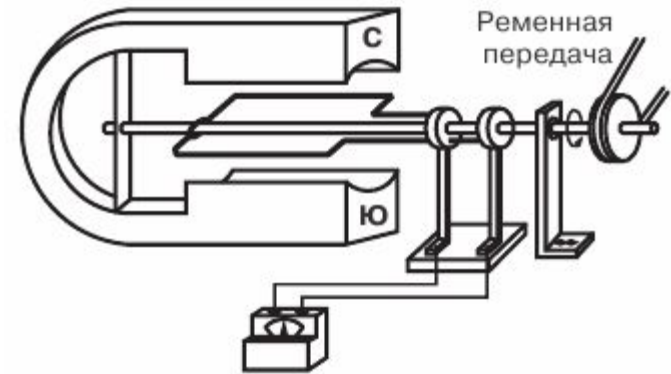
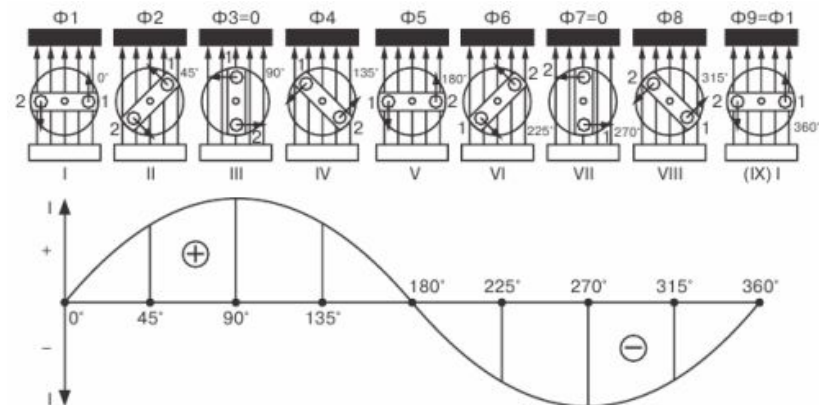
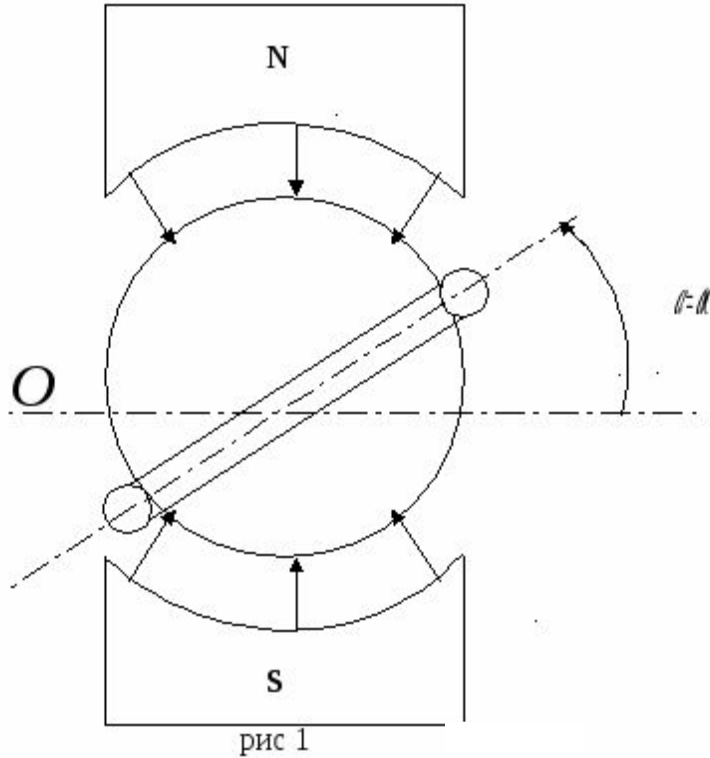


Схема простейшего генератора переменного тока



Построение графика переменной ЭДС

# Параметры переменного тока

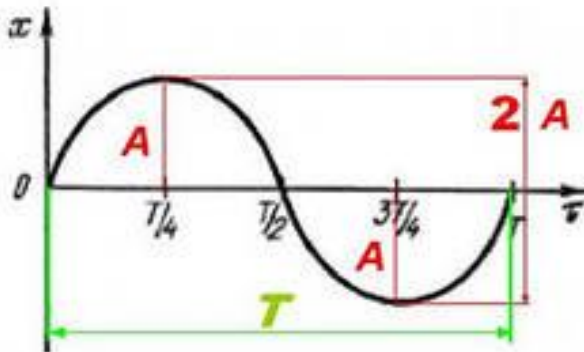


$$\alpha = \omega t$$

$\alpha$  – угол между плоскостью катушки генератора и нейтральной плоскостью  $OO'$

# Общие сведения

- Цепями переменного синусоидального тока называют электрические цепи, в которых ЭДС, напряжения и токи изменяются во времени по синусоидальному закону



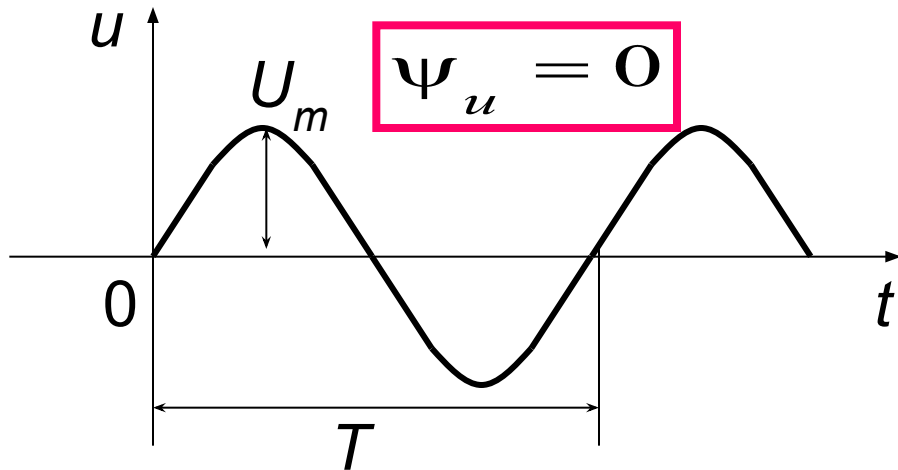
$$i = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

# Периодические синусоидальные $u, i, e$

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u); \quad i = I_m \sin(\omega t + \psi_i);$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \psi_e)$$

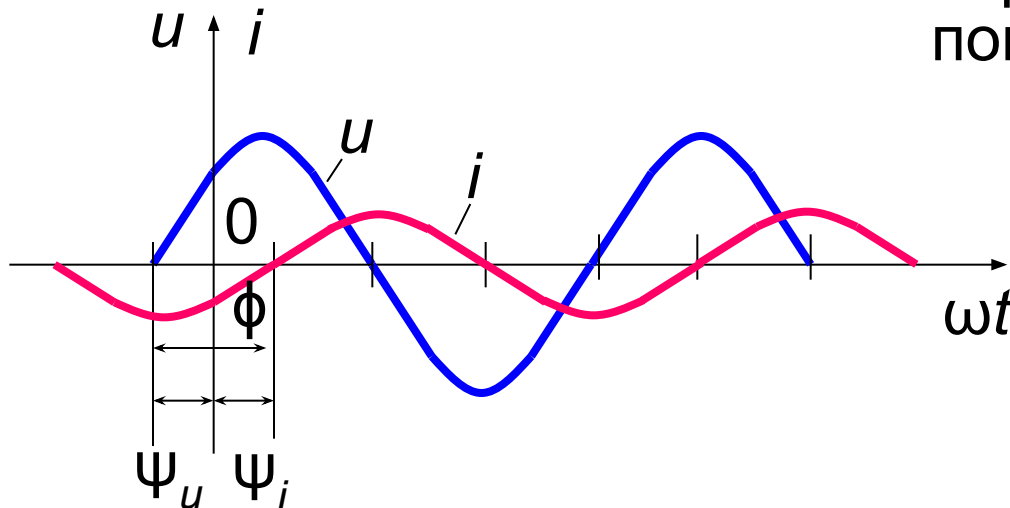
$$\omega = 2\pi f$$



[рад/с] – круговая или угловая частота

$U_m, I_m, E_m$  – максимальные значения или амплитуда синусоиды;

$T$  – период т. е. интервал, через который процесс повторяется.



$$f = 1/T$$

[Гц] герц – циклическая частота синусоиды

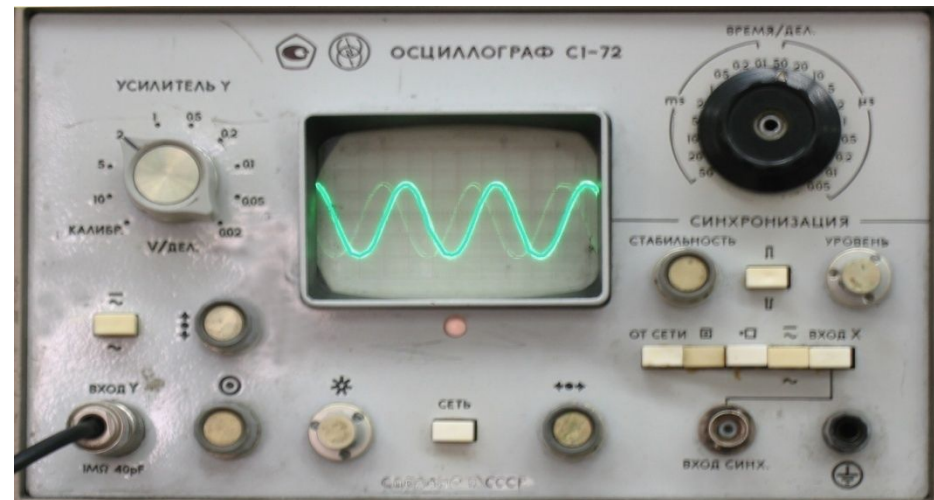
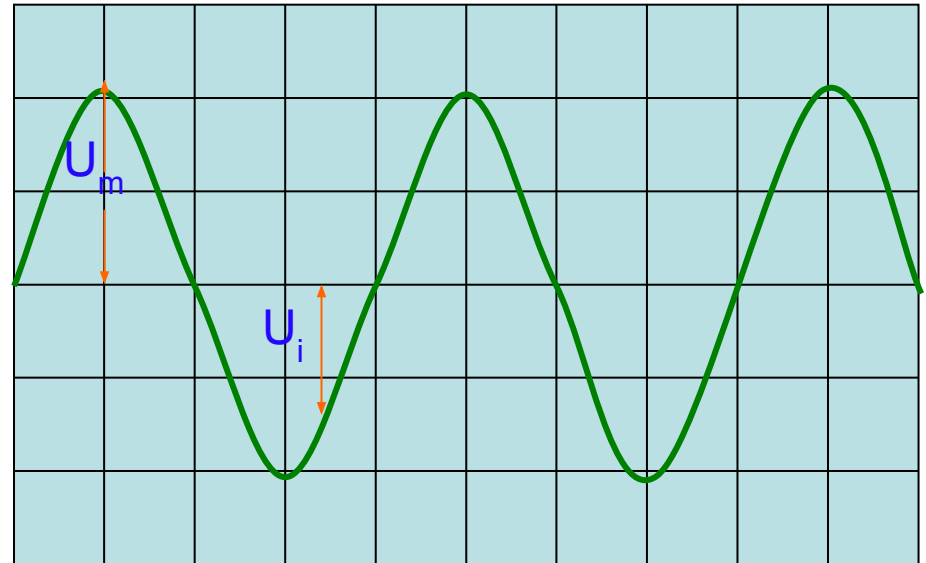
# Параметры напряжения переменного тока

Переменное напряжение имеет синусоидальную форму.

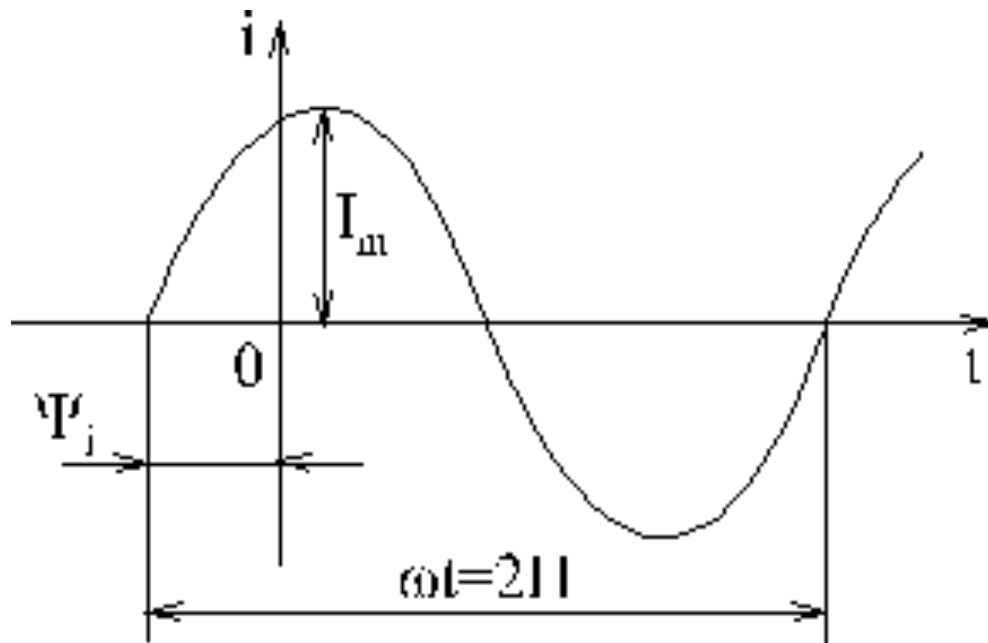
$$U(t) = U_m \cdot \text{Sin}(\omega \cdot t + \varphi)$$

**Амплитуда  $U_m$**  – наибольшее мгновенное значение напряжения за интервал наблюдения или за период.

**Мгновенные значения напряжения  $u(t)$**  наблюдают на экране осциллографа, дисплее компьютера и определяют для каждого момента времени.



# Параметры переменного тока



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

- $i$  — мгновенное значение тока,  
 $I_m$  — его амплитуда,  $\omega$  — угловая частота,  $\psi$  — начальная фаза

# Параметры переменного тока

- **Мгновенное значение тока  $i$**   
(напряжения  $u$ , э.д.с.  $e$ ) – значение в любой момент времени
- **Амплитудное значение тока  $I_m$  ( $U_m, E_m$ )** – максимальное амплитудное значение



# Параметры переменного тока

- Период  $T$  – промежуток времени, в течение которого ток совершает полное колебание и принимает прежнее по величине и знаку мгновенное значение.

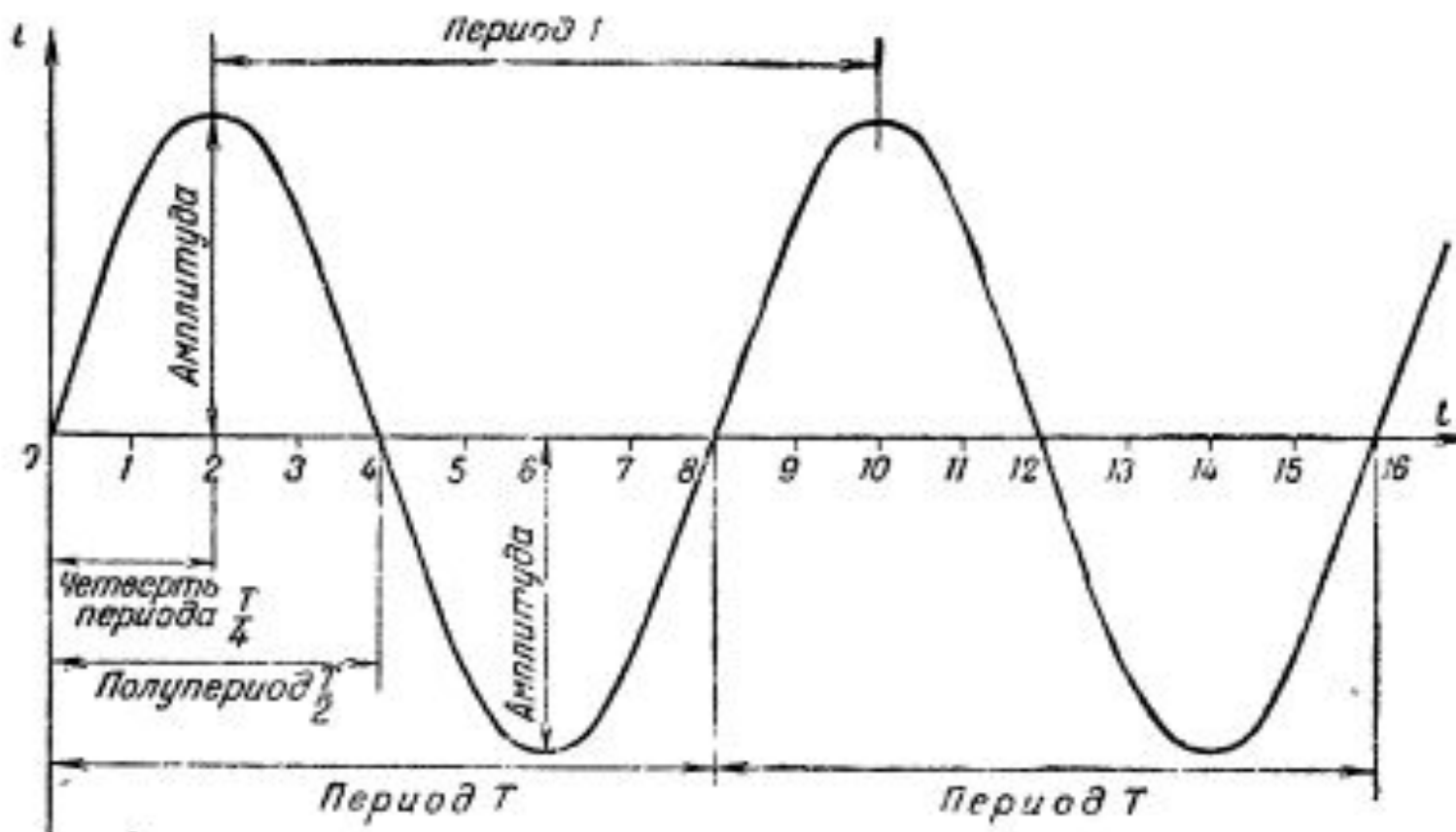
Единицы измерения: - секунда (с);

- миллисекунда (мс);

- микросекунда (мкс)

# Параметры переменного тока

## Амплитуда и период



# Параметры переменного тока

- Угловая частота  $\omega$  – характеризует скорость вращения катушки генератора в магнитном поле

$$\omega = 2\pi/T$$

Единицы измерения: рад/с

# Параметры переменного тока

- Циклическая частота  $f$  – величина, обратная периоду  $T$ , характеризует число полных колебаний тока за 1 с

$$f = 1/T$$

Единицы измерения: Герц (Гц)

# Параметры переменного тока

Исходя из

$$\omega = 2\pi/T \text{ и } f = 1/T$$

получим:

$$\omega = 2\pi f$$

Промышленная частота  $f = 50 \text{ Гц}$ ,  
что соответствует  $\omega = 314 \text{ рад/с}$

# Параметры переменного тока

- Фаза – значение аргумента синусоидальной функции  $(\omega t + \psi_{e1})$  и  $(\omega t + \psi_{e2})$ , рисунки 1, 2

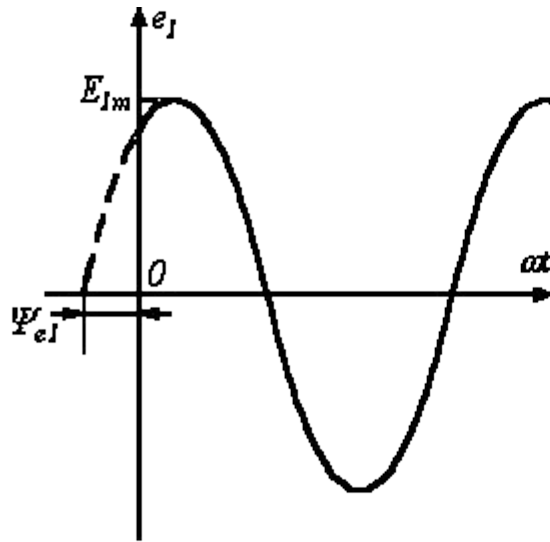


Рис.1

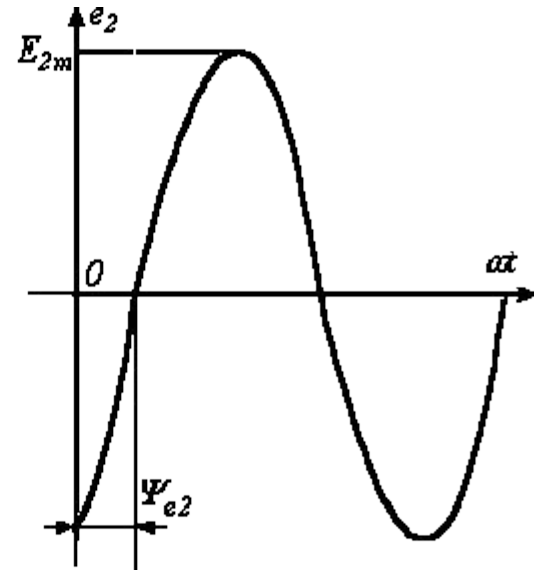


Рис.2

# Параметры переменного тока

- Начальная фаза – значение фазы в начальный момент времени ( $t=0$ )  $\psi_{e1}$  и  $\psi_{e2}$  ( $\psi_{e1} > 0$ ;  $\psi_{e2} < 0$ )

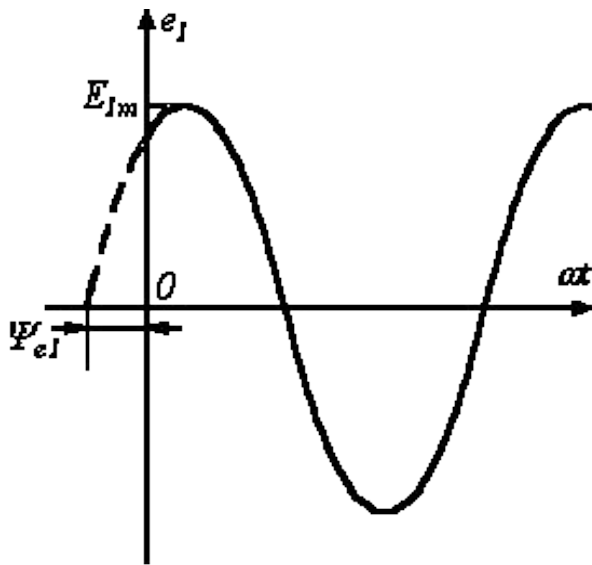


Рис.1

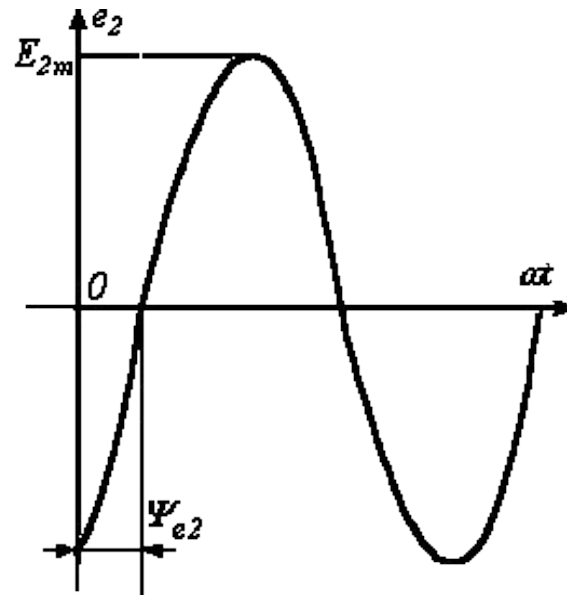


Рис.2

# Параметры переменного тока

- Угол сдвига фаз  $\varphi$  - разность фазовых углов, равная разности начальных фаз двух синусоидальных величин одной частоты

Для синусоидальных ЭДС  $e_1$  и  $e_2$  (рисунки 1 и 2) угол сдвига фаз:

$$\varphi = (\omega t + \psi_{e1}) - (\omega t + \psi_{e2}) = \psi_{e1} - \psi_{e2}$$

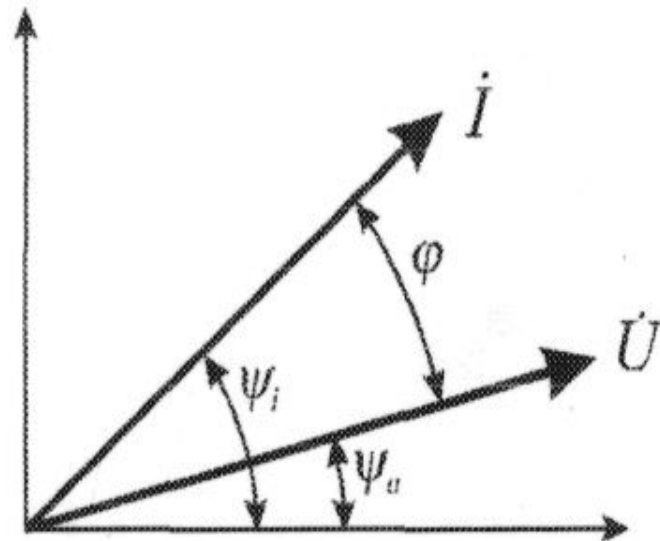
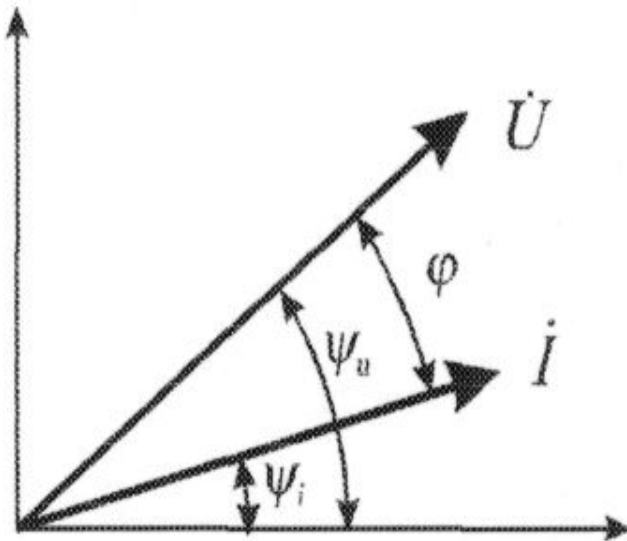


# Векторная диаграмма

- **Векторная диаграмма** – это совокупность векторов, соответствующих нулевому моменту времени, изображающих синусоидальные ЭДС, напряжение и ток одинаковой частоты

# Векторная диаграмма

Примеры векторных диаграмм токов и напряжений и напряжений



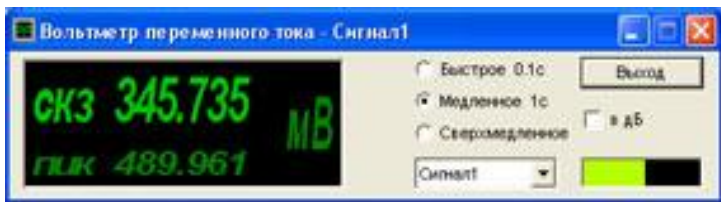
# Метод построения векторных диаграмм позволяет:

- - значительно упростить действия над синусоидальными величинами;
- - наглядно показать начальные фазы синусоидальных величин и сдвиг фаз между ними;

# Метод построения векторных диаграмм позволяет:

- - сложение и вычитание мгновенных значений величин можно заменить сложением и вычитанием векторов;
- - длины векторов соответствуют действующим значениям тока, напряжения и ЭДС

# Среднеквадратическое и средневыпрямленное значение напряжения



Переменное напряжение характеризуется несколькими параметрами и его уровень можно определить по амплитудному,

среднеквадратическому, среднему или средневыпрямленному значениям. Определим некоторые характеристики и параметры напряжения переменного тока.

*Среднее квадратическое* (действующее) значение напряжения есть корень квадратный из среднего квадрата его мгновенного значения за время измерения (за период):

$$U_{CK} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$$

$$U_{CK} = 0.707 \cdot U_m$$

*Средневыпрямленное* напряжение определяется как среднее арифметическое абсолютных мгновенных значений за период:

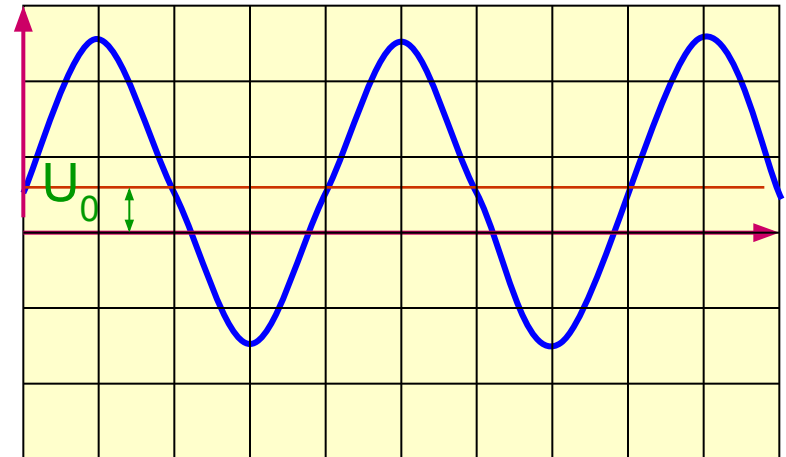
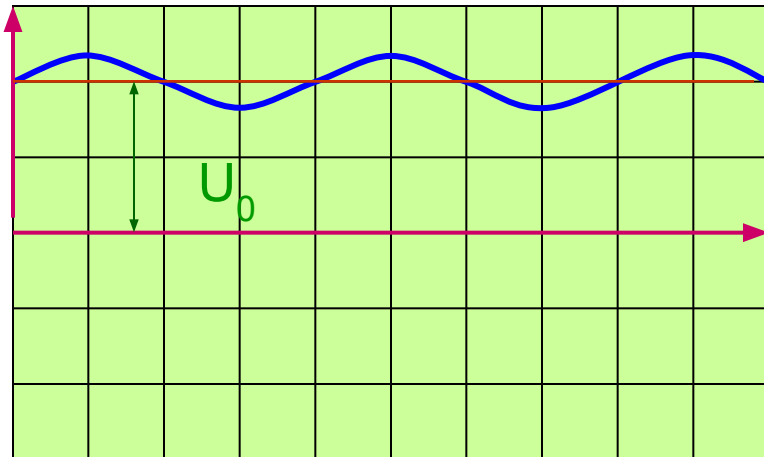
$$U_{CB} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt$$

$$U_{CB} = 0.636 \cdot U_m$$

# Постоянная составляющая переменного напряжения

*Среднее значение* (постоянная составляющая) напряжения равно среднему арифметическому всех мгновенных значений за период. Численно равно алгебраической сумме площадей, образованных кривой сигнала и осью абсцисс.

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt$$



# Действующие значения переменных синусоидальных ЭДС, напряжений и токов $e, u, i$

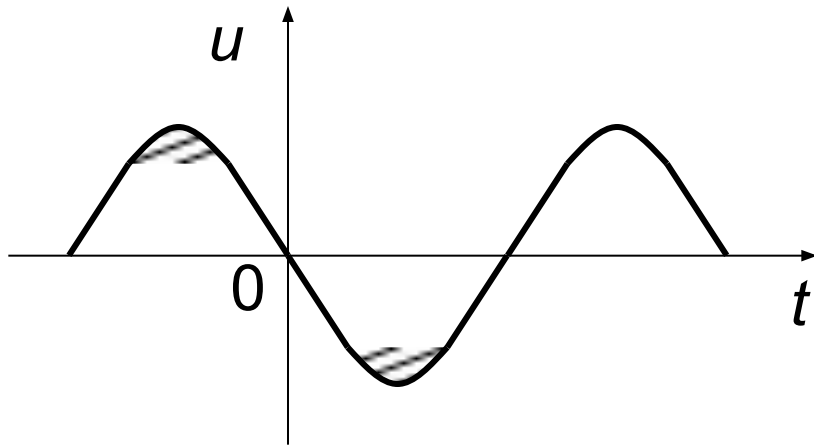
**Действующее** значение переменного тока численно равно величине постоянного тока, эквивалентно данному переменному току по выделяемому теплу и производимой работе.

Математически действующее значение:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} i^2 dt}$$

Действующие значения переменных  $e, u, i$  обозначаются теми же буквами, что и постоянные –  $E, U, I$ .

Для синусоиды:



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

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

Определим амплитуду напряжения в розетке:

$$U = \sqrt{2} \cdot 220 = 308 \text{ (В)}.$$