

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2023

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-EL-A6

Réseaux et machines électriques

Note : le symbole ' j ' dénote la partie imaginaire des nombres complexes

Question 1 (25 points) : Circuit triphasé

Comme illustré à la Figure 1, une charge triphasée équilibrée est alimentée à partir d'une source triphasée équilibrée de $480 \text{ V}_{LL} / 60 \text{ Hz}$, à travers une ligne triphasée équilibrée présentant une résistance (R_{ligne}) de 0.1Ω et une inductance (L_{ligne}) de $660 \mu\text{H}$. La charge est constituée d'une résistance en série avec un condensateur ($R_{\text{ch}} = 5 \Omega$ et $C_{\text{ch}} = 300 \mu\text{F}$) et elle est branchée en Y.

- Présenter le circuit équivalent monophasé : Source et impédances (avec leurs valeurs numériques). **(5 points)**
- Calculez le courant efficace de ligne. **(5 points)**
- Trouver la tension efficace ligne-ligne sur la charge. **(5 points)**
- Calculer la puissance réactive de la charge triphasée. **(5 points)**
- Trouver les pertes (puissance active) sur la ligne triphasée. **(5 points)**

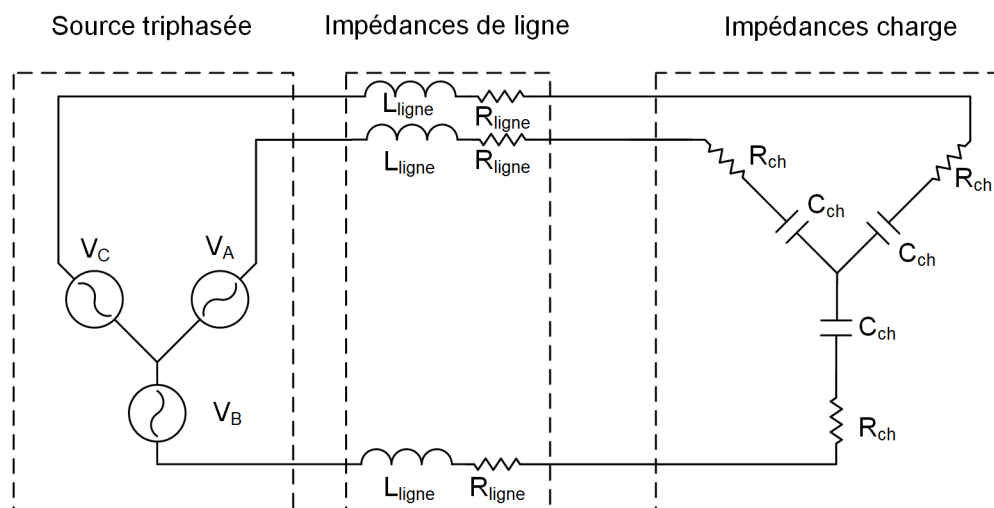


Figure 1

Question 2 (25 points) : Transformateur monophasé

- a) En considérant le modèle équivalent du transformateur présenté à la figure 2 (reporté au primaire) et que la résistance de charge au secondaire est de 5Ω , déterminez la tension et le courant mesurés au secondaire du transformateur. Les paramètres du transformateur sont : $X_m = j40\text{ k}\Omega$, $R_C = 22\text{ k}\Omega$, $R_{eq} = 15\text{ }\Omega$, $X_{eq} = j18\text{ }\Omega$. La tension d'alimentation V_P est de 2 kVrms et le rapport de transformation (a) est de 10. **(7 points)**

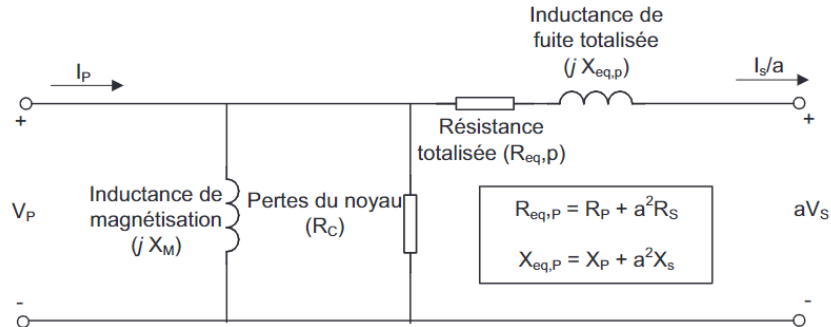


Figure 2

- b) En considérant le modèle équivalent du transformateur décrit à la question précédente et en conservant la résistance de charge de 5Ω en sortie, déterminez le facteur de puissance à l'entrée du transformateur. **(6 points)**
- c) Déterminez la valeur du condensateur qui devrait être branché à l'entrée du transformateur (en parallèle avec les conducteurs du transformateur) pour obtenir un facteur de puissance unitaire vu de la source lorsque le transformateur fonctionne à vide (c'est-à-dire lorsque le secondaire est en circuit ouvert) **(6 points)**
- d) Si la source de 2 kV possède une impédance Thévenin équivalente de $20 + j100\text{ (Ohms)}$ et que la charge de 5Ω est toujours branchée au secondaire du transformateur, déterminez la tension efficace qui sera mesurée aux bornes de la charge. **(6 points)**

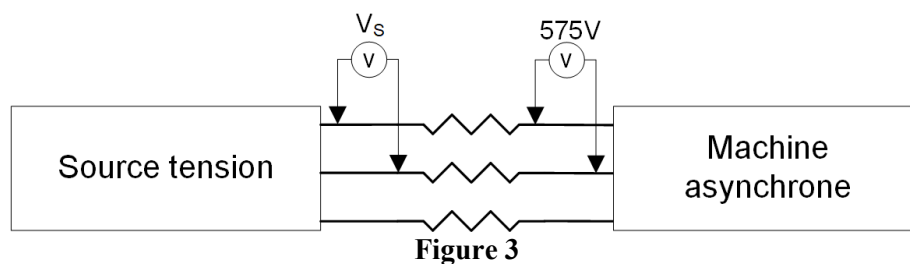
Question 3 (25 points) : Moteur asynchrone triphasé

Une machine asynchrone triphasée qui fonctionne en mode générateur opère avec un glissement négatif (s) de -0.016685. La machine asynchrone possède les paramètres (par phase) qui se trouvent dans le Tableau 3.

Inductance de magnétisation (L_M)	22 mH
Inductance de fuite stator (L_1)	0.25 mH
Inductance de fuite rotor (L'_2)	0.25mH
Résistance statorique (R_1)	0.1 Ω
Résistance rotorique (R'_2)	0.2 Ω
Fréquence du réseau	60 Hz
Tensions ligne à ligne efficace du réseau	575V
Nombre de paires de pôles (p)	2
Branchement de la machine	Y

Tableau 3

- À partir de ces paramètres, déterminez la vitesse de révolution de la machine lorsqu'elle opère avec le glissement mentionné (en rpm). (5 pts)
- Calculez le couple développé par la machine (pour le glissement mentionné.) (7.5 pts)
- Calculez la puissance active retournée à la source (pour le glissement mentionné.) (7.5 pts)
- Si la source qui alimente la machine asynchrone possède une résistance pure de 0.12 Ω comme illustré à la Figure 3, et que la tension aux bornes de la machine est fixe à 575V, déterminez à quelle tension (ligne à ligne) il faut ajuster la source V_s pour opérer dans ces conditions (pour le glissement mentionné.) (5 pts)



Notez que pour tous vos calculs, vous pouvez négliger les pertes associées aux roulements à billes ainsi que les pertes fer (résistance r_p dans le modèle équivalent).

Question 4 (25 points) : Machine synchrone

Un générateur synchrone triphasé, 5 paires de pôles, 400 kVA, 0,85 facteur de puissance en retard, 480 V, 60 Hz, est connectée en Y. Il présente une résistance d'induit négligeable et une réactance synchrone de 0.3Ω , par phase.

- a) Déterminer la vitesse de rotation (en rpm) et le couple nominal du générateur. **(5 points)**
- b) Calculer la valeur et l'angle de la tension interne (ou angle de couple) lorsque le générateur est connecté à un réseau de très grande puissance (ou réseau infini) et fournit la puissance apparente nominale. **(7,5 points)**
- c) En considérant le point d'opération déterminé à la question b), dessinez le diagramme vectoriel qui correspond à ce point d'opération. Utilisez la tension du réseau infini comme axe de référence. **(7,5 points)**
- d) Si la tension efficace de phase est liée au courant de champ de la machine par la relation suivante

$$V_{efficace,phase} = (2.45)(I_{champ})$$

déterminez le courant de champ pour le point d'opération déterminé à la question b). **(5 points)**