

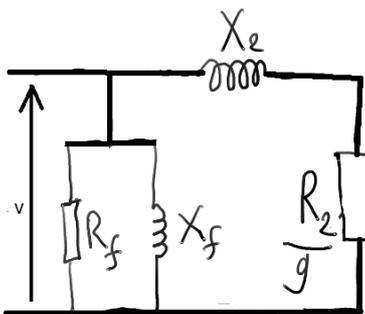
Master Professionnel AEII
Electronique de puissance
Terminal, durée 2h00

*Document autorisé : une feuille A4 recto-verso manuscrite ou dactylographiée
Calculatrice autorisée*

Chaque candidat doit, en début d'épreuve, porter son nom dans le coin de la copie qu'il cachera par collage après avoir été pointé. Il devra, en outre, porter son numéro de place sur chacune des copies, intercalaires ou pièces annexées.

1 Moteur asynchrone triphasé

Le schéma monophasé équivalent d'un moteur asynchrone triphasé est donné ci-dessous.



Ce moteur entraine un ventilateur dont la caractéristique r est donnée par $C = 6 \cdot 10^{-4} \cdot N^2$ avec C , le couple de freinage du ventilateur et N la vitesse de rotation (en $tr \cdot mn$)

1.1 Couplage direct au réseau à 50 Hz

Le moteur est d'abord connecté directement au réseau de fréquence $f_n = 50$ Hz sous sa tension simple nominale $V_n = 380$ volts. On supposera qu'une seule paire de pôles existe.

Dans ces conditions on a déterminé $R_f = 54 \Omega$, $X_f = 2,68 \Omega$; $R_2 = 28 m\Omega$ et $X_2 = 184 m\Omega$ et le groupe motoventilateur tourne dans ses conditions nominales à 1450 tr/mn. Par ailleurs, si l'on désaccouple le moteur du ventilateur (moteur à vide) la vitesse est très voisine de 1500 tr/mn.

- 1. Donner les valeurs numériques de la vitesse de synchronisme N_s et de la valeur de rotation N . Rappeler la relation existante entre ces deux quantités. En déduire la valeur numérique du glissement g .

On montre que le couple électromagnétique C_{EM} s'écrit

$$C_{EM} = \frac{3 \cdot m \cdot V_n^2}{\omega} \cdot \frac{R_2/g}{(R_2/g)^2 + (X_2)^2} \quad (1)$$

avec $\omega = 2\pi \cdot fn$ et m le rapport de transformation. On supposera par la suite que $m = 1$.

- 2. Déterminer l'expression et la valeur numérique du glissement g pour laquelle le couple maximum $C_{EM_{max}}$ est obtenu. Comparer à la valeur précédente.
- 3. Calculer numériquement $C_{EM_{max}}$ (en $N \cdot m$) et la vitesse de rotation en tr/mn pour $C_{EM_{max}}$. Lorsque le moteur est couplé au ventilateur, fournit-il son couple maximum ?
- 4. Compléter le graphique joint avec la courbe donnant le couple du ventilateur en fonction de la vitesse de rotation. Vérifier que la vitesse de rotation du moteur est de 1450 tr/mn. En déduire la valeur de g . Que peut-on dire des pertes dans des conditions ?

1.2 Pilotage par un onduleur

Le moteur est maintenant piloté par un variateur qui maintient $V/f = V_n/f_n$ tant que la fréquence f est inférieure ou égale à f_n et qui garde $V = V_n$ pour $f > f_n$.

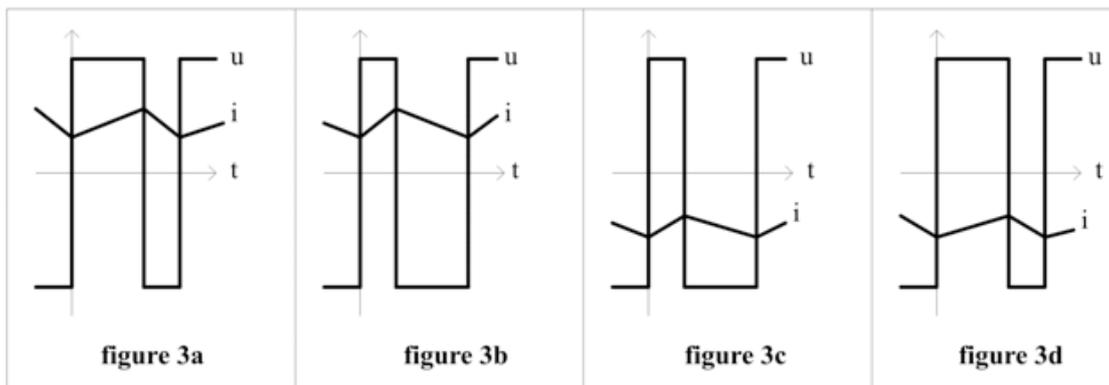
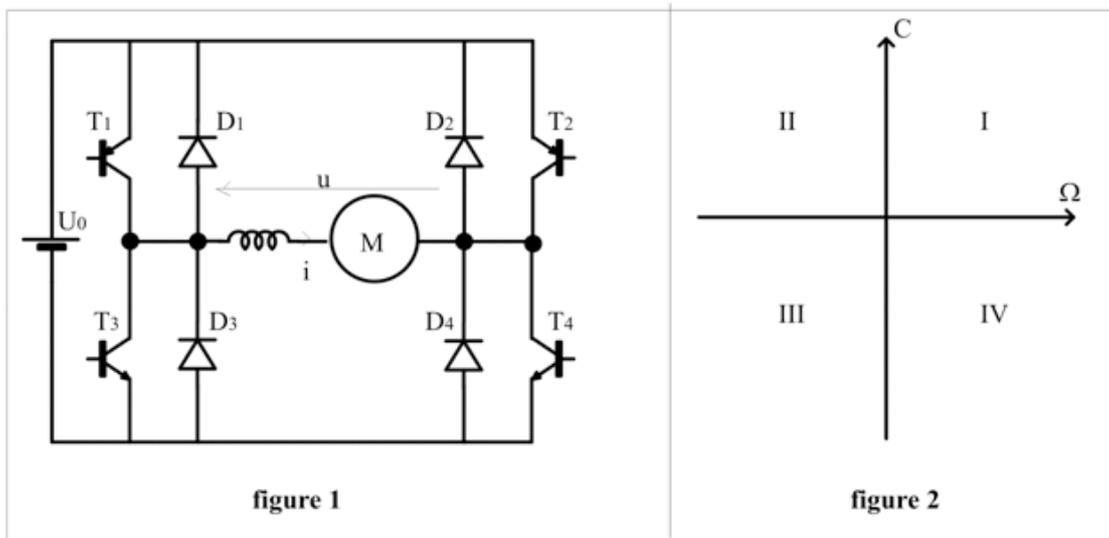
- 1. Montrer que $C_{EM_{max}}$ reste constant si le rapport V/f l'est aussi. On rappelle que $X_2 = L_2 \cdot \omega$
- 2. Calculer $C_{EM_{max}}$ pour $f = 20, 50$ et 60 Hz ainsi que la vitesse en tr/mn pour laquelle ce couple est atteint.
- 3. Pour des vitesses proches de la vitesse de synchronisme, simplifier l'expression (1) en éliminant X_2 . Rechercher alors une relation linéaire entre le couple C_{EM} et la vitesse de rotation N (tr/mn) en effectuant le développement limité adéquat.
- 4. Montrer que la pente de cette droite reste constante si le rapport V/f le reste aussi.
- 5. Donner l'allure des courbes C_{EM} en fonction de N pour $f = 20, 50$ et 60 Hz.

2 Moteur à courant continu contrôlé par un hacheur

Un moteur à courant continu à aimants permanents est alimenté par un hacheur quatre quadrants (figure 1). La réaction magnétique d'induit étant négligeable, on note K_E le coefficient de proportionnalité entre la vitesse angulaire Ω et la fem E de l'induit : $K_E = 0,5 \text{ V} \cdot \text{rd}^{-1} \cdot \text{s}$. L'induit en série avec la bobine de lissage est de résistance négligeable et de self inductance L . On néglige toutes les pertes du moteur.

2.1 Etude du fonctionnement du moteur.

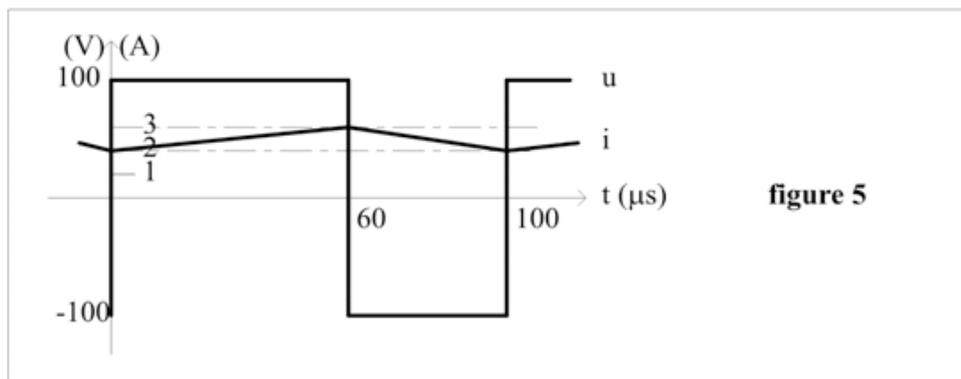
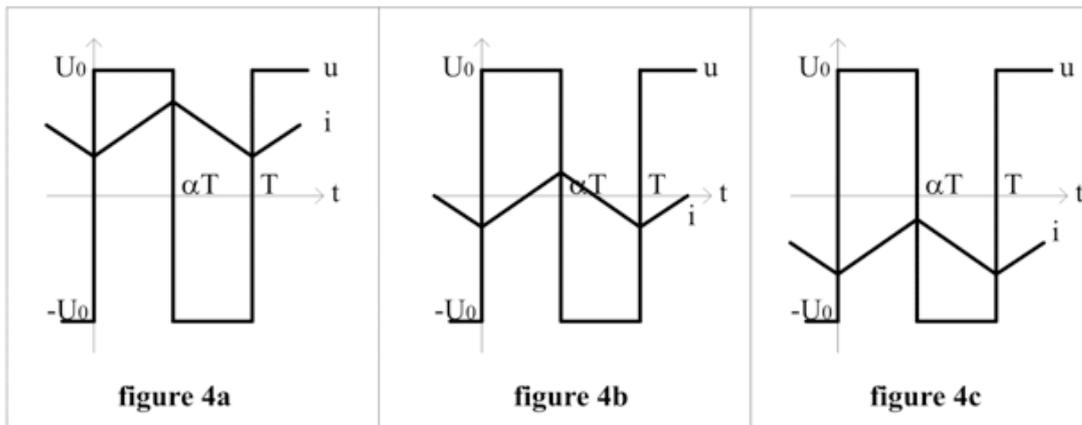
- 1. Montrer que la valeur moyenne U de la tension u est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur. Quelle est la valeur numérique du coefficient de proportionnalité ?
- 2. Montrer que la valeur moyenne I du courant i est proportionnelle au couple C . Quelle est la valeur numérique du coefficient de proportionnalité ?
- 3. Suivant les signes de Ω et de C , la figure 2 définit quatre quadrants de fonctionnement. Le courant i et la tension u ont été relevés en régime établi pour plusieurs conditions de fonctionnement (figure 3). u et i sont orientés de sorte que la figure 3a corresponde à un fonctionnement dans le quadrant I. Préciser dans quels quadrants fonctionnait la machine lorsqu'on a relevé les oscillogrammes présentés en figure 3b, 3c et 3d ainsi que le signe de la puissance fournie par la batterie d'accumulateurs U_0 dans chacun des cas.



2.2 Etude du hacheur

Les transistors et les diodes sont sans pertes et de commutation instantanée. On considère le régime périodique établi à la période T du hacheur : α étant le rapport cyclique de hachage, de 0 à αT les courants de bases des transistors 1 et 4 commandent la saturation de ces derniers si le courant collecteur le permet (T2 et T3 sont alors bloqués), de αT à T les courants de bases des transistors 2 et 3 commandent la saturation de ces derniers si le courant collecteur le permet (T1 et T4 sont alors bloqués).

- 1. La figure 4 montre l'allure de u et i correspondant à trois types de fonctionnement (indépendants de l'étude de la première partie). Préciser pour chacun de ces trois cas quels sont, à chaque instant, parmi les quatre transistors et les quatre diodes, les composants en conduction.
- 2. Quelle est la tension moyenne U de u en fonction de U_0 et de α ? En déduire l'expression de la fem E du moteur en fonction de U_0 et de α .
- 3. Déterminer pour $t \in [0, \alpha \cdot T]$, l'expression de di/dt en fonction de U_0 , L et α . En déduire l'ondulation crête à crête du courant i en fonction des mêmes grandeurs et de T .
- 4. Application numérique : déduire du relevé de la figure 5 la valeur de L .



Courbe réponse de l'exercice 1. A rendre avec la copie

Numéro :

