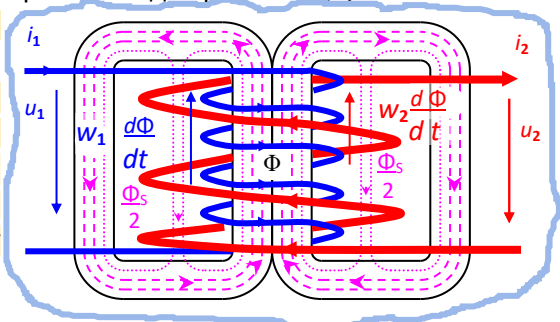


## 45 Режим холостого хода трансформатора

Работа трансформаторов основана на явлении электромагнитной индукции. Рассмотрим её на примере однофазного двухобмоточного трансформатора. Первичная обмотка трансформатора, имеющая  $w_1$  витков, подключается к источнику синусоидального напряжения  $u_1$ . К вторичной обмотке с числом витков  $w_2$  присоединяют нагрузку с сопротивлением  $Z_H$ .



Начало и конец обмотки высшего напряжения (ВН) обозначают буквами А и Х, обмотки низшего напряжения (НН) – буквами а и х. Первичная и вторичная обмотки однофазного трансформатора не имеют электрической связи друг с другом, и мощность из одной обмотки в другую передается электромагнитным путём.

При подключении первичной обмотки  $w_1$  к питающей сети переменного тока промышленной частоты напряжением  $u_1$  по ней протекает ток холостого хода  $i_0$ . Магнитодвижущая сила  $w_1 i_0$ , положительное направление которой на рисунке, по правилу буравчика, вверх, создаёт переменное магнитное поле.

Основная часть силовых линий магнитного поля проходит по магнитопроводу, охватывая витки как первичной, так и вторичной обмоток, и образуя магнитный поток связи  $\Phi$ . Небольшая часть силовых линий магнитного поля частично или полностью проходит по воздуху и немагнитным материалам проводов, образуя магнитный поток рассеяния  $\Phi_s$ , который в сотни раз меньше потока связи (его силовые линии показаны пунктиром).

Пульсации магнитного потока связи  $\Phi$  индуцируют в витках первичной обмотки электродвижущую силу самоиндукции  $e_1 = -w_1 d\Phi/dt$ . Знак «-» показывает, что когда магнитный поток нарастает ( $d\Phi/dt > 0$ ) ЭДС самоиндукции направлена навстречу создающему его току, это учтено в направлении стрелки на схеме замещения. Во вторичной обмотке индуцируется ЭДС  $e_2 = -w_2 d\Phi/dt$  такого же направления, как и в первичной, знак «-» показывает, что в рассматриваемый момент она направлена от конца обмотки к началу. В

материале сердечника также индуцируются электродвижущие силы, под действием которых протекают вихревые токи, нагревающие сердечник.

**Принцип действия.** При подключении к сети переменного тока первичной обмотки в ней возникает ток, который создает переменный магнитный поток. Большая часть этого потока замыкается по ферромагнитному сердечнику и пронизывает как первичную, так и вторичную обмотки. Эта часть потока называется **основным потоком  $\Phi$**  (на рисунке показан штриховыми линиями).

Меньшая часть потока первичной обмотки замыкается вокруг неё по воздуху и не проникает в сердечник. Этот поток называется **потокотом рассеяния  $\Phi_s$**  (на рисунке показан пунктирной линией).

Основной поток  $\Phi$ , пронизывая первичную и вторичную обмотки, индуцирует в них переменные ЭДС –  $e_1$  и  $e_2$ , пропорциональные, согласно закону электромагнитной индукции, числу витков  $w_1$  и  $w_2$  соответствующей обмотки и скорости изменения потока  $d\Phi/dt$ . Таким образом, мгновенные значения ЭДС, индуцированные в каждой обмотке,

$$e_1 = -w_1 d\Phi/dt;$$

$$e_2 = -w_2 d\Phi/dt.$$

При синусоидальном изменении этого потока для действующих значений этих ЭДС можно записать следующие выражения:

$$E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_M = 4,44 f w_1 B_M Q_c; \quad (4,44 \approx \pi\sqrt{2})$$

$$E_2 = 4,44 f w_2 \Phi_M = 4,44 f w_2 B_M Q_c,$$

где  $f$  – частота тока в сети;

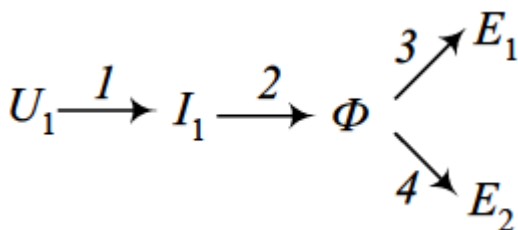
$w_1$  и  $w_2$  – число витков в первичной и вторичной обмотках;

$\Phi_M$  – амплитудное значение основного магнитного потока в сердечнике;

$B_M$  – амплитудное значение индукции в сердечнике магнитопровода;

$Q_c$  – площадь поперечного сечения сердечника.

Обмотка, подключенная к сети, называется **первичной**; к другой обмотке (вторичной) подключена нагрузка. Принцип действия трансформатора можно описать следующей схемой:



На первичную обмотку подается переменное напряжение  $\underline{U}_1$  (1), под действием которого возникает переменный ток  $\underline{I}_1$ , создающий переменный магнитный поток  $\Phi$  (2). Замыкаясь по магнитопроводу (путь с малым магнитным сопротивлением), магнитный поток пронизывает витки обмоток и по закону электромагнитной индукции наводит противоЭДС в первичной обмотке (3) и ЭДС вторичной обмотки (4).

Отношение ЭДС в первичной и вторичной обмотках называется коэффициентом трансформации трансформатора  $k = E_1 / E_2 = w_1 / w_2$ .

Поток рассеяния первичной обмотки  $\Phi_s$  создает в ней ЭДС рассеяния, которая отстает от потока рассеяния на угол  $90^\circ$ . Так как поток рассеяния замыкается по воздуху, то его значение прямо пропорционально току, создающему этот поток. Значит для ЭДС рассеяния первичной обмотки можно записать следующее выражение в комплексной форме записи

$$\underline{E}_{s1} = -jx_1 \cdot \underline{I}_1,$$

где  $x_1$  – индуктивное сопротивление первичной обмотки;

$\underline{I}_1$  – ток первичной обмотки.