

IGEE 405 – ELE4455 – SYSTÈMES ÉLECTROMÉCANIQUES

EXAMEN PÉRIODIQUE – QUESTIONNAIRE

AUTOMNE 2011

Question 1 (30%)

Un groupe moteur, composé d'une machine asynchrone et de deux machines CC est illustré à la figure 1.

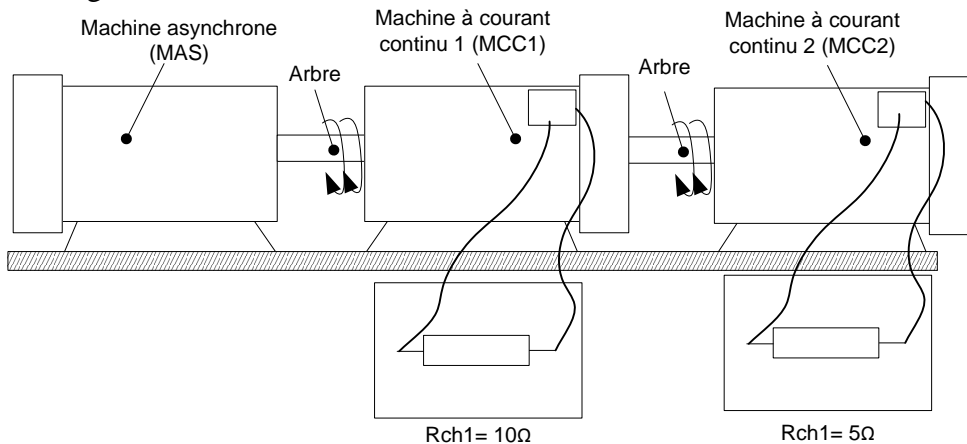


Figure 1 - Groupe dynamométrique composé d'une MAS et deux machines CC

Considérez les roulements à billes de toutes les machines parfaits (pas de couples associés à la friction) ainsi qu'une ventilation fournie par une quatrième machine qui n'est pas illustrée sur la figure. Les deux machines CC sont utilisées comme génératrices. Les paramètres des machines CC sont groupés dans la table 1.

Table 1 Paramètres des machines CC

Paramètres	Machine CC 1	Machine CC 2
Résistance d'armature (r_a)	1.2Ω	1.32Ω
Constante de couple (k_ϕ)	0.5 Vs/rad	0.7 Vs/rad
Résistance de charge (r_{ch})	10Ω	5Ω

- Si la vitesse de rotation de la machine asynchrone est de 1780 rpm, déterminez les puissances délivrées aux charges r_{ch1} et r_{ch2} ? (**$P_{MCC1} = 692.4W$, $P_{MCC2} = 2131W$**)
- Déterminez les couples générés par chacune des machines CC (MCC1 et MCC2)? (**Couple $MCC1 = 4.16 \text{ Nm}$, Couple $MCC2 = 14.45 \text{ Nm}$**)
- Déterminez le couple fourni par la machine asynchrone? (**Couple $MAS = 18.6 \text{ Nm}$**)
- Déterminez la puissance fournie par la machine asynchrone? (**$P_{MAS} = 3469.5W$**)
- En considérant que la machine asynchrone a un rendement de 88%, qu'elle est alimentée sur un réseau triphasé possédant une tension de ligne de 460V à 60Hz

et qu'elle opère à un facteur de puissance ($\cos(\Phi)$) de 0.8, déterminez le courant tiré de la ligne? ($I_{\text{ligne}} = 6.19 \text{ Arms}$)

Question 2 (10%)

Une société de génie conseil désire utiliser une machine asynchrone à rotor bobiné pour une application nécessitant un couple de démarrage très élevé. Ils vous proposent une machine qu'ils ont déjà sélectionnée et ils veulent optimiser le couple de démarrage en utilisant des résistances branchées sur les connexions rotoriques. Ils vous demandent ensuite de trouver la résistance optimale qui permettrait d'obtenir le couple de démarrage le plus élevé possible. En utilisant les équations de la machine asynchrone en régime permanent et **SANS EFFECTUER DE CALCULS**, expliquez la démarche que vous utiliseriez pour parvenir à déterminer la valeur de cette résistance.

Un exemple de réponse recherchée est : "...j'utiliserais l'expression (abc) qui décrit le couple en fonction de la vitesse dont je faisais la série de Taylor autour de zéro. En isolant la variable Ω , j'obtiendrais la puissance...". Il n'est pas permis de dire que vous utiliseriez des logiciels ou une calculatrice. Vous devez mentionner correctement les algorithmes que vous utiliseriez. **(Rép : On pose tout d'abord le glissement à 1 dans l'équation du couple de la machine asynchrone puisque le couple de démarrage est à rotor bloqué. En posant $s=1$, et en supposant que la tension d'alimentation ainsi que tous les autres paramètres sont connus, on obtient le couple de la machine en fonction de la résistance r_r' . On dérive ensuite cette expression en fonction de r_r' et on pose cette dérivé égale à zéro pour trouver le(s) maximum(s) de cette fonction. Si plusieurs zéros existent, il faut tracer un graphe afin d'identifier le maximum global.)**

Question 3 (25%)

On vous demande de déterminer les paramètres d'une machine asynchrone de classe A à partir des résultats contenus dans la table 2. Tous les tests ont été effectués avec une source de tension triphasée. Il est mentionné dans la procédure de test que l'inductance de magnétisation possède une si grande valeur qu'elle peut être négligée dans le test à rotor bloqué. Il est également mentionné dans la procédure de test qu'il est possible de négliger les pertes fer (la résistance en parallèle avec l'inductance de magnétisation) puisqu'il s'agit d'une machine de petite taille. Les enroulements de la machine sont connectés en Y. Par chaque test, vous devez effectuer un diagramme électrique avec tous les éléments requis (résistance statorique, inductance de magnétisation ...) et écrire les équations correspondantes à vos calculs. **(Rép : $r_s = 0.33\Omega$, $r_r' = 0.41\Omega$, $L_M = 35\text{mH}$, $L_{lr}' = 2\text{mH}$, $L_{ls} = 2\text{mH}$)**

Table 2 Mesures en CC, rotor bloqué et vitesse synchrone

Test en CC	Test à rotor bloqué	Test à vitesse synchrone
Vdc = 10V	Vefficace (phase) = 10V	Vefficace (ligne-ligne) = 220V
Idc = 15.15A	Puissance réelle (3 Φ) =	Puissance réelle (3 Φ) = 82W

	235.6W	
	Puissance réactive (3Φ) = 200VARS	Puissance réactive = 3.47kVARS
	Courant (phase) = 10.3A rms	Courant (phase) = 9.1A
	Fréquence = 25Hz	Fréquence = 60Hz

Question 4 (10%)

Un réseau composé de trois sources de tension est donné par le vecteur suivant :

$$V = \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{pk} \cos(\omega t) \\ V_{pk} \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \\ V_{pk} \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix}$$

Doit être converti dans un référentiel tournant $qd0$. La matrice de transformation (K_s) est donnée par :

$$K_s = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \sin(\theta) & \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

La fréquence angulaire de la source (ω_s) est de 120π rad/s. La valeur crête source (V_{pk}) est de 100V. La fréquence angulaire du référentiel tournant est également de 120π rad/s.

- a) Pour $t = 1/480$ seconde, on demande de trouver les composants dq dans le référentiel tournant. Vous devez écrire dans vos cahiers d'examen, toutes les multiplications/ additions que vous effectuerez pour y parvenir. (Rép : $V_q = 100V$ et $V_d = 0V$)

Question 5 (25%)

Une machine asynchrone possède les paramètres suivants :

Paramètres	Valeurs
r_s	0.92Ω
r_r	0.435 Ω
L_M	55mH
L_{ls}	4mH
L_{lr}'	5mH
p (nombre de paires)	2

- a) Déterminez le module du courant nécessaire pour produire un couple de 91.86Nm à une vitesse de 1756 r.p.m. si la fréquence du réseau sur lequel est branchée la machine est de 60Hz. **(Rép : 25A)**
- b) Déterminez la tension ligne à ligne qu'il faut appliquer sur la machine pour obtenir ce couple, toujours à une fréquence de 60Hz. **(Rép : 632.58V)**
- c) Déterminez le module de l'impédance de la phase $|Z|$. **(Rép : 14.6 Ω)**