

TP1 : Rendement du Transformateur Monophasé

1. Position du Problème

Le transformateur monophasé est constitué de deux enroulements placés chacun sur une colonne. Ces enroulements sont très bien isolés et parfaitement couplés du point de vue magnétique.

Le rendement d'un transformateur monophasé est le rapport de la puissance débitée par le secondaire à la puissance absorbée par le primaire :

$$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}}$$

avec :

$$P_u = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

$$P_{abs} = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 = P_u + \Sigma\Delta P$$

$$= U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + \Sigma\Delta P$$

$$\Sigma\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_j + \Delta P_{supp}$$

$$\cong \Delta P_f + \Delta P_j \quad ; \quad \Delta P_{supp} \cong 0$$

Pertes fer : regroupent les pertes par hystérésis et les pertes par courants de Foucault. Elles sont imposées seulement par la valeur efficace et la fréquence de la tension primaire U_1 . On admet leur constance quelle que soit la charge.

Pertes dans le cuivre : il s'agit exclusivement des pertes par effet Joule dans les enroulements des circuits : primaire et secondaire.

Pertes supplémentaires : difficilement mesurables, de plus pour les faibles puissances elles sont insignifiantes.

Plusieurs méthodes sont employées pour déterminer le rendement d'un transformateur, il s'agit notamment de :

- La méthode directe (essai en charge).
- La méthode des pertes séparées.
- La méthode des deux transformateurs identiques.

Dans ce TP on va utiliser uniquement la méthode directe et celle des pertes séparées.

2. Etude Expérimentale

• Matériel Utilisé

- Un transformateur (1000 ,500 spires).
- Deux wattmètres
- Deux voltmètres
- Deux ampèremètres
- Un générateur de tension variable : 0-250V
- Une charge : une résistance à plots.

• A- Méthode Directe

Elle consiste à effectuer un essai en charge du transformateur monophasé.

On a : $\eta = P_2/P_1$ avec $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$

En faisant varier la charge depuis $I_2 = 0$ (essai à vide) à I_{2N} (plots de 0 à 7), on relève I_1 , I_2 , P_1 , P_2 et U_2 pour une charge purement résistive ($\cos\varphi_2 = 1$), à $U_{1N} = \text{cste} = 220V$.

1-Schéma de Montage

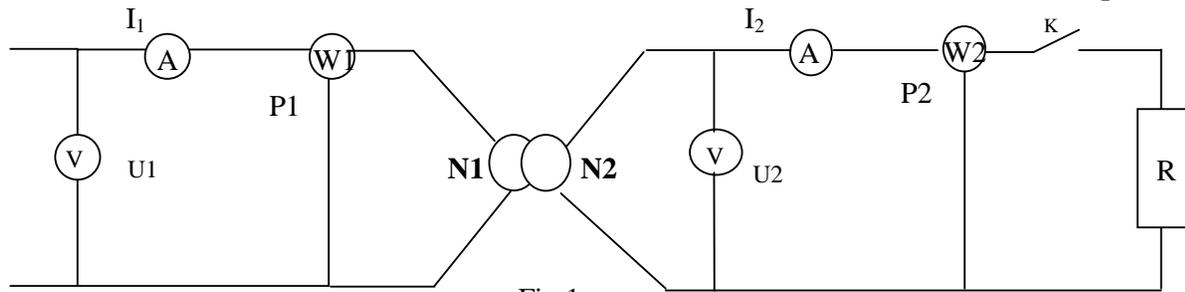


Fig.1

2-Tableau des Résultats

Essais	Essai à Vide	Essai en Charge						
		1	2	3	4	5	6	7
plots	0							
I_1 (A)	$I_{10} =$							
P_1 (W)	$P_{10} =$							
U_2 (V)	$U_{20} =$							
I_2 (A)								
P_2 (W)								
$\eta = P_2/P_1$ (%)								

On déduit alors la dépendance $\eta = f(I_2)$ à $\cos\phi = \text{cste}$.

• B- Méthode des pertes séparées

Soit l'expression du rendement en fonction des pertes :

$$\eta = \frac{U_2 I_2 \cos\phi_2}{U_2 I_2 \cos\phi_2 + \Delta P_f + \Delta P_j}$$

1-Calcul des pertes fer

Les pertes fer dépendent de la fréquence d'alimentation f et de l'induction maximum qui est essentiellement constante à vide et en charge.

A vide (essai préalablement effectué), on alimente le transformateur sous une tension normale à travers un ampèremètre et un wattmètre, on aura :

$$P_{\text{abs}0} = R_1 I_{10}^2 + \Delta P_{\text{fer}} \Rightarrow \Delta P_{\text{fer}} = P_{\text{abs}0} - R_1 I_{10}^2$$

$$\Delta P_{\text{fer}} = P_{\text{abs}0} - R_1 I_{10}^2 = \text{Cste}$$

2-Calcul des pertes Joule

$$\Delta P_j = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

Pour un montage ramené au secondaire, les pertes Joule sont déterminées dans les conditions de Kapp par :

$$\Delta P_j = (R_2 + R_1 m^2) I_2^2 = R_s I_2^2$$

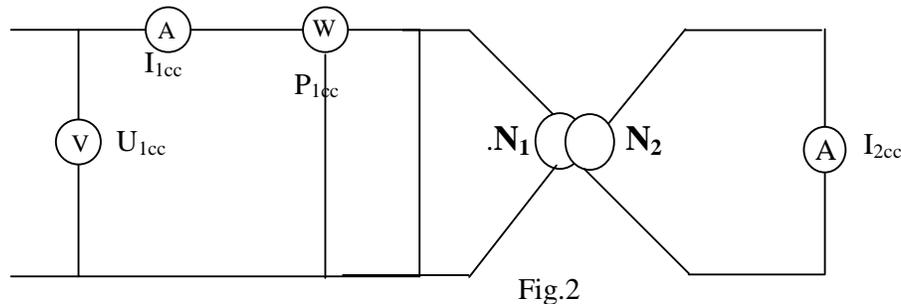
Ceci nécessite un essai à vide pour déterminer le rapport de transformation m , et une mesure des résistances R_1 et R_2 par la méthode voltampèremétrique ou au moyen d'un pont de mesure. L'essai en court-circuit permet également de déterminer R_s . en effet en court-circuit $U_{\text{zcc}} = 0$ veut dire que U_{Icc} est très faible $\Rightarrow \Delta P_{\text{fer}} = (\Delta P_{\text{hyst}} + \Delta P_{\text{cf}})$ négligeables $\Rightarrow P_{\text{abscc}} \cong \Delta P_j$.

Pour un courant secondaire $I_{2cc} \leq I_{2N}$, relever I_{1cc} , U_{1cc} et P_{1cc} :

$$P_{abscc} \cong \Delta P_j = R_s I_{2cc}^2$$

$$\Rightarrow R_s = P_{abscc} / I_{2cc}^2$$

3-Schémas de Montage en court circuit



Donc :

$$\eta = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + R_s I_2^2 + (P_{abs0} - R_1 I_1^2)}$$

C- Mesure des Résistances

Au moyen d'un Ohmmètre, mesurer les résistances des deux enroulements primaire et secondaire du transformateur :

$$R_1 = \quad ; \quad R_2 =$$

3. Travail Demandé

1-Réaliser les montages des deux méthodes citées.

2-De l'essai à vide calculer :

Le rapport de transformation $m = U_{20}/U_1$

Les pertes fer ΔP_{fer}

3-Après avoir effectué les calculs nécessaires, tracer pour les deux méthodes la caractéristique $\eta = f(I_2)$ à $\cos \varphi = 1$ (sur le même graphe).

4- Préciser le rendement maximal et la charge correspondante **graphiquement** pour chaque méthode et **analytiquement** pour la deuxième méthode.

5-Interpréter les courbes et les résultats obtenus (commentaires et comparaisons).

6-Contrairement aux autres types de machines, le transformateur est caractérisé par une puissance apparente indiquée sur la plaque signalétique, pourquoi ?

7-Conclusion.

Plaque signalétique

Grandeur	Primaire	Secondaire
Un (V)	220	110
In(A)	1.25	2.5
L (H)	0.044	0.011
f (Hz)	50	50
R (Ω)	9.5	2.5
N (spire)	1000	500