

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2024

Note au sujet de la propriété intellectuelle des modèles d'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec

Les modèles d'examen se trouvant sur le site internet de l'Ordre des ingénieurs du Québec sont la propriété exclusive de l'Ordre et leur utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de ces modèles constitue une violation de la propriété intellectuelle et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de ses modèles d'examen.

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 3 heures

Nombre de questions : 4

22-EL-A6 Réseaux et machines électriques

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

Question 1 (25 points) : Transformateur monophasé

- a) En considérant le modèle équivalent du transformateur présenté à la **Figure 1.1** (reporté au primaire) et que la résistance de charge au secondaire est de 4Ω , déterminez la tension et le courant mesurés au secondaire du transformateur. Les paramètres du transformateur sont : $X_m = j3.6\text{ k}\Omega$, $R_C = 2\text{ k}\Omega$, $R_{eq} = 10\ \Omega$, $X_{eq} = j15\ \Omega$. La tension d’alimentation V_P est de 1.8 kVrms , 60Hz , et le rapport de transformation (a) est de 10. **(7 points)**

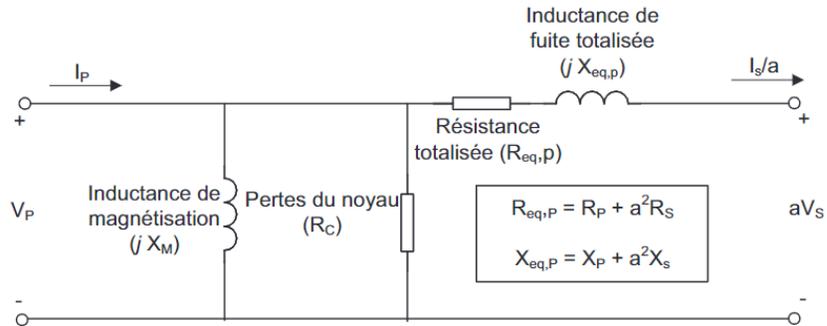


Figure 1.1

- b) En considérant le modèle équivalent du transformateur décrit à la question précédente et en conservant la résistance de charge de 4Ω 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) Déterminez le taux de régulation du transformateur pour la charge de 4Ω en sortie **(6 points)**

Question 2 (25 points) : Machine synchrone à rotor bobiné

Un générateur synchrone triphasé, 6 paires de pôles, 450 kVA, 0,85 facteur de puissance en retard, 460 V, 60 Hz, est connectée en Y. Son stator présente une résistance négligeable et une réactance synchrone de 0.1Ω , 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 produite par la machine synchrone est liée au courant de champ de la machine par la relation suivante

$$V_{efficace,phase} = (1.25)(I_{champ})$$

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

Question 3 (25 points) : Moteur asynchrone triphasé

Une **machine asynchrone triphasée** qui fonctionne en **mode moteur** opère à une vitesse de 1780RPM. La machine asynchrone possède les paramètres (par phase) qui se trouvent dans le Tableau 3.1.

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 3.1

- À partir de ces paramètres et du point d'opération mentionné, déterminez le glissement (s) de la machine. (5 pts)
- Calculez le couple développé par la machine (pour le glissement calculé.) (7.5 pts)
- Calculez la puissance active tirée de la source (pour le glissement calculé.) (7.5 pts)
- Calculez le rendement de la machine (pour le glissement calculé.) (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) : Circuit triphasé

Comme illustré à la **Figure 4.1**, une charge triphasée équilibrée est alimentée à partir d'une source triphasée équilibrée de $2\text{kV } V_{LL} / 60\text{ Hz}$, à travers une ligne triphasée équilibrée présentant une résistance (R_{ligne}) de 0.15Ω et une inductance (L_{ligne}) de 1mH . La charge est constituée d'une résistance en parallèle avec un condensateur ($R_{\text{ch}} = 100\Omega$ et $C_{\text{ch}} = 50\mu\text{F}$) et elle est branchée en Y. À partir de ces informations, répondez aux questions suivantes :

- 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 apparente de la source triphasée. **(5 points)**
- Trouver les pertes (puissance active) sur la ligne triphasée. **(5 points)**

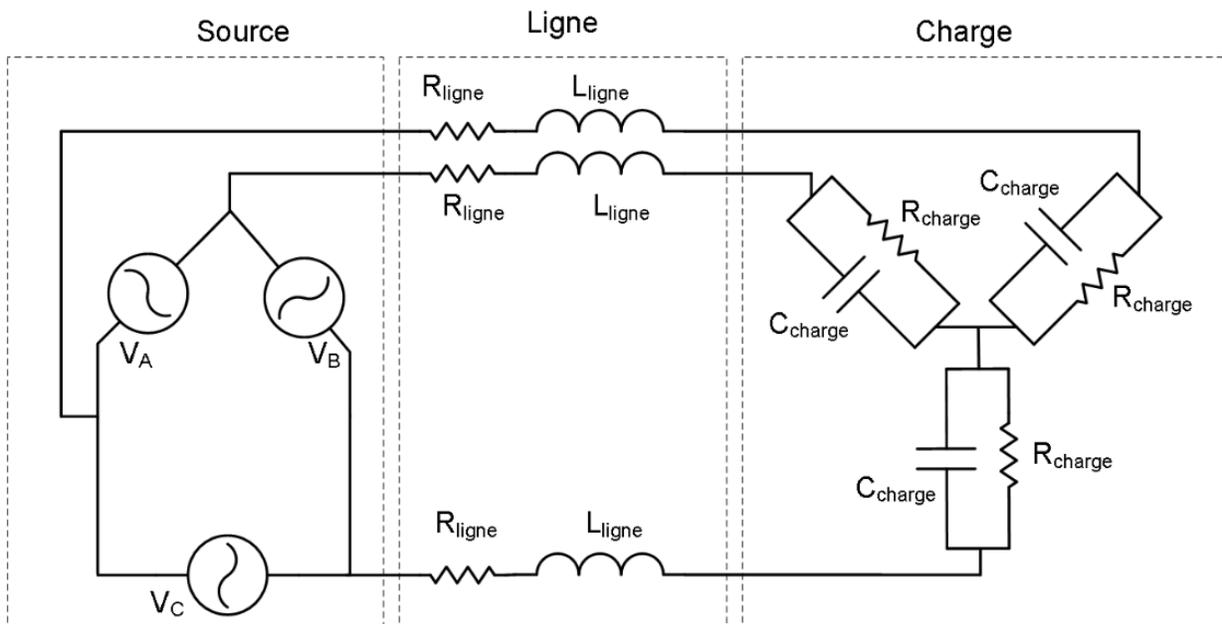


Figure 4.1