

Examen final EL47 – Juin 2007

Durée 2heures – Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Lire attentivement le sujet. Expliquez vos démarches. N'hésitez pas à faire des schémas. Soigner la présentation.

Exercice 1

On considère un transformateur monophasé de 500kVA – 69kV/4160V – fréquence **60Hz** sur lequel on a effectué les essais suivants.

- Essai à vide **en alimentant l'enroulement secondaire** à sa tension nominale et en disposant les appareils de mesures du côté secondaire :

$$\begin{aligned}U_{20} &= 4160\text{V} \\U_{10} &= 69000\text{V} \\I_{20} &= 2,4\text{A} \\P_{20} &= 2100\text{W}\end{aligned}$$

- Essai en court-circuit au secondaire en disposant les appareils de mesures du côté primaire :

$$\begin{aligned}U_{1\text{cc}} &= 2600\text{ V} \\I_{1\text{cc}} &= 4\text{A} \\P_{\text{cc}} &= 2400\text{W}\end{aligned}$$

A – Exploitation des essais

- 1) Calculer le rapport de transformation m (avec aux moins 3 décimales après la première significative).
- 2) Calculer les éléments R_{f2} et $L_{20}\omega$ de la branche magnétisante vus du secondaire. En déduire les éléments R_f et $L_{10}\omega$ vus du primaire.
- 3) Calculer la résistance totale ρ_1 et la réactance de fuite totale $\lambda_1\omega$ vues du primaire. En déduire leurs valeurs ρ_2 et $\lambda_2\omega$ vues du secondaire.

B – Etude en charge

On rappelle sur la figure 1 le schéma monophasé du transformateur avec les résistances et inductances de fuites totales des enroulements ramenées au secondaire et les différentes notations utilisées.

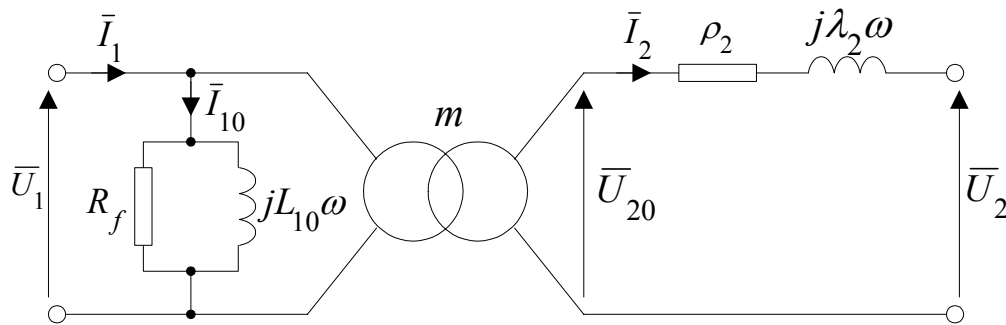


Figure 1.

Désormais on adopte : $\rho_2 = 0,55\Omega$ et $\lambda_2\omega = 2,3\Omega$.

4) Calculer :

- Le courant secondaire nominal I_{2n}
- Les pertes Joule nominales
- Les pertes fer nominales

5) Le transformateur est alimenté par la tension nominale primaire U_{1n} et débite, dans un récepteur purement résistif, le courant secondaire nominal I_{2n} .

Calculer la tension U_2 aux bornes du récepteur. (On pourra s'aider du diagramme de Fresnel pour le raisonnement).

6) Calculer :

- La valeur de la résistance du récepteur
- La puissance absorbée par le récepteur
- Le rendement du transformateur pour ce point de fonctionnement.

7) En utilisant la formule approchée de la chute de tension, déterminer pour quel type de charge la chute de tension est nulle.

Exprimer le déphasage φ_2 correspondant, puis calculer numériquement φ_2 et $\cos\varphi_2$ (Note : φ_2 est compris entre -90° et 90°).

8) Le transformateur étant alimenté par la tension primaire nominale, on se propose de déterminer la capacité qu'il faut monter en parallèle avec un récepteur résistif $R = 34\Omega$ pour annuler la chute de tension.

Calculer :

- La puissance active absorbée par le récepteur
- La puissance réactive que doit fournir la capacité
- La valeur de la capacité

9) Calculer le nouveau courant secondaire absorbé par l'ensemble R-C en parallèle.

Exercice 2

On considère le circuit magnétique représenté sur la figure 2. Toute la partie fer possède une section constante S de passage de flux.

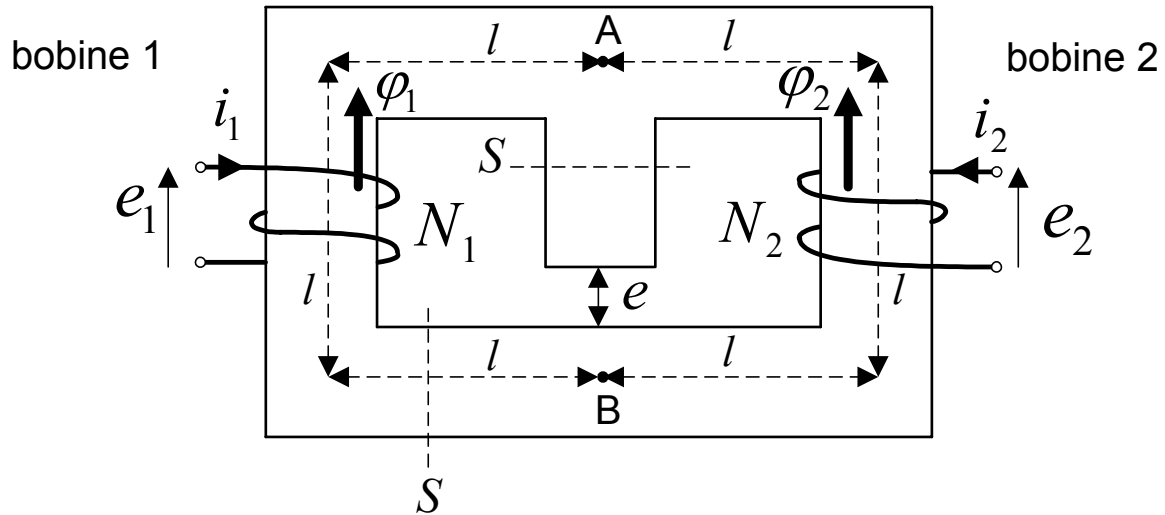


Figure 2.

On notera :

- R_1 (resp. R_2) la réluctance résultante entre les points A et B de la partie latérale gauche (resp. droite).
- R_3 la réluctance résultante entre les points A et B de la partie centrale.

On donne :

$$l = 25\text{cm} ; S = 100\text{cm}^2 ; e = 1\text{cm} ; N_1 = 100\text{spires} ; N_2 = 20\text{spires}.$$

$$\text{Perméabilité du vide : } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ [SI]}$$

$$\text{Perméabilité relative du fer : } \mu_R = 1000.$$

1) Tracer le circuit magnétique équivalent comportant les réluctances R_1 , R_2 , R_3 et les forces magnétomotrices $N_1 i_1$ et $N_2 i_2$. Calculer numériquement R_1 , R_2 et R_3 .

2) Exprimer en fonction de R_1 , R_2 et R_3 :

- la réluctance équivalente R_{eq1} vue des bornes de la source de force magnétomotrice $N_1 i_1$,
- la réluctance équivalente R_{eq2} vue des bornes de la source de force magnétomotrice $N_2 i_2$.

On rappelle que le circuit est décrit par

$$\begin{cases} N_1 \varphi_1 = \Psi_1 = L_1 i_1 + M i_2 \\ N_2 \varphi_2 = \Psi_2 = L_2 i_2 + M i_1 \end{cases}$$

où L_1 et L_2 désignent les inductances propres des bobines 1 et 2 et M leur inductance mutuelle.

3) Exprimer les inductances propres L_1 et L_2 des bobines 1 et 2 en fonction de N_1 , N_2 , R_1 , R_2 et R_3 . Calculer numériquement L_1 et L_2 .

4) Montrer que l'inductance mutuelle M peut s'exprimer par :

$$M = -N_1 N_2 \frac{R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Calculer numériquement M .

Indication : à i_2 nul, $M = \frac{\Psi_2}{i_1}$

5) On rappelle que le coefficient de dispersion est donné par $\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2}$.

Montrer que le coefficient de dispersion peut s'exprimer par :

$$\sigma = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_3)}$$

Calculer numériquement σ .

6) Le circuit magnétique étudié réalise un transformateur à fuite. L'enroulement primaire est constitué par la bobine 1 et l'enroulement secondaire par la bobine 2.

Sachant que $e_1 = \frac{d\Psi_1}{dt}$ et $e_2 = \frac{d\Psi_2}{dt}$, écrire le système d'équations différentielles exprimant e_1 et e_2 en fonction de i_1 et i_2 .

7) Montrer qu'à vide on vérifie : $\frac{e_2}{e_1} = \frac{M}{L_1}$.

Calculer la tension secondaire à vide si le primaire est alimenté par une tension sinusoïdale de valeur efficace 220V.