

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ЦЕПИ
ОДНОФАЗНОГО
СИНУСОИДАЛЬНОГО
ТОКА**

Однофазные электрические цепи переменного тока

Большинство потребителей электрической энергии работает на переменном токе. В настоящее время почти вся электрическая энергия вырабатывается в виде энергии переменного тока. Это объясняется преимуществом производства и распределения этой энергии. Переменный ток получают на электростанциях, преобразуя с помощью генераторов механическую энергию в электрическую.

Преимущество переменного тока по сравнению с постоянным:

- возможность с помощью трансформаторов повышать или понижать напряжение,
- с минимальными потерями передавать электрическую энергию на большие расстояния,
- в трехфазных источниках питания получать сразу два напряжения: линейное и фазное.

Кроме того, генераторы и двигатели переменного тока более просты по устройству, надежней в работе и проще в эксплуатации по сравнению с машинами постоянного тока.

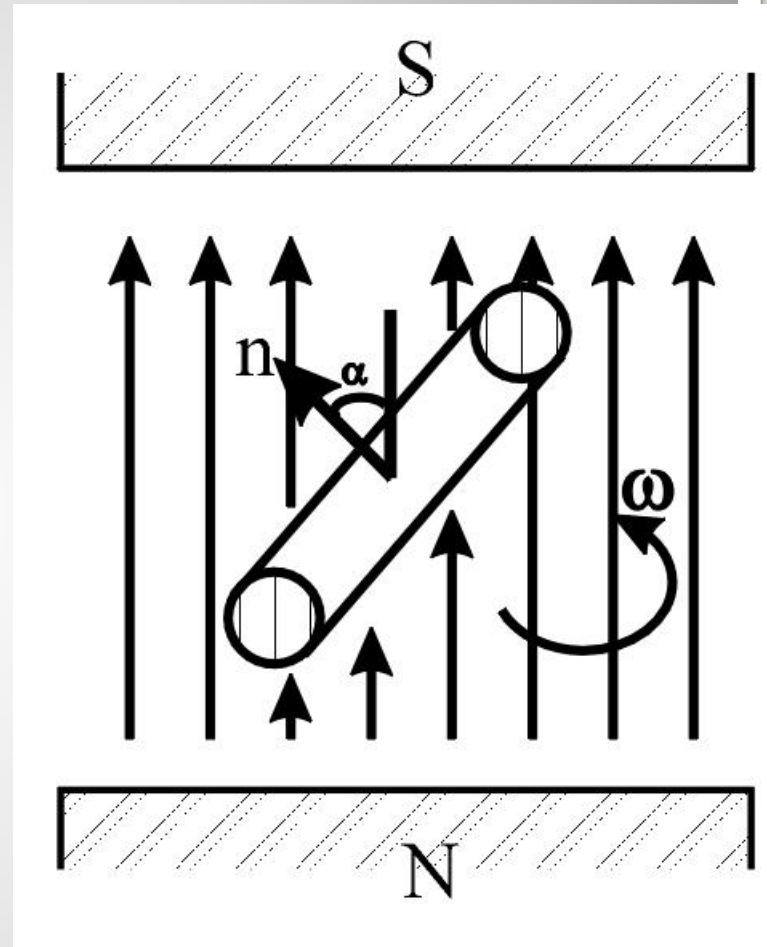
Элементарный генератор синусоидальной ЭДС

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = \Phi_m \cdot \cos \alpha$$

$$\Phi = \Phi_m \cdot \cos(\omega t)$$

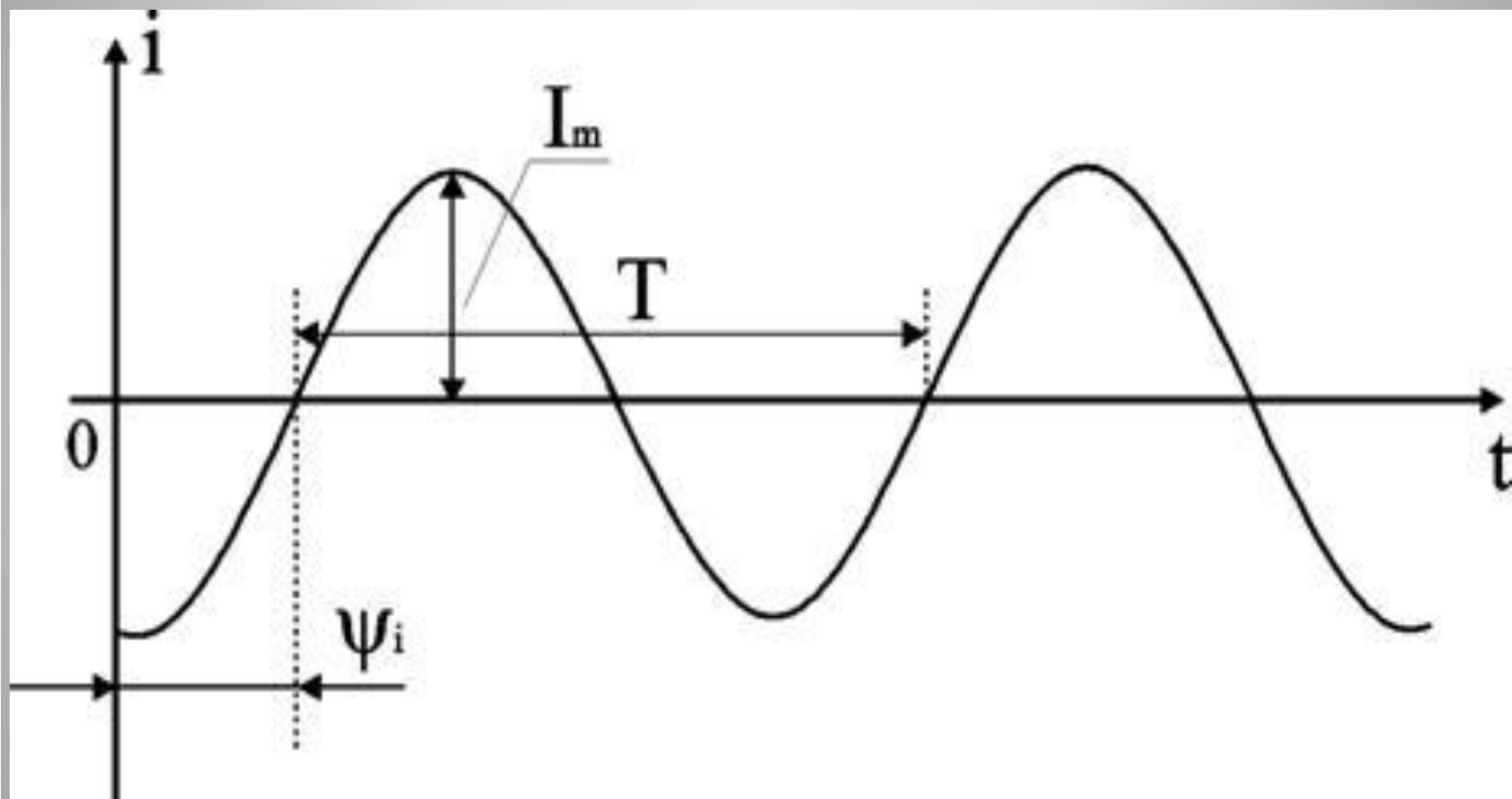
$$e = \omega \Phi_m \sin(\omega t) = E_m \cdot \sin(\omega t)$$



В электрических цепях переменного тока наиболее часто используют синусоидальную форму, характеризующуюся тем, что все токи и напряжения являются синусоидальными функциями времени.

В генераторах переменного тока получают ЭДС, изменяющуюся во времени по закону синуса, и тем самым обеспечивают наиболее выгодный эксплуатационный режим работы электрических установок. Кроме того, синусоидальная форма тока и напряжения позволяет производить точный расчет электрических цепей с использованием метода комплексных чисел и приближенный расчет на основе метода векторных диаграмм. При этом для расчета используются законы Ома и Кирхгофа, но записанные в векторной или комплексной форме.

Основные понятия



Для характеристики синусоидальных величин достаточно трех значений:

1. Максимальное значение;
2. Период (частота);
3. Начальная фаза.

Для тока
$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i), \quad (1)$$

для напряжения
$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \quad (2)$$

для ЭДС
$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_e). \quad (3)$$

В уравнениях обозначено:

I_m, U_m, E_m – максимальное значение тока, напряжения, ЭДС, характеризующее размах электрических величин;

значение в скобках – фаза (полная фаза);

ψ_i, ψ_u, ψ_e – начальная фаза тока, напряжения, ЭДС, зависит от начала отсчета (положительное значение откладывается влево, отрицательное вправо);

ω – циклическая (круговая) частота, $\omega = 2\pi f$;

f – частота колебаний, $f = 1 / T$; T – период.

Для оценки действия переменного тока вводят понятия:

Среднеквадратическое или действующее значение

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

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt} = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Для оценки действия переменного тока вводят понятия:

Среднее значение

$$I_{cp} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m \cdot \sin(\omega t) = \frac{2}{\pi} I_m$$

$$U_{cp} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} U_m \cdot \sin(\omega t) = \frac{2}{\pi} U_m$$

$$E_{cp} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} E_m \cdot \sin(\omega t) = \frac{2}{\pi} E_m$$

**Способы представления
синусоидальных токов,
напряжений, ЭДС**

1. Аналитический способ

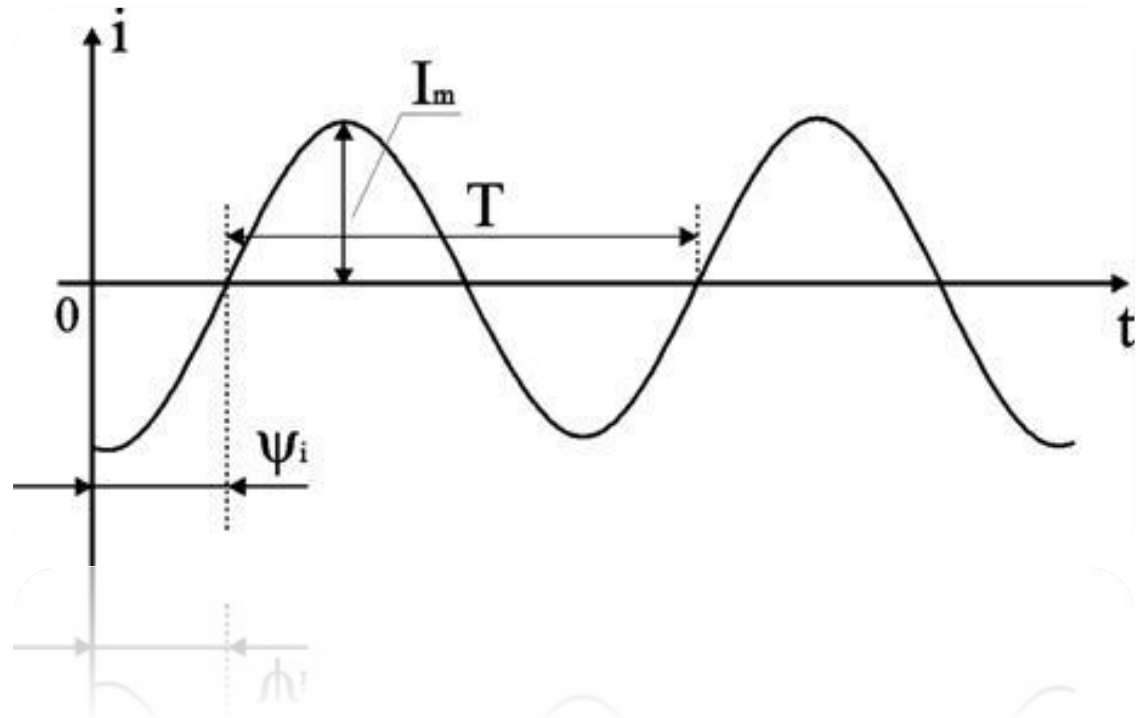
Для тока $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$,
для напряжения $u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$,
для ЭДС $e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_e)$.

Величины i , I_m – измеряются в амперах,
величины U , U_m , e , E_m – в вольтах;
величина T (период) измеряется в секундах (с);
частота f – в герцах (Гц),
циклическая частота ω имеет размерность рад/с.
Значения начальных фаз ψ_i , ψ_u , ψ_e могут
измеряться в радианах или градусах.

2. Временная диаграмма

Временная диаграмма представляет графическое изображение синусоидальной величины в заданном масштабе в зависимости от времени.

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



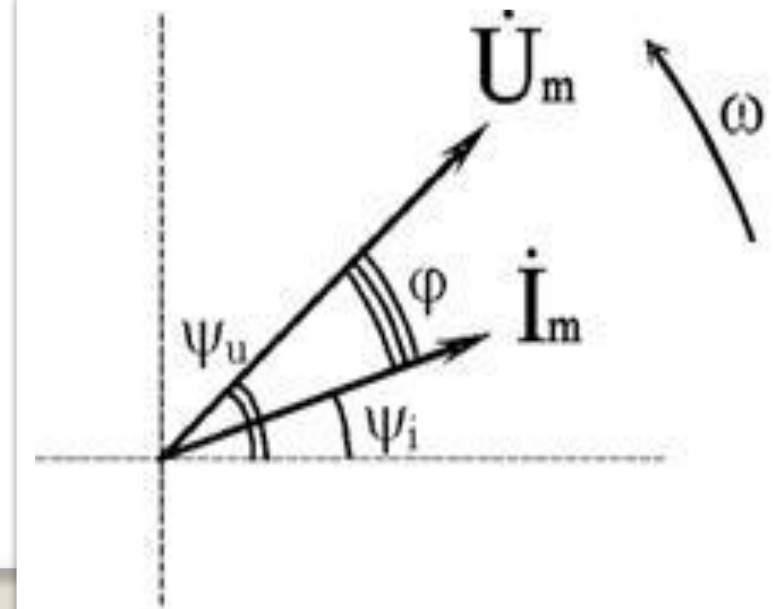
3.Графоаналитический способ

Графически синусоидальные величины изображаются в виде вращающегося вектора. Предполагается вращение против часовой стрелки с частотой вращения ω . Величина вектора в заданном масштабе представляет амплитудное или действующее значение. Проекция на вертикальную ось есть мгновенное значение величины.

Совокупность векторов, изображающих синусоидальные величины (ток, напряжение, ЭДС) одной и той же частоты называют векторной диаграммой.

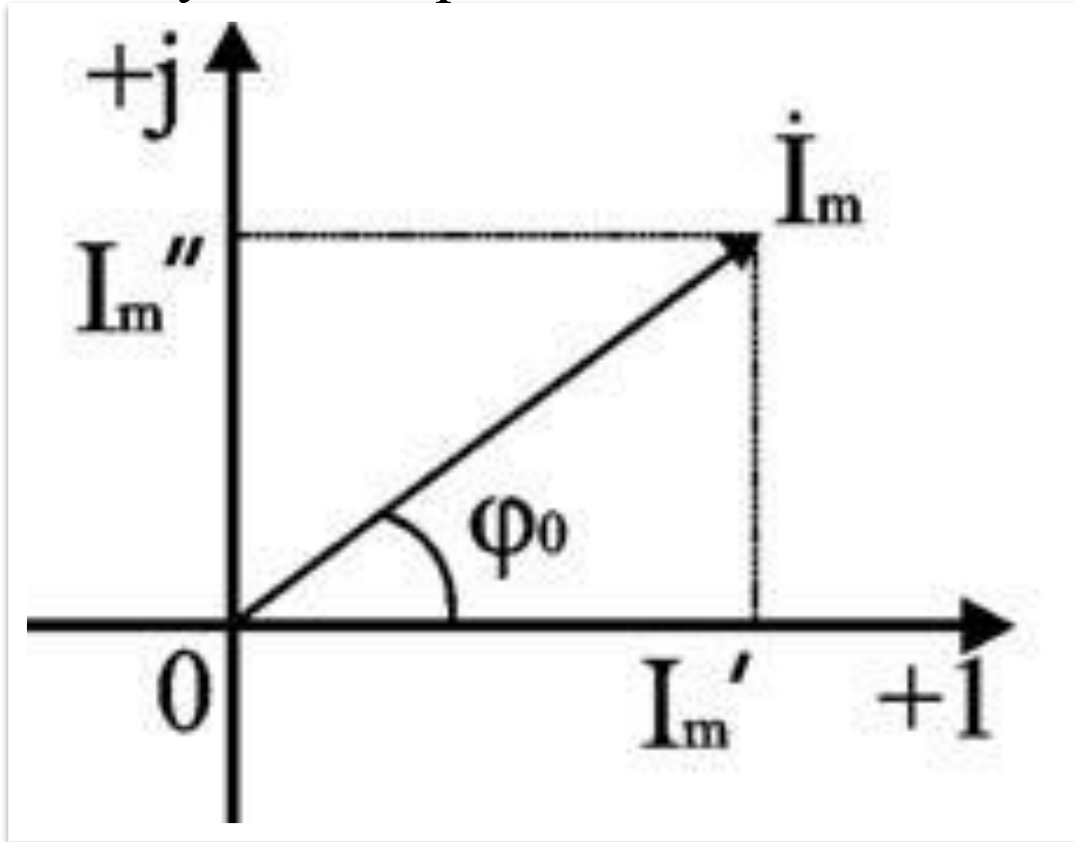
Векторные величины отмечаются точкой над соответствующими переменными. Использование векторных диаграмм позволяет существенно упростить анализ цепей переменного тока, сделать его простым и наглядным.

В основе графоаналитического способа анализа цепей переменного тока лежит построение векторных диаграмм.



4. Комплексный (символический) метод расчета цепей синусоидального тока

Все параметры цепи могут быть представлены в комплексной форме.



$$\dot{I}_m = \underline{I}_m = I_m' + jI_m'' = I_m \cdot e^{j\phi}$$