

Однофазные электрические цепи переменного тока. Переменный электрический ток.

Электрический ток, который через определенные промежутки времени изменяется по величине и направлению, называется **переменным током**. На практике главным образом используется переменный ток, изменяющийся с течением времени по синусоидальному закону – **синусоидальный (периодический) переменный ток**.

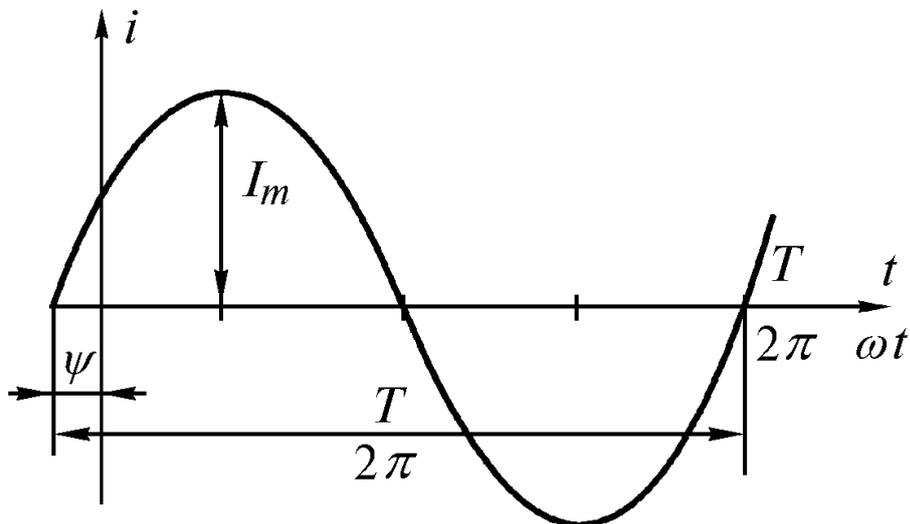


Рисунок 1 – Временная диаграмма синусоидального переменного тока

Основные параметры переменного тока.

Текущие значения i , соответствующие различным моментам времени, называются **мгновенными значениями i** .

Значение I_m – максимальное значение тока, называется **амплитудным значением** или **амплитудой**.

Мгновенные значения переменных величин, изменяющихся по синусоидальному закону, определяются по формулам

$$E = E_m \sin(\omega t + \psi_e); u = U_m \sin(\omega t + \psi_u); I = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$$

Полный цикл изменения значений ЭДС или тока происходит за время T (рис. 1), которое называется **периодом**. **Период** – это интервал времени между значениями, находящимися в одной фазе.

Фазой называется переменный угол $\alpha = \omega t$. Фазами ЭДС и тока являются аргументы синуса $\omega t + \psi_e$ и $\omega t + \psi_i$. Величины ψ_e и ψ_i , определяющие значение ЭДС и тока в начальный момент времени ($t = 0$), называются **начальными фазами** ЭДС и тока. На рисунке 1 приведен график синусоидального тока с начальной фазой ψ .

Количество циклов в течение секунды называется **частотой** переменной ЭДС или переменного тока и определяется выражением

$$f = \frac{1}{T}$$

Частота измеряется в единицах в секунду (c^{-1}) и выражается в герцах (Гц). Изменение величины угла поворота в течение 1 с называется **угловой (циклической) частотой** переменного тока и обозначается греческой буквой ω . Угловая частота измеряется в радианах и определяется выражением

$$\omega = 2\pi f$$

Действующее значение переменного тока соответствует значению постоянного тока, который за время одного периода оказывает такое же тепловое

(механическое и др.) действие, как и данный переменный ток. Действующие значения переменных ЭДС, напряжения и тока обозначаются соответственно буквами E , U и I , точно так же, как и в цепях постоянного тока.

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

Аналогично получаются выражения

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Помимо действующих ЭДС и токов рассматриваются и **средние значения** этих величин. Для синусоидальных ЭДС, токов и напряжений среднее значение за полный период равно нулю, так как площади отрицательных и положительных полувольт синусоид равны по величине и различны по знаку.

Для периодических величин, кривые которых симметричны относительно оси времени, принято определять среднее значение за положительный полупериод.

Графическое изображение переменных величин

На рисунке 2 приведен график изменения синусоидального напряжения и тока с мгновенными значениями

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

$$u = U_m \cdot \sin(\omega t - \psi_u)$$

имеющих разные начальные фазы, следовательно, между ними будет иметь место сдвиг по фазе. Как видно из графика, ток опережает напряжение на угол сдвига φ .

$$\varphi = \psi_i - \psi_u$$

Заменим графики ЭДС и тока векторами.

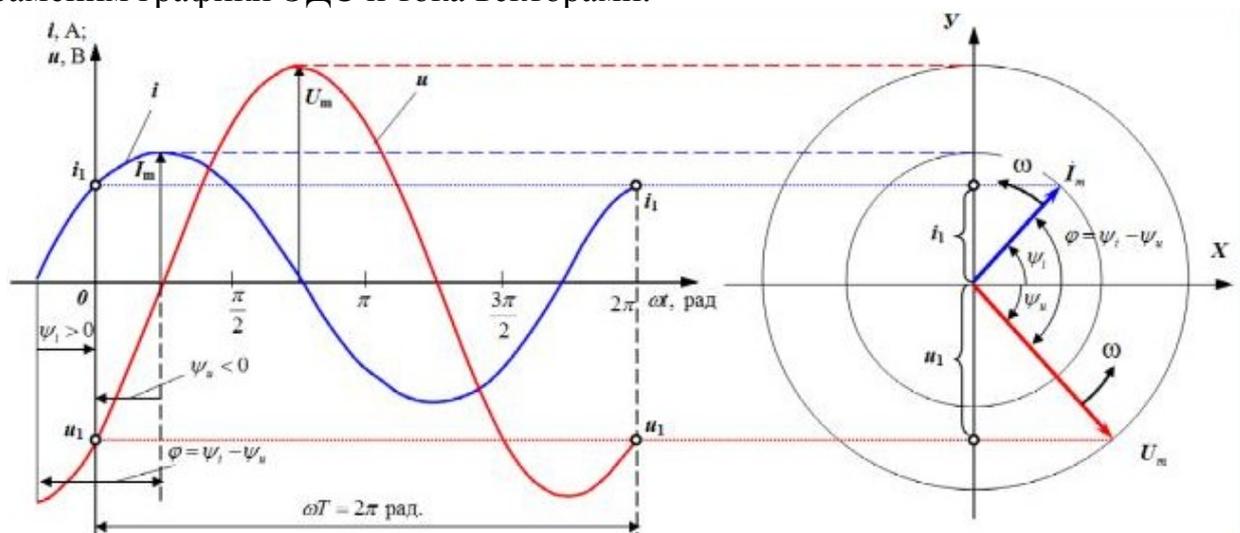


Рисунок 2 – Соответствие синусоидальных функций и вращающихся векторов
Результат произведенной замены приведен на рисунке 2.

Векторная диаграмма напряжения и тока - это графическое изображение переменных напряжения и тока, которое называется векторной диаграммой. Векторная диаграмма необходима для сложения и вычитания синусоидальных сигналов. Для аналитических расчетов применяются два метода: символический в комплексной форме и метод разложения на активную и реактивную составляющие.

Символический метод

Символический метод дает возможность заменить действия над векторами алгебраическими. Символический метод состоит в следующем:

- 1) каждый вектор \dot{I} раскладывается на составляющие I' I'' на осях прямоугольной системы координат (рис 3);

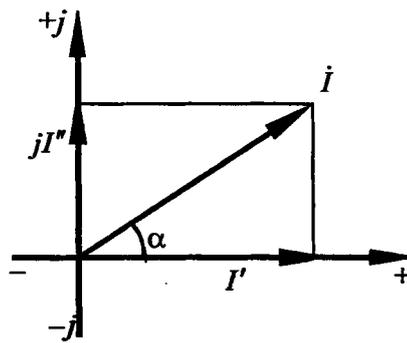


Рисунок 3 Разложение вектора на осях прямоугольной системы координат

- 2) ось абсцисс называют осью действительных значений и обозначают знаками «+» и «-». Ось ординат называют осью мнимых значений. Составляющую вектора на оси мнимых значений обозначают символом j . Поэтому метод называется символическим. Символ $j = \sqrt{-1}$ называется мнимой единицей. Вектор $\dot{I} = I' + jI''$;
- 3) вектор рассматривается как величина комплексная на комплексной плоскости. Поэтому данный метод также называется «методом комплексных величин».

Действующие значения в комплексной в комплексной форме записывают основным буквенным обозначением, над которым ставят точку. Применяют три формы записи комплексных величин:

- 1) алгебраическая форма

$$\dot{I} = I' + jI''$$

- 2) тригонометрическая форма

$$\dot{I} = I(\cos\alpha + j\sin\alpha)$$

- 3) показательная форма

$$\dot{I} = I e^{j\alpha}$$

Последнее вытекает из формулы Эйлера

$$\cos\alpha + j\sin\alpha = e^{j\alpha}$$

Для перехода от одной формы к другой используются соотношения

$$I = \sqrt{I'^2 + I''^2}$$

$$\alpha = \arctg \frac{I''}{I'}$$

где I – модуль комплекса;

α – начальная фаза.