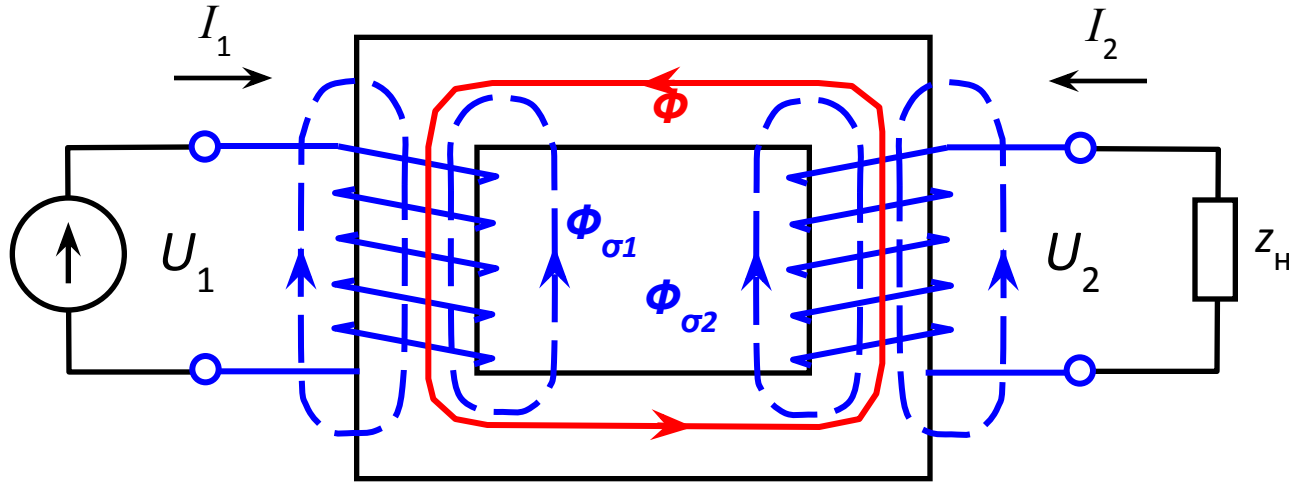


## Уравнения напряжений трансформатора



$$e_1 = \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad e_2 = \omega \cdot w_2 \cdot \Phi_{max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

*ЭДС  $e_1$  и  $e_2$  отстают от магнитного потока  $\Phi$  на угол  $\pi/2$*

$$E_1 = 4,44 \cdot w_1 \cdot f \cdot \Phi_{max} \quad \text{и} \quad E_2 = 4,44 \cdot w_2 \cdot f \cdot \Phi_{max}$$

Тогда действующие значения ЭДС рассеяния

$$\underline{E}_{\sigma 1} = -j \underline{I}_1 X_1 \quad \text{и} \quad \underline{E}_{\sigma 2} = -j \underline{I}_2 X_2$$

## Уравнения напряжений трансформатора

Для первичной цепи трансформатора по второму закону Кирхгофа

$$\underline{U}_1 + \underline{E}_1 + \underline{E}_{\sigma 1} = \underline{I}_1 r_1$$

Выразив  $\underline{E}_{\sigma 1}$  через  $-j \underline{I}_1 X_1$  получим уравнение напряжений для первичной цепи трансформатора

$$\underline{U}_1 = (-\underline{E}_1) + j \underline{I}_1 X_1 + \underline{I}_1 r_1$$

Обычно  $E_1 \gg I_1 X_1$  и  $I_1 r_1$  поэтому с некоторым приближением

можно считать, что  $\underline{U}_1 \approx (-\underline{E}_1)$

## Уравнения напряжений трансформатора

Для вторичной цепи трансформатора, замкнутой на нагрузку  $z_H$ , по второму закону Кирхгофа получим:

$$\underline{E}_2 + \underline{E}_{\sigma 2} = \underline{I}_2 r_2 + \underline{I}_2 z_H$$

Выразим  $\underline{E}_{\sigma 2}$  через  $-j \underline{I}_2 x_2$  и приведем уравнение к виду, аналогичному уравнению для первичной цепи.

Получим уравнение напряжений для вторичной цепи трансформатора:

$$\underline{U}_2 = \underline{E}_2 - j \underline{I}_2 x_2 - \underline{I}_2 r_2$$

## Уравнения магнитодвижущих сил и токов

В режиме холостого хода  $I_2 = 0$   $I_1 = I_0$ , где  $I_0$  - ток холостого хода

Принимая во внимание, что  $U_1 \approx (-E_1)$  получим  $\Phi_{max} \approx \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot w_1}$ .

Отсюда следует, что основной магнитный поток не зависит от нагрузки трансформатора

уравнение МДС трансформатора:

$$I_0 w_1 = I_1 w_1 + I_2 w_2$$

Сумма МДС первичной  $I_1 w_1$  и вторичной  $I_2 w_2$  обмоток в режиме работы трансформатора под нагрузкой равна МДС холостого хода  $I_0 w_1$ , необходимой для наведения в магнитопроводе основного магнитного потока  $\Phi_{max}$ .

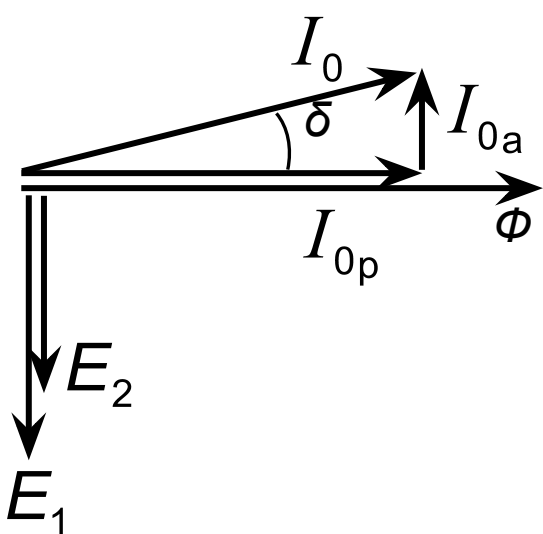
## Уравнения магнитодвижущих сил и токов

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_0 + (-\vec{I}_2) \quad \text{Уравнение токов трансформатора}$$

$$\vec{I}'_2 = \vec{I}_2 \frac{W_2}{W_1} \quad \text{- ток вторичной обмотки, приведенный к числу витков первичной обмотки}$$

Мощность магнитных потерь эквивалентна активной составляющей тока холостого хода

Т. о. ток холостого хода имеет *две составляющих*:



$$I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2}$$

$I_{0a}$  - активная составляющая обусловленная магнитными потерями;

$I_{0p}$  - реактивная составляющая – намагничивающий ток;

$\delta$  - угол магнитных потерь.

## Уравнения магнитодвижущих сил и токов

Ток холостого хода  $I_0$  в силовых трансформатора большой и средней мощности составляет 2 -10 % от номинального тока  $I_H$

Поэтому при нагрузках, близких к номинальной, пренебрегая током холостого хода  $I_0$ , получим:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

*Токи в обмотках трансформатора обратно пропорциональны числам витков в обмотках*