

Examen final EL47 – Jeudi 25 Juin 2009

Durée 2 heures – Aucune note personnelle autorisée - Calculatrice autorisée

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

Exercice 1 : Transformateur monophasé

On considère un transformateur monophasé de 1500VA – fréquence 50Hz sur lequel on a effectué les essais suivants.

- Essai à vide à *tension primaire nominale* :

$$U_{10} = U_{1n} = 230V$$

$$U_{20} = 119V$$

$$I_{10} = 0,29A$$

$$P_{10} = 35,5W$$

- Essai en court-circuit au secondaire à *courant secondaire nominal* :

$$I_{2cc} = I_{2n} = 12,5A$$

$$P_{cc} = 89,5W$$

$$U_{1cc} = 14 V$$

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.

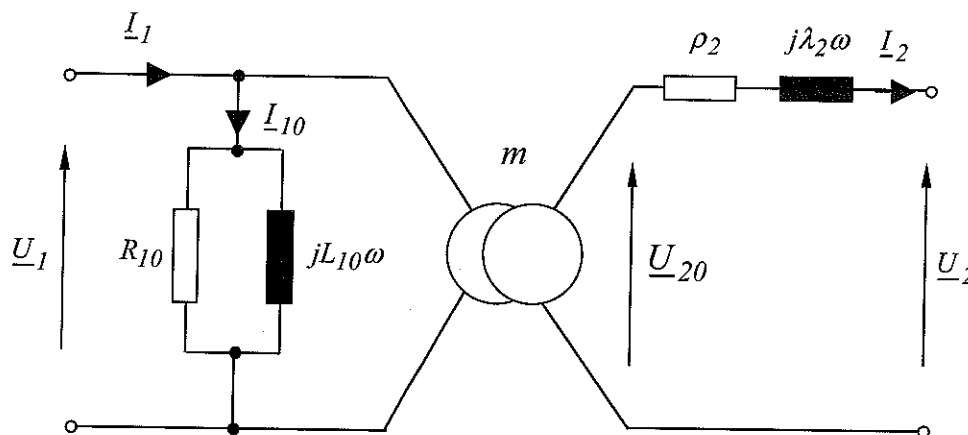


Figure 1.

- 1) Déterminer le rapport de transformation m et les éléments R_{10} et $L_{10}\omega$ de la branche magnétisante à partir de l'essai à vide.
- 2) Calculer la résistance totale ρ_2 et l'impédance de fuite totale $\lambda_2\omega$ à partir de l'essai en court-circuit.
- 3) Par une démarche géométrique simple mais claire et bien fondée, montrer que la chute de tension au secondaire s'exprime par la relation $\Delta U_2 = R_2 I_2 \cos \varphi_2 + \lambda_2 \omega I_2 \sin \varphi_2$. Le candidat pourra s'inspirer d'une illustration claire où figurent les différents éléments géométriques nécessaires.
- 4) On veut déterminer les paramètres ρ_2 et l'impédance de fuite totale $\lambda_2\omega$ par deux essais en charge.

Le premier essai est réalisé avec une charge à comportement global *inductif* et dont le facteur de puissance vaut $\cos \varphi_2' = 0,8$. La chute de tension vaut alors $\Delta U_2' = 5,07V$ et le courant secondaire mesuré est $I_2' = 10,00A$.

Le second essai est effectué avec une charge à comportement global *capacitif* et dont le facteur de puissance est $\cos \varphi_2'' = 0,85$. La chute de tension vaut alors $\Delta U_2'' = 5,42V$ et le courant secondaire mesuré est $I_2'' = 12,50A$.

Montrer qu'à partir de ces deux essais en charge, il est possible de déterminer les paramètres ρ_2 et $\lambda_2\omega$. On montrera que le problème se ramène à la résolution d'un système de deux équations à deux inconnues de la forme:

$$\begin{cases} A\rho_2 + B\lambda_2\omega = M \\ C\rho_2 + D\lambda_2\omega = N \end{cases}$$

Que représentent M , N , donner leur valeur ? Déterminer A , B , C , D en fonction de I_2' , $\cos \varphi_2'$, I_2'' et de $\cos \varphi_2''$. Calculer numériquement A , B , C , D . Achevez alors la résolution du système d'équations pour déterminer ρ_2 et $\lambda_2\omega$. Comparer les résultats obtenus avec ceux de l'essai en court-circuit. Que constatez-vous ? ces résultats sont-ils prévisibles ? pourquoi ?

Dorénavant, on suppose que : $\rho_2 = 0,57\Omega$ et $\lambda_2\omega = 0,085\Omega$.

- 5) On note respectivement par R_1 et R_2 les résistances des enroulements primaire et secondaire, par L_1 et L_2 leur inductance de fuite respective (cf. figure 2). Rappeler la relation

entre ρ_2 , R_1 , R_2 et le rapport de transformation m . Rappeler également la relation entre $\lambda_2\omega$, $L_1\omega$, $L_2\omega$ et le rapport de transformation m .

6) On désigne respectivement par ρ_1 et $\lambda_1\omega$ la résistance et l'impédance de fuite des enroulements ramenées au primaire. Etablir la relation entre ρ_1 , R_1 , R_2 et le rapport de transformation m . Rappeler également la relation entre $\lambda_1\omega$, $L_1\omega$, $L_2\omega$ et le rapport de transformation m . En déduire une relation liant ρ_1 et ρ_2 d'une part, et une expression liant $\lambda_1\omega$ et $\lambda_2\omega$ d'autre part. Calculer les valeurs de ρ_1 et $\lambda_1\omega$.

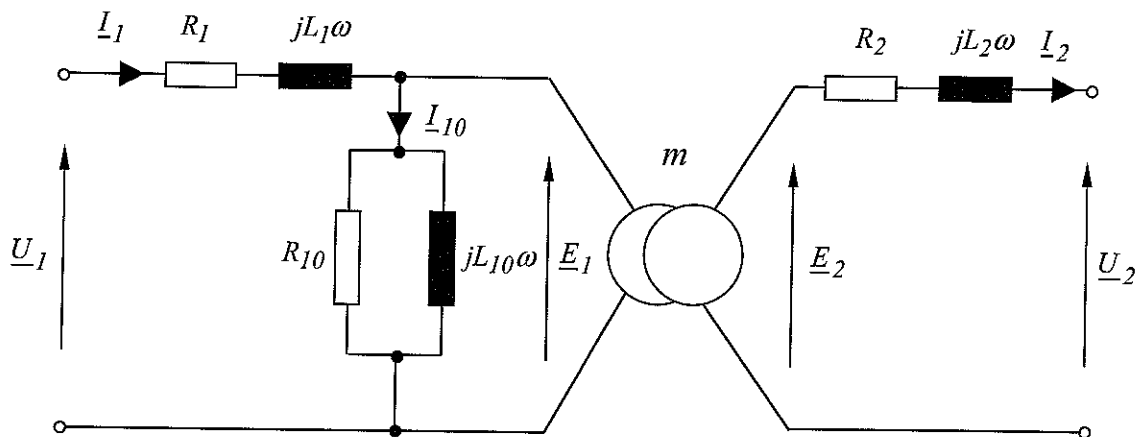


Figure 2.

7) Le transformateur est alimenté par la tension nominale primaire \underline{U}_{10} et débite au secondaire le courant nominal secondaire I_{2n} avec un facteur de puissance secondaire de $\cos \varphi_2 = 0,866$, la charge étant à comportement global **inductif**.

Déterminer numériquement la valeur de la chute de tension ΔU_2 en utilisant la relation approchée de la chute de tension établie en question 3. Calculer alors la tension secondaire U_2 .

8) Tracer le diagramme de Kapp simplifié où figurent \underline{U}_{20} , \underline{U}_2 , $\rho_2 \underline{I}_2$, $j\lambda_2\omega \underline{I}_2$, \underline{I}_2 . Tous ces vecteurs doit être tracés avec un échelle que le candidat choisira lui-même (précisez bien l'échelle dans votre copie). L'angle φ_2 doit être choisi tel que $\cos \varphi_2 = 0,866$ (se servir d'un rapporteur). On pourra choisir \underline{I}_2 ou \underline{U}_2 comme référence de phase.

Déterminer graphiquement la chute de tension ΔU_2 . Comparer le résultat obtenu avec celui trouvé analytiquement dans la question précédente. Avez-vous constaté une cohérence entre les deux résultats ?

9) Maintenant, on veut déterminer des approximations des paramètres réels R_1 , R_2 , $L_1\omega$ et $L_2\omega$ du transformateur en supposant que $R_2 \approx \frac{\rho_2}{2}$ et $L_2\omega \approx \frac{\lambda_2\omega}{2}$. En déduire les relations approchées permettant de déterminer R_1 et $L_1\omega$. Calculer numériquement les valeurs approchées de R_1 , R_2 , $L_1\omega$ et $L_2\omega$.

10) En prenant $R_1 = 1,065\Omega$ et $L_1\omega = 0,159\Omega$, tracer le diagramme de Kapp réel où figurent les grandeurs $\underline{I}_2, \underline{U}_2, R_2\underline{I}_2, jL_2\omega\underline{I}_2$, les f.é.m induites $\underline{E}_2, \underline{E}_1, R_1\underline{I}_1, jL_1\omega\underline{I}_1, \underline{U}_1$ (cf. figure 2). On pourra encore choisir \underline{I}_2 ou \underline{U}_2 comme référence de phase. ($\cos\varphi_2 = 0,866$ et $I_2 = I_{2n}$, charge à comportement global **inductif**). Par une lecture graphique, déterminer une valeur approchée de l'angle entre les tension \underline{U}_1 et \underline{U}_2 . Les différents vecteurs doivent être tracés avec un échelle que le candidat choisira lui-même (précisez bien l'échelle dans votre copie).

11) Calculer le rendement du transformateur le même point de fonctionnement ($\cos\varphi_2 = 0,866$ et $I_2 = I_{2n}$, charge à comportement global **inductif**).

12) Pour quel type de charge la chute de tension ΔU_2 est-elle nulle ? Exprimer le déphasage φ_2 correspondant, puis calculer numériquement φ_2 et $\cos\varphi_2$.

13) Le transformateur étant alimenté par la tension primaire nominale, on souhaite alimenter une charge résistive $R = 64,76\Omega$ avec une chute de tension nulle (tension secondaire aux bornes de la charge égale à la tension à vide U_{20}). Pour cela, on branche un condensateur en parallèle avec R .

Calculer :

- la puissance active absorbée par la résistance R ;
- la puissance réactive que doit fournir le condensateur ;
- la capacité C du condensateur.

14) Vérifier numériquement que le courant secondaire absorbé par l'ensemble R - C en parallèle est égal au courant secondaire nominal I_{2n} .

15) Calculer alors le rendement du transformateur pour ce point de fonctionnement.

Exercice 2 : Magnétisme

- 1) Quelle est l'équivalence de la loi d'Ohm en circuit magnétique ?
- 2) Citer au moins deux méthodes permettant d'indiquer le sens de l'induction ainsi que du flux créés par une bobine parcourue par un courant continu. Détaillez clairement ces méthodes.