

Холостой ход трансформатора.

Под холостым ходом трансформатора понимается режим его работы при разомкнутой вторичной обмотке. В этих условиях трансформатор со стороны первичной обмотки во всем подобен катушке со стальным сердечником.

Обратимся к рис.7.2, где схематически изображен однофазный трансформатор. Здесь первичная обмотка с числом витков w_1 и вторичная обмотка с числом витков w_2 расположены для наглядности на разных стержнях.

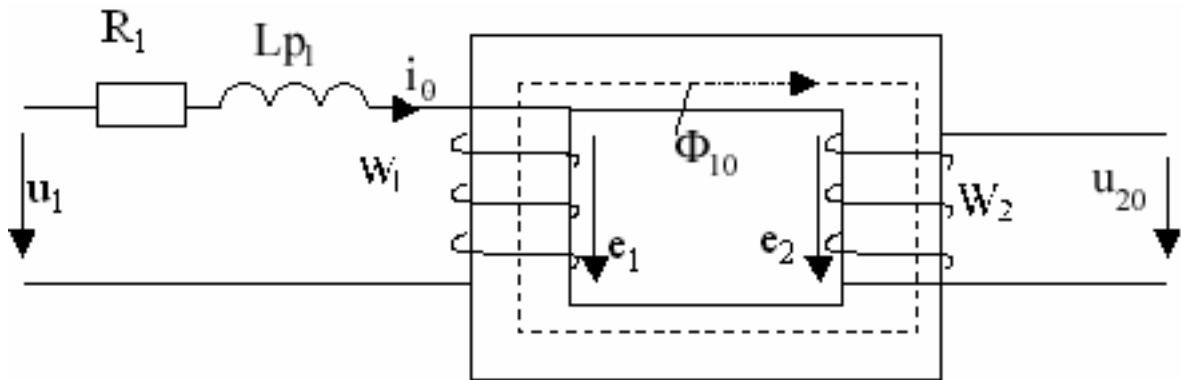


Рис.2.

Пусть к первичной обмотке при разомкнутой вторичной подведено напряжение u_1 . По первичной обмотке будет протекать ток i_0 . В трансформаторе возникнет магнитное поле, которое будет создаваться намагничивающей силой (н.с.) $i_0 w_1$ первичной обмотки.

В этом случае уравнение электрическое состояние первичной обмотки ничем не будет отличаться от такого же уравнения для катушки со стальным сердечником.

Основной магнитный поток Φ_{10} сцепляется со всеми витками первичной и вторичной обмоток и индуцирует в них э.д.с., действующее значение которых, как было показано ранее равно

$$E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \Phi_{10 \max} ;$$

$$E_2 = 4,44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \Phi_{10 \max} ;$$

Напряжение на первичной обмотке трансформатора в символической форме

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_{10} \cdot R_1 + \dot{I}_{10} \cdot j\omega L_{p1} \text{ где}$$

$\dot{I}_{10} \cdot R_1$ - активное падение напряжения в первичной обмотке,

$\dot{I}_{10} \cdot j\omega L_{p1}$ -падение напряжения на индуктивном сопротивлении первичной обмотки, обусловленном потоком рассеивания от тока I_{10} .

Ток холостого хода составляет лишь 3-10% номинального первичного тока, поэтому при холостом ходе трансформатора первичное напряжение практически уравнивается э.д.с., индуцируемой в первичной обмотке.

$$\dot{U}_1 \approx \dot{E}_1,$$

а т.к. во вторичной обмотке при холостом ходе ток равен нулю, то

$$\dot{U}_{20} = \dot{E}_2$$

Следовательно можем записать

$$\frac{U_{10}}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = K.$$

Отношение напряжений при холостом ходе трансформатора называется коэффициентом трансформации. Обычно берется отношение высшего напряжения к низшему. Если при холостом ходе трансформатора к его первичной обмотке подведено номинальное напряжение $U_{1н}$, указанное на щитке трансформатора, то на зажимах вторичной обмотки должно получиться вторичное номинальное напряжение $U_{20} = U_{2н}$.

Вследствие перемагничивания стали сердечника в нем возникают магнитные потери, т. е. потери от гистерезиса и вихревых токов. Можно считать, что мощность P_0 , потребляемая трансформатором при холостом ходе и напряжении $U_1 = U_{1н}$, идет только на покрытие магнитных потерь P_c , так как при этом электрические потери $I_{10}^2 \cdot R_1$ практически ничтожны. Следовательно, ток холостого хода I_{10} наряду с реактивной составляющей I_{10p} имеет активную составляющую I_{10a} , т. е.

$$I_{10} = \sqrt{I_{10p}^2 + I_{10a}^2}$$

Реактивная составляющая I_{0p} , которую называют также намагничивающим током, идет на создание магнитного поля в сердечнике трансформатора.

Опыт холостого хода (XX) проводится для определения коэффициента трансформации K , потерь в стали и параметров ветви XX R_0 и X_M . Опыт XX проводится по схеме, приведенной на рис.7.3 при номинальном напряжении на первичной обмотке $U_1 = U_{1н}$, установленном с помощью регулятора напряжения РН. При этом измеряется напряжение на вторичной обмотке U_{2x} , ток первичной обмотки I_{1x} и мощность (активная), потребляемая первичной цепью трансформатора P_{1x} .

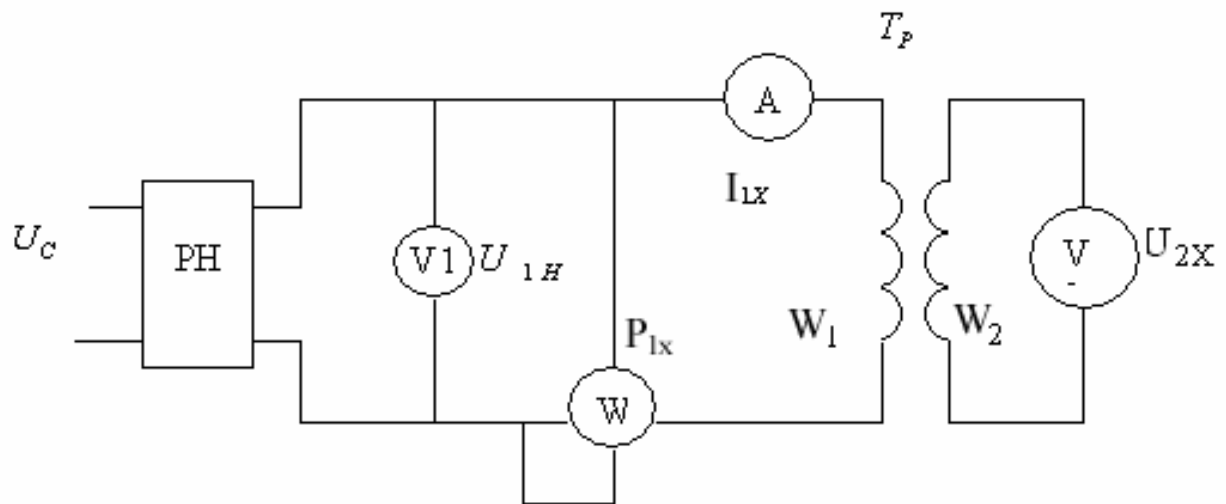


Рис.3

Как уже ранее отмечалось, в режиме XX $I_{1x} \ll I_{1H}$, $P_{1x} = P_{cm}$, $U_1 \approx E_1$.

По данным опыта определяют

$$K = \frac{U_{1H}}{U_{2x}} = \frac{E_1}{E_2} \text{ - коэффициент трансформации,}$$

$$R_0 = \frac{P_{1x}}{I_{1x}^2} \text{ - активное сопротивление ветви XX,}$$

$$\cos \varphi_{1x} = \frac{P_{1x}}{U_{1H} \cdot I_{1x}} \text{ - фазовый сдвиг между напряжением и током в режиме XX,}$$

$$\delta = 90^\circ - \varphi_{1x} \text{ - угол потерь,}$$

$$Z_0 = \frac{U_{1H}}{I_{1x}} \text{ - полное сопротивление ветви XX,}$$

$$X_M = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} \text{ - реактивное сопротивление ветви XX.}$$