

Examen Final

Mercredi 13 janvier 2016

Aucun document n'est autorisé.

La calculatrice est autorisée.

Le téléphone portable et le traducteur numérique sont strictement interdits.

Tout prêt de matériel et toute collaboration sont strictement interdits.

Ce sujet comporte 4 pages.

Lisez attentivement et entièrement l'énoncé des exercices proposés.

Respectez les instructions de l'énoncé.

Écrivez votre nom sur vos copies, numérotez-les et signez-les.

Les deux parties A et B sont à faire sur des copies séparées.

Partie A (8 points)

Question n°1 :

Donner la définition de la susceptibilité magnétique d'un matériau et la relation qui lie le vecteur d'aimantation \vec{J} à l'excitation magnétique \vec{H} .

Question n°2 :

Donner le principe de fonctionnement d'un transformateur monophasé et proposer un schéma traduisant ce principe. Faites des formulations claires et précises.

Exercice n°1 :

On dispose d'un transformateur monophasé de puissance 3500 kVA, 25000/980 V, 50 Hz. Les essais de caractérisation suivants ont été réalisés sur ce transformateur :

- l'essai à vide sous tension primaire nominale a permis de mesurer un courant à vide $I_0 = 10A$, une puissance absorbée à vide $P_0 = 1400W$ et une tension secondaire à vide $V_{20} = 1000V$;
- l'essai en court-circuit sous tension réduite telle que le courant primaire soit nominal a quant à elle permit de relever la tension primaire de court-circuit $V_{1cc} = 1812V$ et un facteur de puissance $\cos(\varphi_{cc}) = 0,3$.

- 1) A partir de l'essai à vide, déterminer R_m et X_m .
- 2) Déterminer le rapport de transformation m .
- 3) Déduire de l'essai en court-circuit les valeurs des paramètres R_S et X_S .

- 4) Le transformateur alimente une charge de facteur de puissance $\cos(\varphi) = 0,9AR$ sous une tension secondaire nominale $V_{2n} = 980V$.
- Calculer la chute de tension.
 - Déduire le courant débité par le secondaire.
 - Calculer le rendement du transformateur.
- 5) Le transformateur alimente toujours la même charge.
- Pour quel courant le rendement est-il maximal ?
 - Calculer la tension aux bornes de la charge.
 - En déduire le rendement maximal.

Partie B (12 points)

Exercice n°1 :

On considère le système électromagnétique de la Figure 1 ci-dessous. La perméabilité relative μ_r du matériau magnétique est égale à 2500. Les fuites magnétiques ainsi que les résistances des bobinages sont négligées.

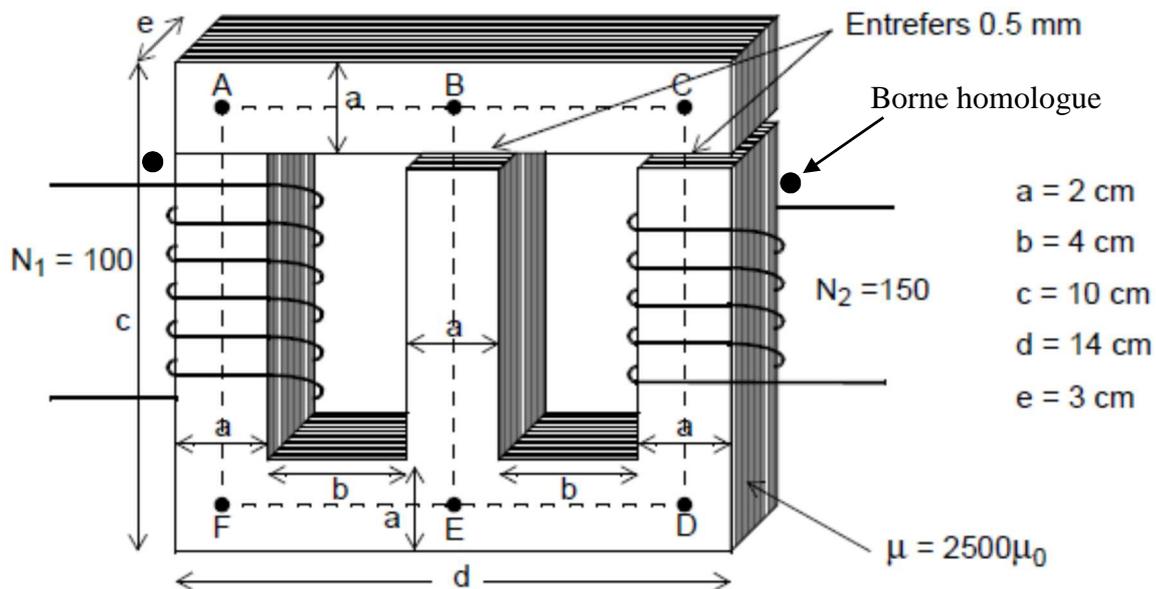


Figure 1

- Déterminer le schéma magnétique équivalent en faisant apparaître les réluctances, les forces magnétomotrices et les flux simples dans chaque branche. Calculer numériquement toutes les réluctances.
- Calculer la réluctance équivalente vue par le bobinage n°1.
- En déduire l'inductance L_1 du bobinage n°1.
- Calculer la réluctance équivalente vue par le bobinage n°2.
- En déduire l'inductance L_2 du bobinage n°2.
- En vous aidant du schéma magnétique équivalent, calculer le flux simple φ_{21} (flux par spire) injecté dans le bobinage n°2 par le bobinage n°1 (avec $I_1 \neq 0$ et $I_2 = 0$).

- 7) En déduire l'inductance mutuelle M_{21} entre le bobinage n°2 et le bobinage n°1 selon l'équation ci-dessous :

$$M_{21} = \frac{N_2 \phi_{21}}{I_1}$$

- 8) En déduire l'inductance mutuelle M_{12} entre le bobinage n°1 et le bobinage n°2 (avec $I_1 = 0$ et $I_2 \neq 0$) en effectuant la même démarche que dans les questions 6 et 7 et en utilisant l'équation ci-dessous :

$$M_{12} = \frac{N_1 \phi_{12}}{I_2}$$

On admet que le système électromagnétique, connecté à une charge Z_2 , peut être représenté par le schéma électrique équivalent de la Figure 2 ci-dessous. On donne les valeurs des éléments suivants :

$$X_1 = \omega \cdot L_1 = 800\pi \cdot L_1 = 53 \Omega$$

$$X_2 = \omega \cdot L_2 = 800\pi \cdot L_2 = 65,64 \Omega$$

$$X_m = \omega \cdot M = 800\pi \cdot M = 38,04 \Omega$$

$$Z_2 = 100 \Omega \text{ et } \underline{V}_S = 100 \angle 0^\circ (V)$$

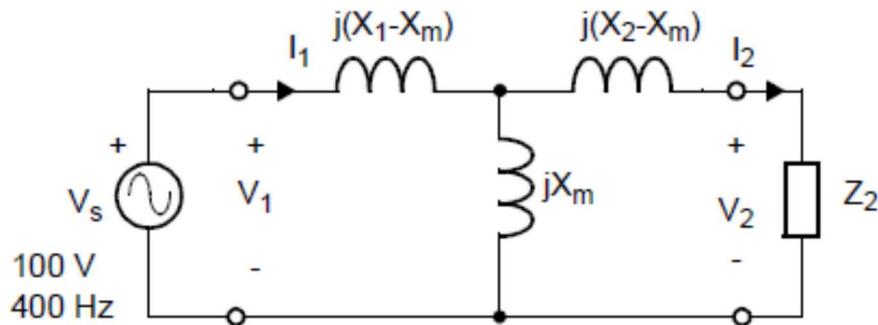


Figure 2

- 9) Calculer la tension \underline{V}_2 aux bornes de la charge Z_2 .

Exercice n°2 :

On considère un transformateur triphasé décrit par sa représentation normalisée de la Figure 3 ci-dessous.

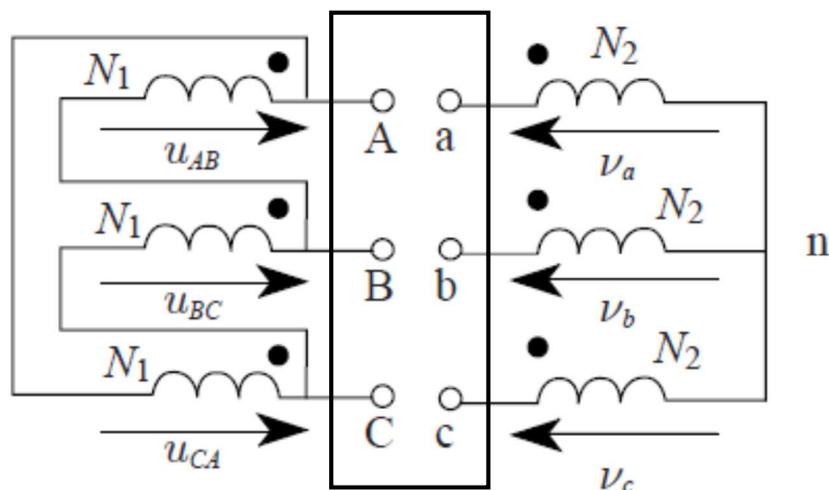


Figure 3

On applique au primaire du transformateur un système triphasé équilibré direct de tensions composées sinusoïdales u_{AB} , u_{BC} et u_{CA} de valeur efficace U_1 et on obtient au secondaire un système triphasé équilibré direct de tensions composées sinusoïdales u_{ab} , u_{bc} et u_{ca} de valeur efficace U_2 . Les intensités efficaces des courants en ligne au primaire et au secondaire sont notées respectivement I_1 et I_2 .

Les caractéristiques nominales du transformateur sont les suivantes :

- puissance apparente nominale $S_n = 250$ kVA ;
- valeur efficace nominale des tensions composées au primaire $U_{1n} = 5,20$ kV ;
- fréquence nominale $f_n = 50$ Hz.

On néglige les pertes ferromagnétiques (hypothèse de Kapp).

Deux essais ont été réalisés :

- un essai à vide avec des tensions composées au primaire de valeur efficace nominale U_{1n} : les tensions composées au secondaire ont alors une valeur efficace $U_{2v} = 400$ V ;
- un essai en court-circuit avec des tensions composées au primaire de valeur efficace $U_{1cc} = 600$ V ; les courants en ligne au secondaire ont une intensité efficace $I_{2cc} = 350$ A et la puissance active au primaire est $P_{1cc} = 7,35$ kW.

- 1) Quelle est la signification précise des points placés à une extrémité de chaque enroulement sur le schéma du transformateur à la Figure 3 ?
- 2) Calculer le rapport de transformation m du transformateur.
- 3) Pour le fonctionnement à vide du transformateur, représenter sur le même diagramme de Fresnel le système triphasé direct des tensions composées au primaire (\underline{U}_{AB} , \underline{U}_{BC} , \underline{U}_{CA}), le système des tensions simples au secondaire (\underline{V}_a , \underline{V}_b , \underline{V}_c) et le système des tensions composées au secondaire (\underline{U}_{ab} , \underline{U}_{bc} , \underline{U}_{ca}) sans respecter les échelles (seules l'allure du diagramme et les valeurs des angles nous intéressent).
- 4) En déduire l'indice horaire H du transformateur et donner le symbole normalisé de l'appareil.
- 5) Exprimer le rapport de transformation m en fonction des nombres de spires N_1 de chaque enroulement primaire et N_2 de chaque enroulement secondaire.
- 6) En déduire la valeur du rapport de transformation par colonne m_C .
- 7) Le transformateur est constitué de trois noyaux ayant chacun une section $S = 5$ dm². L'amplitude du champ magnétique dans le circuit magnétique est $B_{\max} = 1,2$ T. Calculer le nombre de spires N_1 de chaque enroulement primaire. En déduire le nombre de spires N_2 de chaque enroulement secondaire.
- 8) Le transformateur est décrit par son schéma monophasé équivalent avec résistances et inductances de fuites ramenées au secondaire. Donner le modèle de Thévenin vu du secondaire.
- 9) Calculer la résistance des enroulements ramenée au secondaire R_S et la réactance de fuites ramenée au secondaire X_S .