

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Matière : TP ELT & ELE

Fond

Faculté De Technologie

Niveau : 2^{ème} année licence

Département De Génie Electrique

Durée : 2 h

Option : AUT, ELM, ELT



TP N°4
Essais sur le transformateur monophasé

Nom et prénom	Groupe	Sous-groupe	Signature	Observation

Dirigé par l'enseignant :

Le : / /

Année universitaire 2019/2020

I- But de la manipulation :

1. Connaître les principaux éléments d'un transformateur monophasé et son principe de fonctionnement.
2. Réalisation des différents essais (essai à vide, essai en court-circuit, essai en charge) d'un transformateur monophasé.
3. Détermination des paramètres de son schéma équivalent ($m, R_s, X_s \dots$).
4. Calcul de ses pertes (fer, joule), et son rendement.

II- Matériel utilisé :

- Alimentation monophasé (AC/DC).
- Charges électriques (Rhéostats).
- Appareils de mesure (voltmètres, ampèremètre, multimètres, puissancemètres).
- Transformateurs monophasés.

III- Rappel théorique

1) Généralités

Le transformateur est un convertisseur statique d'énergie électrique réversible. Il transfère, en alternatif, une puissance électrique d'une source à une charge, en adaptant les valeurs de la tension (ou du courant) au récepteur.

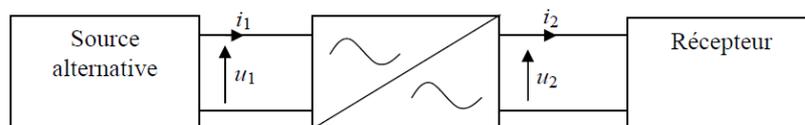


Figure 1

Le rôle d'un transformateur est en général, de modifier la valeur efficace d'une tension sans en changer ni la forme (sinusoïdale), ni la fréquence.

U_1 et U_2 sont respectivement les valeurs efficaces des tensions u_1 et u_2 .

Si $U_2 > U_1$: le transformateur est élévateur si $U_2 < U_1$: le transformateur est abaisseur.

2) Transformateur monophasé réel

Le transformateur réel est constitué essentiellement de :

-Un circuit magnétique : Qui a pour rôle de canaliser le flux magnétique.

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

-**Enroulements** : Sur les noyaux du circuit magnétique, on trouve plusieurs enroulements (isolés électriquement entre eux). L'un de ces enroulements est relié à la source alternative : C'est le primaire, on lui adopte la convention récepteur. L'autre bobine (ou les autres) est le siège d'une f.e.m. induite. Elle peut débiter dans un récepteur : c'est le secondaire, on lui adopte la convention générateur.

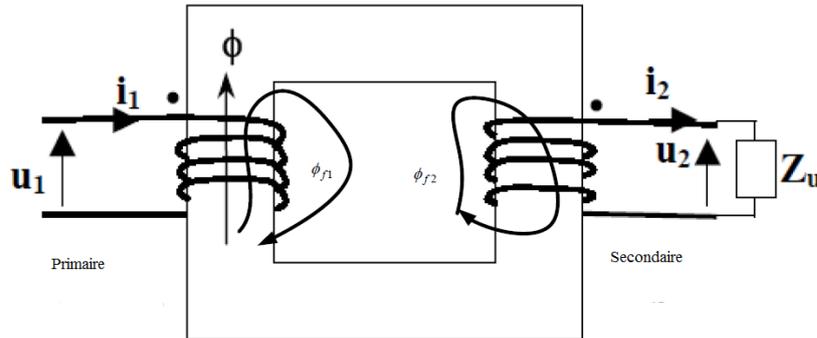


Figure 2 : Transformateur monophasé réel.

3) Schéma équivalent

Si on désigne respectivement par :

$r_1(\Omega)$: résistance de l'enroulement primaire, $r_2(\Omega)$: résistance de l'enroulement secondaire.

$l_1(H)$: Inductance de l'enroulement primaire, $l_2(H)$: Inductance de l'enroulement secondaire .

$R_f(\Omega)$: résistance de circuit magnétique. $X_m(\Omega)$: réactance de circuit magnétique.

Le schéma équivalent du transformateur réel est représenté par la figure 2.

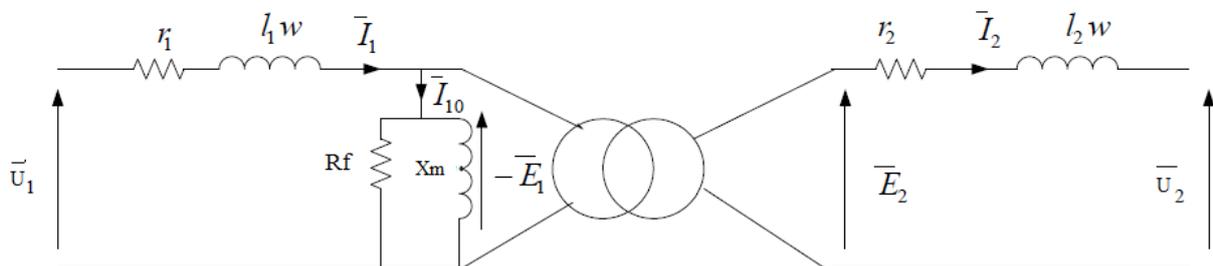


Figure 3 - Schéma équivalent d'un transformateur réel

4) Schéma équivalent dans l'hypothèse de Kapp

L'hypothèse de Kapp consiste à négliger le courant I_{10} devant le courant I_1

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

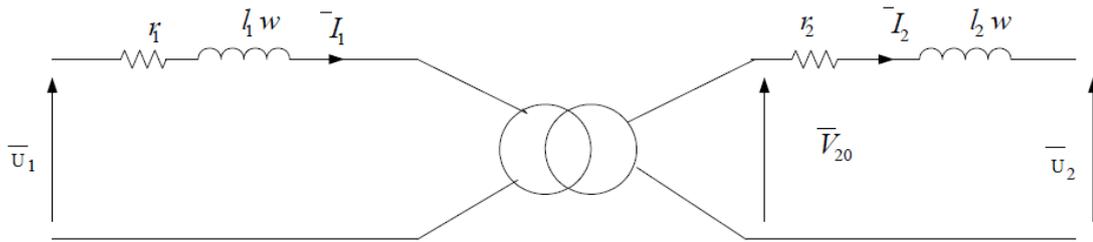


Figure 4 - Schéma équivalent dans l'hypothèse de Kapp

5) Schéma équivalent ramené au secondaire

On peut faire passer l'impédance $Z_1 = r_1 + j\omega l_1$ du primaire au secondaire, il suffit de la multiplier par m^2 . On obtient le schéma suivant :

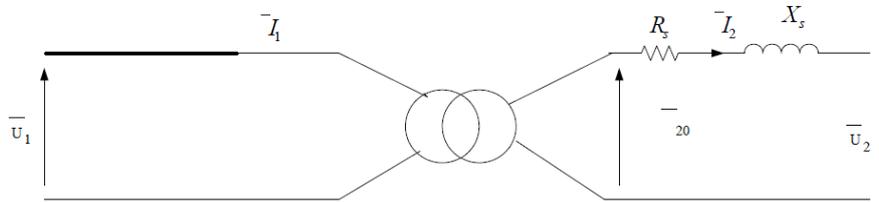


Figure 5 - Schéma équivalent ramené au secondaire

Avec : $R_s = r_2 + m^2 \cdot r_1$: la résistance du transformateur ramenée au secondaire .

$X_s = X_2 + m^2 \cdot X_1$: La réactance de fuites magnétiques ramenée au secondaire .

6) Détermination des éléments du schéma équivalent :

On effectue trois essais :

A. Essai à vide

Cet essai consiste à alimenter l'enroulement primaire par sa tension nominale et on mesure la tension à vide au secondaire, le courant et la puissance à vide absorbés par le primaire comme le montre la figure suivante :

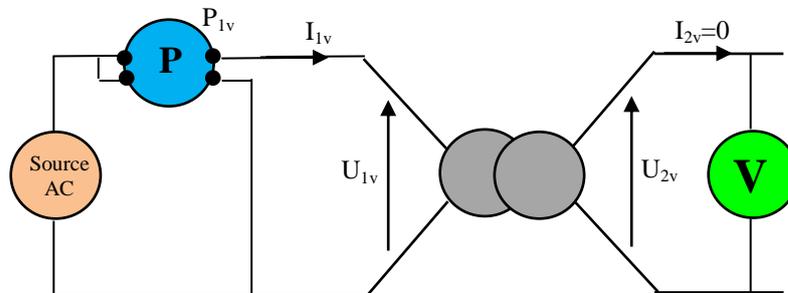


Figure 6 : Essai à vide

Dans ce cas, on peut déterminer pratiquement :

- ✓ Le rapport de transformation : $m = \frac{U_{2v}}{U_{1v}}$

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

- ✓ La résistance de circuit magnétique $R_f = \frac{U_{1v}^2}{P_f} \approx \frac{U_{1v}^2}{P_{1v}}$.
- ✓ La réactance magnétisante $X_m = \frac{U_{1v}^2}{Q_f} \approx \frac{U_{1v}^2}{Q_{1v}}$.
- ✓ Les pertes Joules sont négligeables devant les pertes fer $P_F \approx P_{1v}$

B. Essai en court-circuit sous tension primaire réduite

On applique au primaire une tension réduite $U_{1cc} \ll U_{1n}$ (tension nominale), on augmente progressivement U_{1cc} depuis 0 jusqu'à avoir $I_{2cc} = I_{2n}$

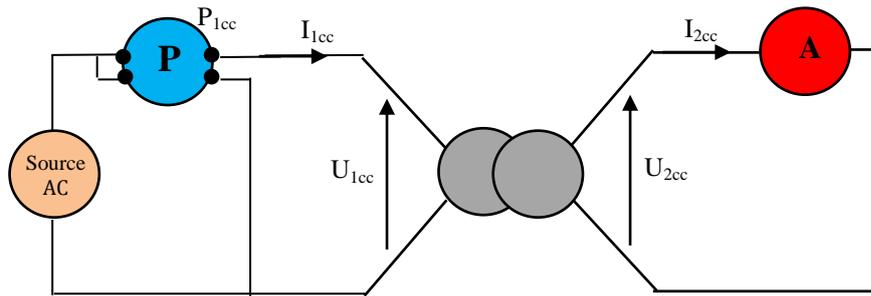


Figure 7 : Essai en court-circuit

Puisque $U_{1cc} \ll U_{1n} \Rightarrow$ les pertes fer lors de l'essai en court-circuit sont négligeables et par conséquent : $P_{1cc} = R_s \cdot I_{2cc}^2 \Rightarrow R_s = \frac{P_{1cc}}{I_{2cc}^2}$

Le schéma équivalent ramené au secondaire (en court-circuit) est le suivant :

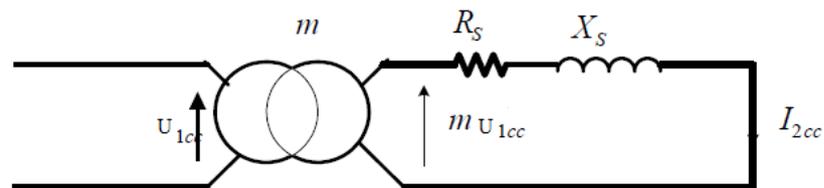


Figure 8 schéma équivalent lors de l'essai en court-circuit

Dans cet essai cas, on peut déterminer pratiquement :

- ✓ L'impédance ramenée au secondaire : $Z_s = m \frac{U_{1cc}}{I_{2cc}}$.
- ✓ La réactance ramenée au secondaire $X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2}$
- ✓ Les pertes fer sont négligeables devant les pertes Joules donc $P_J \approx P_{1cc}$.

C. Essai en charge

On applique au primaire une tension nominale.

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

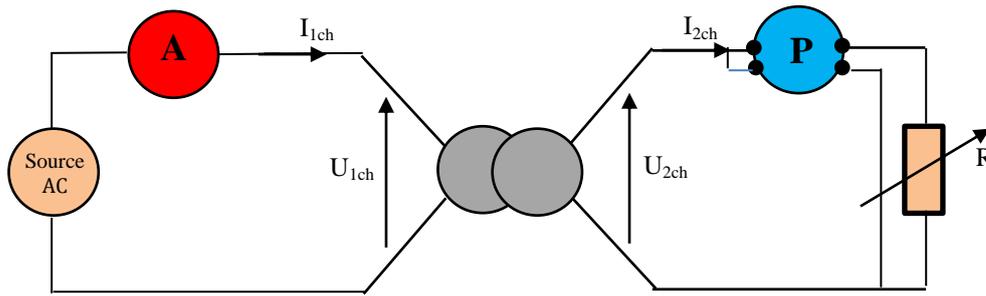


Figure 9 : Essai en charge

Finalement, on peut calculer le rendement du transformateur $\eta(\%) = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{P_2}{P_2 + P_f + P_j} \cdot 100$.

IV- Partie pratique:

1. Caractéristiques du transformateur

Sur les transformateurs, relever les caractéristiques suivantes :

Tension nominale au primaire $U_{1n} = \dots\dots\dots$
Tension nominale au secondaire $U_{2n} = \dots\dots\dots$
Puissance apparente $S_n = \dots\dots\dots$

2. Courants nominaux

En supposant $S_1 = S_2 = S_n$, déterminer les courants nominaux au primaire et au secondaire, I_{1n} et I_{2n} .

$I_{1n} = \dots\dots\dots$ $I_{2n} = \dots\dots\dots$

3. Choix de la résistance de charge

Le rendement se calcule en effectuant les mesures à tensions et courants nominaux. Il faut choisir la résistance de charge R de telle sorte que le transformateur fonctionne à puissance nominale.

Quelle doit être la valeur de la résistance de charge R branchée sur l'enroulement secondaire pour obtenir le courant nominal I_{2n} ?

$R = \dots\dots\dots$

4. Mesure des résistances de bobinage : méthode voltampèremétrique

Pour vérifier les hypothèses simplificatrices de la méthode des pertes séparées, il sera nécessaire de connaître la valeur des résistances des enroulements du transformateur. Pour les mesurer avec précision on utilise la méthode voltampèremétrique.

1. Réaliser le montage ci-dessous.

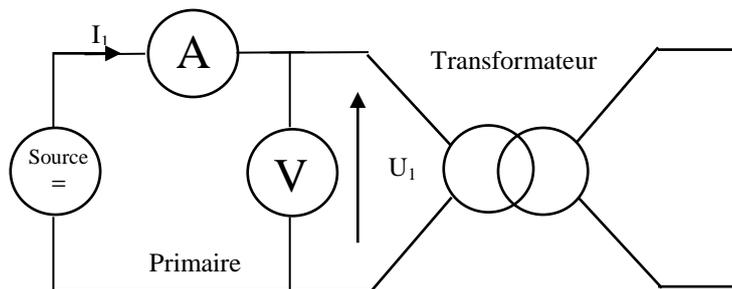


Figure 10

2. Régler l'alimentation pour travailler à courant nominal.
3. Relever U_1 et I_1 . En déduire la résistance de l'enroulement primaire r_1 .
 $U_1 = \dots\dots\dots$; $I_1 = \dots\dots\dots$; $r_1 = \dots\dots\dots$

4. Répéter l'opération pour le secondaire du transformateur.

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

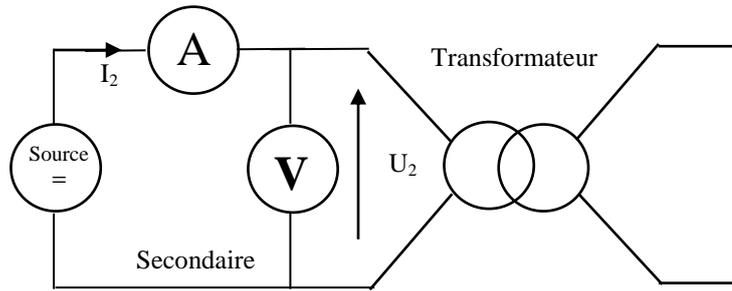


Figure 11

1. Régler l'alimentation pour travailler à courant nominal ou à défaut au courant maximum que peut fournir la source de tension.
2. Relever U_2 et I_2 . En déduire la résistance de l'enroulement primaire r_2 .

$U_2 = \dots\dots\dots$; $I_2 = \dots\dots\dots$; $r_2 = \dots\dots\dots$

Remarque :

la résistance d'un fil de cuivre varie avec la température. Pour avoir la valeur la plus précise possible, il faut la mesurer à "chaud" en faisant passer dans le fil le courant nominal et lorsque l'enroulement a pris sa température de fonctionnement.

5. Essai à vide :

Cet essai se réalise à tension nominale. Etant donné que le transformateur fonctionne à vide, le courant sera faible.

1. Réaliser le montage ci-dessous.

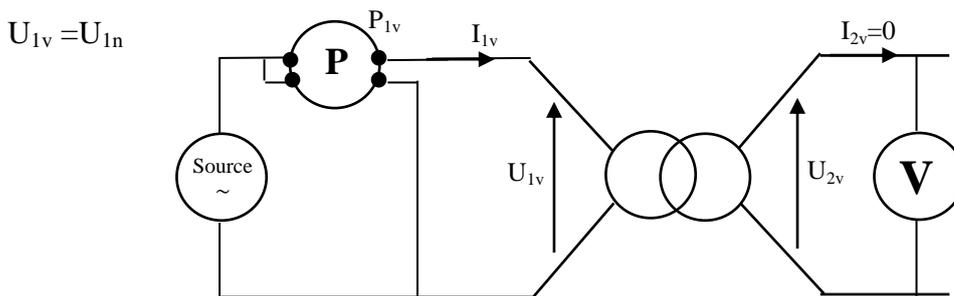


Figure 12

2. Faire varier la tension primaire de 0 à $\dots U_{1n}$ et tracer la courbe $U_{2v} = f(I_{1v})$.

$U_{1v}(A)$	40	80	120	160	220
$I_{1v}(A)$	.	.	.	.	.
$U_{2v}(V)$					

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

Tableau 1

3. Relever les mesures des grandeurs suivantes :

Grandeurs	U_{1v} (V)	U_{2v} (V)	I_{1v} (A)	P_{1v} (W(att	Q_{1v} (Var)	$\text{Cos}(\varphi_1)$
Mesures

Tableau 2

4. A partir de ces mesures compléter le tableau suivant :

Formules	le rapport de transformation	le facteur de puissance	les pertes fer
	$m =$	$\text{Cos}(\varphi_1) =$	$P_{\text{Fer}} =$
Calculs	.	.	.

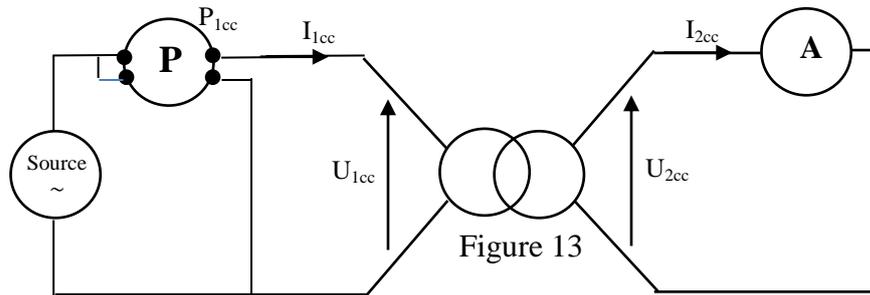
Tableau 3

- Calculer la résistance magnétique R_m et la réactance magnétique X_m .
- Que peut-on conclure ?

7. Essai en court-circuit :

Pour l'essai en court-circuit, il faut travailler à courant nominal et donc à tension très réduite (quelques volts).

1. Réaliser le montage ci-dessous.



2. Effectuer les mesures permettant de tracer la courbe : $P_{1cc} = f(I_{2cc}^2)$.

U_{1cc} (V)	.	.	.	.	.
I_{2cc} (A)	.	.	.	.	.
P_{1cc} (Watt)					

Tableau 4

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

3. Calculer la résistance ramenée au secondaire R_s (graphiquement).
4. Relever les mesures des grandeurs suivantes :

Grandeurs	U_{1cc} (V)	I_{1cc} (V)	I_{2cc} (A)	P_{1cc} (Watt)
Mesures

Tableau 5

5. A partir de ces mesures compléter le tableau suivant :

Formules	Les pertes Joule ou cuivre $P_j =$	La Résistance ramenée au secondaire $R_s =$	L'impédance ramenée au secondaire $Z_s =$	La réactance ramenée au secondaire $X_s =$
Calculs

Tableau 6

6. Que peut-on conclure ?

7. Essai en charge :

Réaliser le montage ci-dessous : $U_{1ch} = U_{1n}$

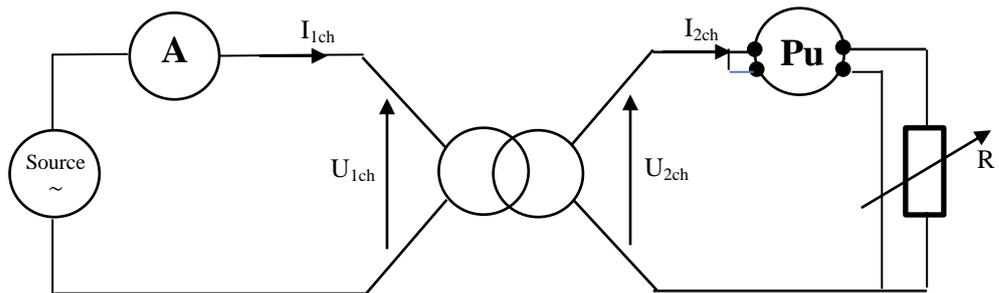


Figure 14

1. Pour $0 \leq I_{2ch} \leq I_{2n}$, relever I_{1ch} , U_{2ch} , P_{2ch} . Compléter le tableau suivant :

I_{1ch} (A)						
I_{2ch} (A)	1	1.5	2	2.5	3	3.2
U_{2ch} (V)						
P_{2ch} (W)						
$P_{jch} = R_s \cdot I_{2ch}^2$						
$P_{1ch} = P_{2ch} + P_{fer} + P_{jch}$						
$\eta (\%) = (P_{2ch} / P_{1ch}) * 100$						

Tableau 7

TP N° 4 : Essais sur le transformateur monophasé

2. Tracer et interpréter la courbe $\eta=f(I_{2ch})$.
3. Donner la valeur de I_{2ch} pour que η soit maximal.
4. Conclure.