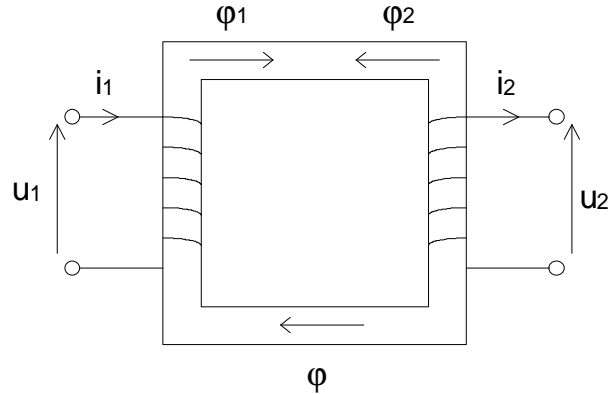


LE TRANSFORMATEUR

Hypothèses : Le circuit magnétique est supposé non saturé et sans hystérésis.

1. PRINCIPE

Le circuit primaire parcouru par un courant i_1 est à l'origine du flux ϕ_1 ; lorsque le secondaire débite, le flux ϕ_2 , créé par i_2 , se retranche de ϕ_1 pour donner le flux résultant $\phi = \phi_1 - \phi_2$.



2. EQUATIONS

2.1 Tension primaire quelconque

$$u_1 = r_1 \cdot i_1 + n_1 \cdot d\phi/dt = r_1 \cdot i_1 + n_1 \cdot d\phi_1/dt - n_1 \cdot d\phi_2/dt$$

$$u_2 = -r_2 \cdot i_2 + n_2 \cdot d\phi/dt = -r_2 \cdot i_2 + n_2 \cdot d\phi_1/dt - n_2 \cdot d\phi_2/dt$$

or :

$$n_1 \cdot d\phi_1/dt = L_1 \cdot di_1/dt \quad n_2 \cdot d\phi_2/dt = L_2 \cdot di_2/dt$$

$$n_1 \cdot d\phi_2/dt = M \cdot di_2/dt \quad n_2 \cdot d\phi_1/dt = M \cdot di_1/dt$$

avec : L_1 : inductance propre du primaire
 L_2 : inductance propre du secondaire
 M : inductance mutuelle entre le primaire et le secondaire
 $M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad 0 \leq k \leq 1 \quad k$: coefficient de couplage
 Lorsque $k = 1$, le couplage est parfait.

2.2 Régime sinusoïdal

$$\underline{U}_1 = r_1 \cdot \underline{i}_1 + jL_1\omega \cdot \underline{i}_1 - jM\omega \cdot \underline{i}_2 \quad (1)$$

$$\underline{U}_2 = jM\omega \cdot \underline{i}_1 - (r_2 + jL_2\omega) \cdot \underline{i}_2 \quad (2)$$

3. BORNES HOMOLOGUES

Elles sont représentées par un point sur le schéma et précisent le début de chacun des enroulements du transformateur bobinés dans le même sens. Elles permettent de déterminer le signe devant le coefficient de mutuelle M .

Si les courants rentrent ou sortent tous deux par des bornes homologues, le signe de M est le même que celui de L_1 (ou L_2 suivant l'équation considérée), ils seront différents dans le cas contraire.

En pratique, pour déterminer les bornes homologues d'un transformateur, on applique pendant une courte durée une tension continue de quelques volts à un enroulement secondaire d'un transformateur (abaisseur de tension) en repérant les bornes et l'on branche sur son primaire un voltmètre continu à zéro central.

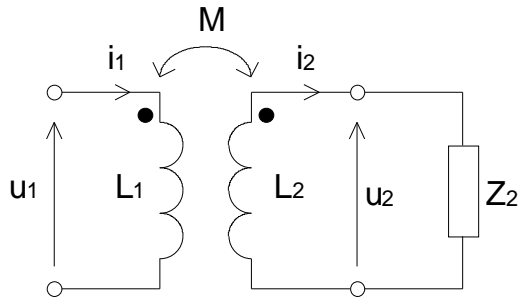
A l'ouverture du circuit secondaire, le voltmètre dévie dans un sens.

On renouvelle l'expérience avec un autre secondaire : si le voltmètre dévie dans le même sens, les bornes reliées au même potentiel sont homologues.

On peut également alimenter le primaire avec une tension sinusoïdale et observer à l'oscilloscope les tensions présentes sur chacune des bornes présumées homologues. Si les tensions sont en phase les bornes sont effectivement homologues.

4. IMPEDANCE DU SECONDAIRE RAMENEE AU PRIMAIRE

4.1 Transformateur réel



Aux équations (1) et (2) on doit ajouter l'équation (3) :

$$\underline{U}_2 = \underline{Z}_2 \cdot \underline{I}_2$$

de (2) et (3) on tire :

$$\underline{I}_2 = \frac{jM\omega \underline{I}_1}{\underline{Z}_2 + r_2 + jL_2\omega}$$

qu'on reporte dans (1), ce qui donne :

$$\underline{U}_1 = \left[r_1 + jL_1\omega + \frac{M^2 \cdot \omega^2}{\underline{Z}_2 + r_2 + jL_2\omega} \right] \underline{I}_1 \quad (4)$$

4.2 Transformateur parfait

Si les résistances des enroulements sont nulles ($r_1 = r_2 = 0$), et si le couplage du transformateur est parfait : $M = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$,

l'équation (4) devient :

$$\underline{U}_1 = \frac{jL_1\omega \underline{Z}_2}{\underline{Z}_2 + jL_2\omega} \underline{I}_1 = \frac{jL_1\omega \underline{Z}_2 \cdot L_1 / L_2}{\underline{Z}_2 \cdot L_1 / L_2 + jL_1\omega} \underline{I}_1 = \frac{jL_1\omega \underline{Z}_2 / m^2}{\underline{Z}_2 / m^2 + jL_1\omega} \underline{I}_1$$

L'impédance ramenée au primaire ($\underline{U}_1 / \underline{I}_1$) est donc constituée de \underline{Z}_2 / m^2 en parallèle sur l'impédance $jL_1\omega$.

$$m^2 = n_2^2 / n_1^2 = L_2 / L_1 \quad m : \text{rapport de transformation.}$$

Si le transformateur est parfait les équations (1) et (2) s'écrivent :

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= j\omega \cdot (n_1^2 \cdot \underline{I}_1 - n_1 \cdot n_2 \cdot \underline{I}_2) \\ \underline{U}_2 &= j\omega \cdot (n_1 \cdot n_2 \cdot \underline{I}_1 - n_2^2 \cdot \underline{I}_2) \end{aligned}$$

donc : $\underline{U}_2 / \underline{U}_1 = n_2 / n_1 = m$: le rapport de transformation est égal au rapport des tensions à vide.