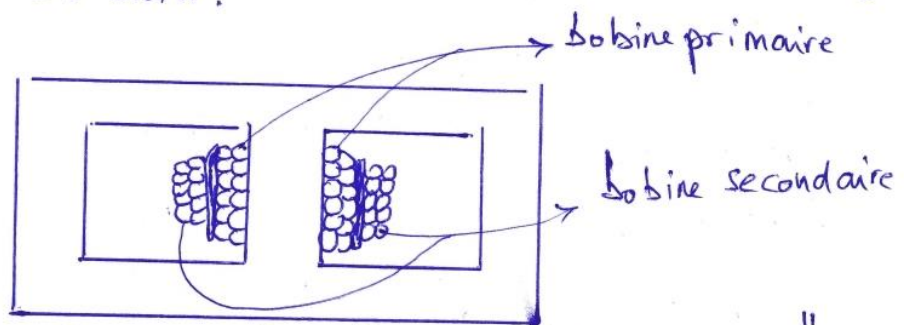


CH2 TRANSFORMATEUR

1. DESCRIPTION

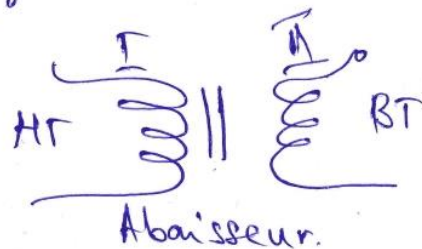
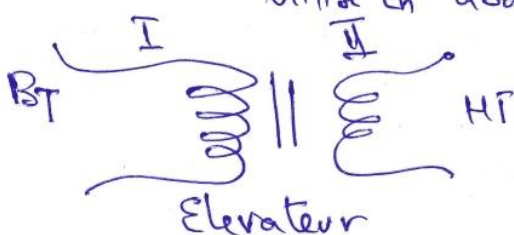
Le transformateur est une machine entièrement statique qui transforme une tension et un courant alternatif en une autre tension et un autre courant alternatif de même fréquence.

Il est constitué essentiellement de deux bobines en fil de cuivre l'une dite "primaire", l'autre dite "secondaire" enfilées sur un noyau de carcasse ferromagnétique, constitué d'un empilage de tôles minces en acier.



Transformateur monophasé "Cuirassé à un noyau"
Si la source est branchée côté basse tension et la charge côté haute tension alors le transformateur est dit :
"Utilisé en élévateur"

Dans le cas contraire il est dit :
"Utilisé en abaisseur"



On appelle "Rapport de transformation" d'un transformateur le rapport entre les nombres de spires du primaire et du secondaire noté par :

$$a = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{ou} \quad m = \frac{n_2}{n_1}$$

* Equation de tension avec les inductances de fuites

Soit l'inductance de fuite l_1 qui représente Φ_{f1}

" " " " l_2 " " Φ_{f2}

E_1 est la tension réactive qui représente Φ_{1t}

E_2 " " " " " " " Φ_{2t}

$l_1 \frac{di_1}{dt}$ " " " " " " " Φ_{f1}

$l_2 \frac{di_2}{dt}$ " " " " " " " Φ_{f2}

$n_1 \frac{d\Phi_m}{dt}$ " " " " " " " Φ_m au niveau de la bobine 1

$n_2 \frac{d\Phi_m}{dt}$ " " " " " " " Φ_m au niveau de la bobine 2

rappeillons :

$$\begin{cases} \Phi_{1t} = \Phi_{f1} + \Phi_m \\ \Phi_{2t} = -\Phi_{f2} + \Phi_m \end{cases}$$

$$\text{et } \begin{cases} U_1 = R_1 i_1 + n_1 \frac{d\Phi_{1t}}{dt} \\ U_2 = R_2 i_2 + n_2 \frac{d\Phi_{2t}}{dt} \end{cases}$$

$$\text{d'où : } \begin{cases} U_1 = R_1 i_1 + l_1 \frac{di_1}{dt} + n_1 \frac{d\Phi_m}{dt} \\ U_2 = -R_2 i_2 - l_2 \frac{di_2}{dt} + n_2 \frac{d\Phi_m}{dt} \end{cases}$$

on note : $e_1 = n_1 \frac{d\Phi_m}{dt}$

$e_2 = n_2 \frac{d\Phi_m}{dt}$

e_1, e_2 sont appelées " f.e.m de transformation dues aux flux mutuel et sont telles que leur rapport est égale au rapport de transformation :

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{n_1}{n_2} = a$$

donc on peut écrire que :

$$U_1 = R_1 i_1 + l_1 \frac{di_1}{dt} + e_1$$

$$U_2 = -R_2 i_2 - l_2 \frac{di_2}{dt} + e_2$$

soit L_1 inductance de magnétisation qui représente Φ_{m1}
 soit L_2 " " " " " " Φ_{m2}

on a donc :
$$\boxed{\frac{L_1}{L_2} = a^2}$$

$$e_1 = n_1 \frac{d\Phi_m}{dt}$$

$$e_2 = n_2 \frac{d\Phi_m}{dt}$$

$$e_1 = n_1 \frac{d}{dt} (\Phi_{m1} - \Phi_{m2})$$

$$e_2 = n_2 \frac{d}{dt} (-\Phi_{m2} + \Phi_{m1})$$

$$e_1 = n_1 \frac{d\Phi_{m1}}{dt} - n_1 \frac{d\Phi_{m2}}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} - \frac{n_1 n_2}{n_2} \frac{d\Phi_{m2}}{dt}$$

$$e_2 = -n_2 \frac{d\Phi_{m2}}{dt} + n_2 \frac{d\Phi_{m1}}{dt} = -L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{n_2 n_1}{n_1} \frac{d\Phi_{m1}}{dt}$$

$$e_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - a n_2 \frac{d\Phi_{m2}}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} - a L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$e_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{a} n_1 \frac{d\Phi_{m1}}{dt} = -L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{a} L_1 \frac{di_1}{dt}$$

les deux équations sont ramenées au primaire comme suit :

$$e_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - a \frac{L_1}{a^2} \frac{di_2}{dt} = L_1 \frac{d}{dt} \left(i_1 - \frac{i_2}{a} \right)$$

$$e_2 = -\frac{L_1}{a^2} \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{a} L_1 \frac{di_1}{dt} = \frac{L_1}{a} \frac{d}{dt} \left(i_1 - \frac{i_2}{a} \right)$$

$$i_1 - \frac{i_2}{a} = i_m$$

on appelle i_m le courant de magnétisation,

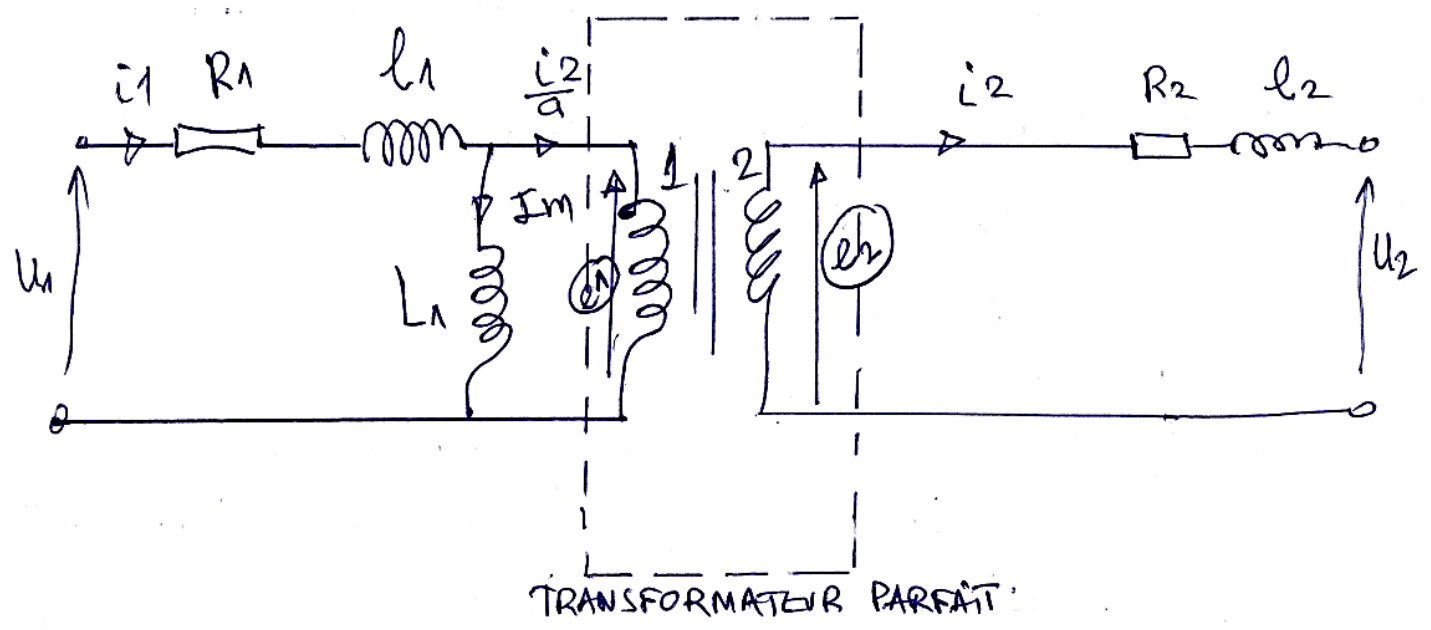
donc :

$$\boxed{\begin{cases} e_1 = L_1 \frac{di_m}{dt} \\ e_2 = \frac{e_1}{a} \end{cases}}$$

$$\begin{cases} U_1 = R_1 i_1 + l_1 \frac{di_1}{dt} + e_1 \\ U_2 = -R_2 i_2 - l_2 \frac{di_2}{dt} + e_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} e_1 = L_1 \frac{di_m}{dt} \\ e_2 = \frac{e_1}{a} \end{cases} \quad (2)$$

Le circuit équivalent du transformateur qui représente les équations (1) et (2) est le suivant :



La branche L_1 que traverse le courant I_m est appelé "BRANCHE DE MAGNETISATION"

2.3 TRANSFORMATEUR PARFAIT:

On appelle transformateur parfait un transformateur idéal qui correspond aux trois simplifications suivantes:

1. Reluctance du noyau $\mathcal{R} = 0$
donc $i_m = 0$

le courant de magnétisation est nul

2. Aucune fuite de flux magnétique: $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$

$$\phi_{f1} = \phi_{f2} = 0$$

$$\phi_m = \phi_1 = \phi_2$$

3. Résistances des bobines nulles: $R_1 = R_2 = 0$

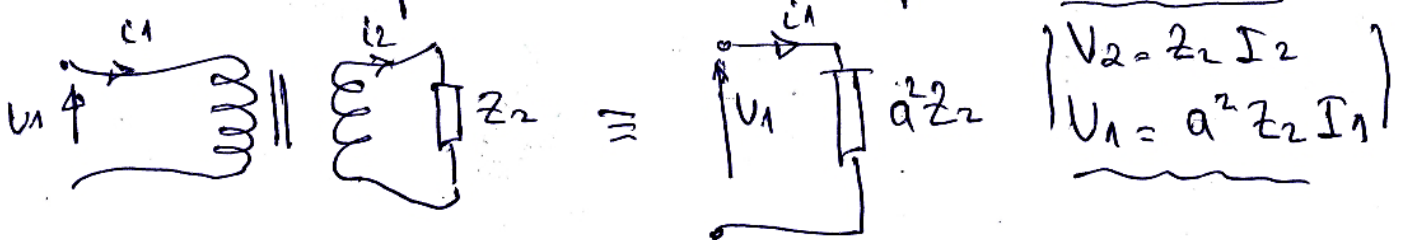
cela signifie que les pertes joules dans les enroulements sont nulles.

donc avec ces trois conditions on aura:

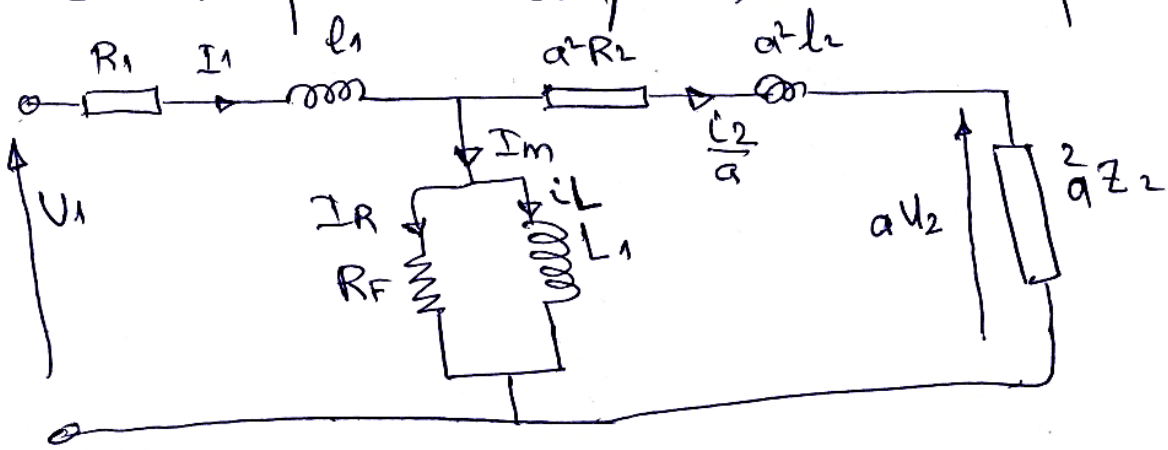
$$V_1 = e_1 = n_1 \frac{d\phi_m}{dt} \quad \text{et} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{i_2}{i_1} = a$$

$$V_2 = e_2 = n_2 \frac{d\phi_m}{dt}$$

Transformateur parfait ramené au primaire:

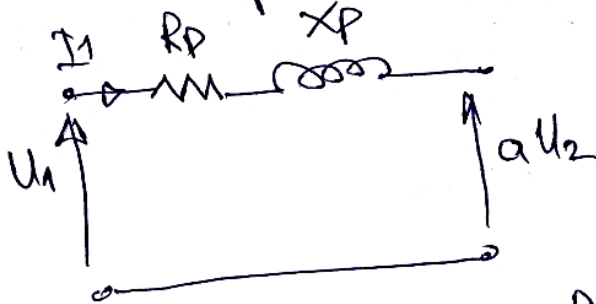


2.4 Circuit equivalent complet ramené au primaire



2.5 ETUDE EN NEGLIGEANT LE COURANT DE MAGNETISATION I_m . DIAGRAMME DE KAPP

En négligeant le courant de magnétisation on obtient un circuit plus simplifié :



$R_p = R_1 + a^2 R_2$ = Résistance ramené au primaire
 $X_p = \omega(l_1 + a^2 l_2)$ = Réactance " " "

Diagramme de Kapp ramené au primaire:

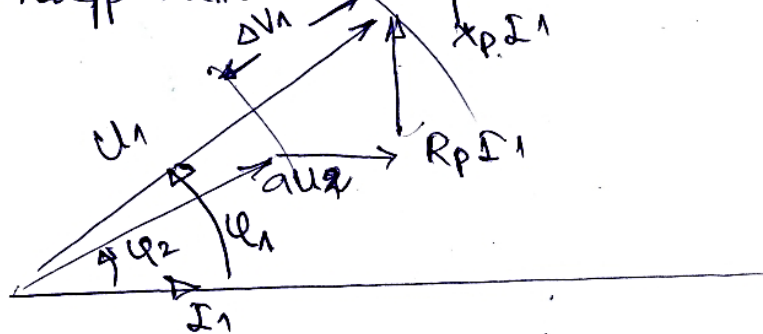
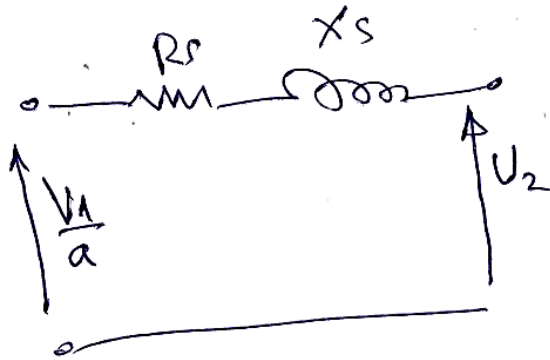


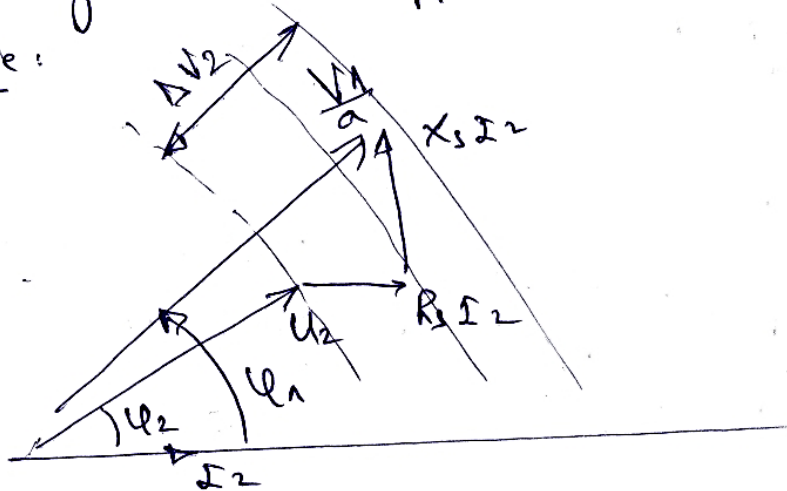
Diagramme de Kapp ramené au secondaire:
 Le circuit équivalent ramené au secondaire
 est le suivant :



$$R_s = \frac{R_1}{a^2} + R_2 = \frac{R_p}{a^2}$$

$$X_s = \omega \left(\frac{L_1}{a^2} + L_2 \right) = \frac{X_p}{a^2}$$

Soit le diagramme de Kapp ramené au
secondaire :



TD

Ex 1

Un transformateur de puissance apparente $S = 50 \text{ kVA}$, utilisé sur un réseau de fréquence 60 Hz en abaisseur de tension $2300/230 \text{ V}$ a les caractéristiques suivantes :

$$I_m = 0 \quad \text{HT} \begin{cases} R_1 = 0,65 \Omega \\ L_1 = 1,85 \text{ mH} \end{cases} \quad \text{BT} \begin{cases} R_2 = 0,0065 \Omega \\ \text{inductance } L_2 = 0,0185 \text{ mH} \end{cases}$$

Pour $\cos \varphi_2 = 0,8$ AR (courant en retard) sous 230 Volt
Quel est alors la valeur exacte de la haute tension.

$$a = \frac{n_1}{n_2} = 10 \quad I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{50000}{230} = 217 \text{ A}$$
$$U_2 = 230 \text{ V} \quad ; \quad \cos \varphi_2 = 0,8, \quad \varphi_2 = 37^\circ \quad \sin \varphi_2 = 0,6$$
$$I_1 = \frac{I_2}{a} = 21,7$$

on cherche V_1 de préférence on utilise le diagramme de Kapp ramené au primaire.

$$R_p = R_1 + a^2 R_2 = 1,3 \Omega \quad \Rightarrow \quad R_p I_1 = 28,2 \text{ V}$$
$$X_p = \omega(L_1 + a^2 L_2) = 1,4 \Omega \quad X_p I_1 = 1,4 \times 21,7 = 30,4 \text{ V}$$

$$V_1^2 = (2300 \times 0,8 + 28,2)^2 + (2300 \times 0,6 + 30,4)^2$$
$$\Rightarrow V_1 = 2341 \text{ Volts}$$