

## Exercice n°1. Étude d'un transformateur monophasé.

L'étude d'un transformateur monophasé nous conduit à effectuer les essais suivants :

✓ Essai en continu :

Le primaire est soumis à une tension continue  $U_{1c} = 5 \text{ V}$ , l'enroulement primaire est parcouru par un courant continu d'intensité  $I_{1c} = 10 \text{ A}$ .

✓ Essai à vide :

Le primaire est soumis à une tension sinusoïdale de valeur efficace  $U_{1v} = U_{1n} = 220 \text{ V}$  et de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$ . Le secondaire est soumis à une tension  $U_{2v} = 44 \text{ V}$ , la puissance absorbée au primaire est  $P_{1v} = 80 \text{ W}$ , l'intensité du courant vaut  $I_{1v} = 1 \text{ A}$ .

✓ Essai en court-circuit :

$U_{1cc} = 10 \text{ V} - I_{1cc} = I_{1n} = 20 \text{ A} - P_{1cc} = 150 \text{ W}$ . Le transformateur est considéré comme parfait pour les courants.

### 1. Étude générale.

1. Calculer la résistance  $R_1$  de l'enroulement primaire.
2. Comment mesurer la valeur  $I_{1c}$  de l'intensité du courant dans l'essai en continu ?
3. Déterminer le rapport de transformation  $m$ .
4. Sachant que l'amplitude du champ magnétique dans les tôles est  $B_{\max} = 0,635 \text{ T}$  et que la section utile du flux magnétique est  $S = 30 \text{ cm}^2$ , calculer le nombre de spires  $N_1$  au primaire. En déduire le nombre de spires  $N_2$  au secondaire.

### 2. Évaluation des pertes.

1. Quelle est la valeur efficace  $I_{2v}$  du courant au secondaire lors de l'essai à vide ?
2. Vérifier numériquement que les pertes par effet **Joule** peuvent être négligées lors de l'essai à vide.
3. En déduire la valeur des pertes fer  $P_F$ .
4. Calculer la valeur efficace  $I_{2cc}$  du courant de court-circuit au secondaire et donner la valeur des pertes cuivre  $P_J$ .

### 3. Détermination des éléments du modèle du transformateur au secondaire.

1. Représenter le modèle équivalent du transformateur vu des bornes du secondaire.
2. Calculer la résistance  $R_s$  du modèle et l'impédance  $Z_s$  correspondante.
3. En déduire la valeur de la réactance  $X_s$  du modèle.

**4. Étude en charge.**

Le transformateur, alimenté sous tension nominale  $U_{1n} = 220 \text{ V}$ , débite un courant de valeur efficace  $I_{2n} = 100 \text{ A}$  dans une charge inductive, avec un facteur de puissance égal à  $\cos\varphi_2 = 0,75$ .

1. Calculer la chute de tension  $\Delta U_2 = U_{2v} - U_2$  aux bornes du secondaire du transformateur si la chute de tension relative est de **4,6 %**.
2. En déduire que la tension au secondaire vaut  $U_2 = 42 \text{ V}$ .
3. Retrouver ce résultat en utilisant la relation approchée :

$$\Delta U_2 = U_{2v} - U_2 = (R_s \cos\varphi_2 + X_s \sin\varphi_2) I_2 .$$

4. Calculer la puissance active  $P_2$  délivrée par le secondaire.
5. En déduire la valeur de la puissance active  $P_1$  absorbée par le primaire.
6. Quelle est la valeur efficace  $I_1$  du courant dans le primaire. Comment mesurer cette valeur ?
7. Montrer que le facteur de puissance au primaire vaut  $\cos\varphi_1 = 0,77$ .
8. Calculer le rendement  $\eta$  du transformateur.

**5. Relèvement du facteur de puissance.**

1. Déterminer la capacité  $C$  du condensateur placé en parallèle avec l'enroulement primaire permettant de relever le facteur de puissance de l'installation à  $\cos\varphi'_1 = 0,93$ .
2. Calculer la valeur efficace  $I'_1$  du courant dans le primaire.

## Exercice n°2. Étude d'un transformateur monophasé.

L'élaboration de la fiche technique d'un transformateur monophasé nous conduit à réaliser plusieurs essais. Ils ont pour finalité la détermination des différentes pertes de ce transformateur monophasé dans les conditions nominales de fonctionnement.

1. Le primaire du transformateur monophasé est soumis à une tension continue  $U_{1c} = 3 \text{ V}$ . Dans ces conditions, l'enroulement primaire est parcouru par un courant continu d'intensité  $I_{1c} = 15 \text{ A}$ .

1.1. Calculer la résistance  $R_1$  de l'enroulement primaire.

1.2. Pourquoi observe-t-on une tension **nulle** au secondaire du transformateur monophasé.

2. La plaque signalétique du transformateur monophasé indique les valeurs nominales suivantes :

$$S_n = 6 \text{ kVA} \text{ et } U_{1n} = 240 \text{ V}.$$

2.1. Donner la relation de la puissance apparente au primaire de ce transformateur monophasé.

2.2. Calculer l'intensité  $I_{1n}$  du courant nominal au primaire du transformateur monophasé.

3. On effectue un essai à vide de ce transformateur monophasé sous tension nominale au primaire.

3.1. On a relevé les valeurs suivantes :

➤ Au primaire :  $U_{1v} = U_{1n} = 240 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_{1v} = 110 \text{ W}$  et  $I_{1v} = 1,6 \text{ A}$ .

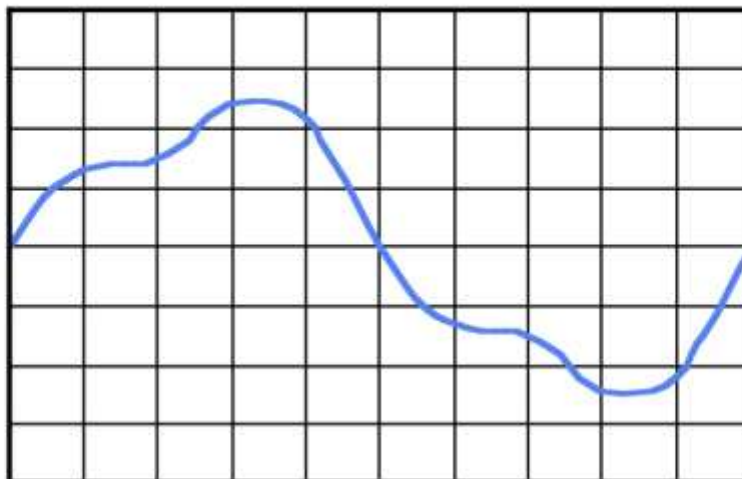
➤ Au secondaire :  $U_{2v} = 24 \text{ V}$ .

3.1.1. Calculer le rapport de transformation  $m$  du transformateur monophasé.

3.1.2. Calculer les pertes par effet **Joule** à vide  $P_{Jv}$ . En déduire la valeur des pertes dans le fer  $P_f$  du circuit magnétique sous tension nominale primaire.

3.2. Étude du courant primaire à vide.

3.2.1. Indiquer un appareil permettant d'observer à l'oscilloscope l'image d'un courant. L'oscillogramme de l'intensité du courant primaire à vide en fonction du temps  $i_{1v}(t)$  est représenté ci-dessous. Pour quelle raison le courant primaire à vide n'est-il pas sinusoïdal ?



3.2.2. Pour mesurer la valeur efficace  $I_{1v}$  de l'intensité du courant primaire à vide, lequel des ampèremètres suivants doit-on choisir ?

- Magnétoélectrique.
- Numérique non RMS.
- Numérique RMS.

4. On effectue un essai en court-circuit de ce transformateur monophasé sous courant nominal au secondaire.

On a relevé les valeurs suivantes :

$$U_{1cc} = 30 \text{ V}, P_{1cc} = 200 \text{ W} \text{ et } I_{1cc} = I_{1n} = 25 \text{ A}.$$

4.1. En admettant que les pertes dans le fer sont proportionnelles au carré de la tension primaire, on montre que les pertes dans le fer  $P_{Fcc}$  sont négligeables au cours de cet essai. En déduire que la puissance  $P_{1cc}$  correspond aux pertes nominales par effet Joule  $P_J$ .

4.2. Donner le schéma équivalent de **Thévenin** ramené au secondaire de ce transformateur monophasé en court-circuit en y faisant figurer  $E_{Sec} = mU_{1cc}$ ,  $I_{2cc}$ ,  $R_S$  et  $X_S$ .

4.3. Calculer le courant  $I_{2cc}$  et la résistance  $R_S$  du modèle équivalent.

4.4. Déterminer la f.é.m.  $E_{Sec}$  et l'impédance  $Z_S$  de ce modèle du transformateur monophasé en court-circuit ramenés au secondaire. En déduire la réactance  $X_S$  du modèle équivalent.

5. On étudie le transformateur monophasé en charge nominale. La charge est inductive et impose un facteur de puissance au secondaire  $\cos\varphi_2 = 0,75$ .

La tension primaire et le courant secondaire ont leurs valeurs nominales :

$$U_1 = U_{1n} = 240 \text{ V} \text{ et } I_2 = I_{2n} = 250 \text{ A}.$$

Les éléments du modèle équivalent ont pour valeurs respectives:

$$R_S = 3,2 \text{ m}\Omega \text{ et } X_S = 12 \text{ m}\Omega.$$

L'expression de la chute de tension au secondaire en charge nominale est :

$$\Delta U_2 = (R_S \cos\varphi_2 + X_S \sin\varphi_2) I_{2n}.$$

5.1. Calculer la tension  $U_2$  aux bornes du secondaire sachant que  $U_{2v} = 24 \text{ V}$ .

5.2. Calculer la puissance  $P_2$  fournie au secondaire par le transformateur monophasé.

5.3. Calculer la puissance  $P_1$  absorbée au primaire par le transformateur monophasé.

5.4. En déduire le rendement  $\eta$  du transformateur monophasé en charge ainsi que le facteur de puissance au primaire  $\cos\varphi_1$ .