

Durée : 4 h

Coefficient : 3

Un moteur asynchrone triphasé 220 V/380 V, 50 Hz a un stator à 4 pôles couplé en étoile et un rotor à cage. Sous alimentation nominale, on a obtenu :

- à vide, un courant de ligne d'intensité 6 A.
- à charge nominale, un courant de ligne d'intensité 19,4 A, une puissance absorbée de 11 kW et une fréquence de rotation de 1 440 tr/min.

Dans tout le problème, on néglige les résistances et inductances de fuite statoriques, les pertes fer et les pertes mécaniques.

I - ETUDE DE LA MACHINE ALIMENTEE PAR UN RESEAU FIXE

La machine asynchrone est alimentée sous 220 V/380 V, 50 Hz.

1) Déterminer pour le fonctionnement à charge nominale :

- le glissement g .
- la puissance réactive absorbée.

Donner le schéma de branchement des deux wattmètres permettant de mesurer la puissance active P et la puissance réactive Q absorbées.

Calculer ;

- le moment du couple nominal C_n .
- les pertes rotoriques par effet Joule .

2) Montrer que les éléments du schéma équivalent p ar phase donné à la figure 1 (page 4) ont pour valeurs :

$$L = 117 \text{ mH} \quad l = 9,4 \text{ mH} \quad r = 0,5 \Omega.$$

3) Montrer que le moment C du couple de la machine peut s'écrire :

$$C = \frac{6V^2}{\omega} \times \frac{\frac{r}{g}}{\left(\frac{r}{g}\right)^2 + (l\omega)^2}$$

4) Pour quelle valeur de glissement g_{\max} , le moment du couple est-il maximal ?

Donner la valeur de ce maximum C_{\max} et la fréquence de rotation correspondante en tr/min.

5) Tracer l'allure du graphe donnant le moment du couple C en fonction de la fréquence de rotation de 0 à 3000 tr/min. Préciser le type de fonctionnement suivant la fréquence de rotation.

II . ETUDE DU MOTEUR ALIMENTE A FREQUENCE VARIABLE ET $V/f = \text{Cte}$.

La tension simple V et sa fréquence f restent dans un rapport constant $V/f = k = 4,4$ volts / Hertz jusqu'à l'alimentation nominale de la machine. On suppose la machine non saturée : la valeur de L est indépendante de la fréquence.

1) Montrer que l'expression du moment du couple C peut alors s'écrire :

$$C = A \frac{1}{\frac{r}{gl\omega} + \frac{gl\omega}{r}}$$

Donner la valeur numérique de A.

2) La valeur maximale du moment du couple dépend-elle de la fréquence d'alimentation ?

3) En régime permanent stable, pour un moment C du couple fixé, on montre que la quantité $g.\omega$ reste constante quand la fréquence f varie.

Si N_s est la fréquence de synchronisme, N la fréquence de rotation, exprimer $\Delta N = N_s - N$. Quelle est la propriété de ΔN quand f varie à couple fixé ?

Préciser ΔN pour les couples C_n et C_{max} .

4) Dans un tableau, donner les valeurs numériques de la fréquence de rotation N en tr/min pour les trois valeurs 10 Hz, 30 Hz et 50 Hz de la fréquence et correspondant à des fonctionnements :

- à vide

- à couple nominal C_n

- à couple maximal C_{max} .

5) Tracer pour les trois fréquence précédentes l'allure du réseau de caractéristiques $C(N)$ en le limitant au cas de fonctionnement stable en moteur. Dans la suite du problème on se limitera à ce cas.

6) Déterminer la fréquence minimale pour obtenir un couple de démarrage au moins égal au couple nominal C_n .

7) Le moteur entraîne une charge mécanique qui lui oppose un couple résistant de moment constant $C_r = 40$ N.m. Déterminer la fréquence de rotation du groupe en régime permanent pour une alimentation à fréquence 30Hz. (On pourra effectuer des approximations en les justifiant).

8) En faisant apparaître les impédances sur le schéma équivalent par phase, établir sans calcul une propriété remarquable de la valeur efficace I de l'intensité du courant en ligne lorsque la fréquence d'alimentation du moteur asynchrone varie alors que le moment du couple résistant reste constant. (Un posera $V = K\omega$ et on utilisera la linéarité des équations de l'électricité)

III-ONDULEUR AUTONOME TRIPHASE

L'alimentation du moteur asynchrone est fournie par un onduleur triphasé à partir d'une source continue réglable de f-e- m. E proportionnelle à la fréquence de l'onduleur : $E = a.f$. Le schéma de principe est donné à la figure 2 (page 4). Les intervalles de fermeture des interrupteurs sont indiqués pour une période T de fonctionnement à la figure 3 (page 4). Chaque interrupteur est constitué d'un transistor et d'une diode supposés parfaits (figure 4) (page 5).

1) Représenter $u_{12}(t)$, $u_{23}(t)$ et $u_{31}(t)$ sur le document-réponse.

2) Montrer que $v_1 = 1/3 (u_{12} - u_{31})$ sachant que l'on a toujours $v_1 + v_2 + v_3 = 0$ Représenter $v_1(t)$ sur le document-réponse.

3) Indiquer le cycle de fermeture des interrupteurs permettant d'inverser le sens de rotation du moteur.

4) On donne le développement en série de Fourier de la fonction représentée à la figure 5 (page 5):

$$u(t) = \frac{4U}{P} (\cos\alpha \sin\omega t + \frac{1}{3} \cos 3\alpha \sin\omega t + \dots)$$

Montrer que le terme fondamental du développement en série de Fourier de $v_1(t)$ est :

$$v_{1f}(t) = \frac{2E}{\Pi} \sin \omega t$$

(On pourra décomposer $v_1(t)$ en deux signaux simples de la forme $u(t)$ avec $\alpha_1=0$, $\alpha_2=\Pi/3$).

Quelle valeur faut-il donner au coefficient $a = E/f$ pour que ce fondamental ait une valeur efficace de 220 V à 50 Hz ?

5) Dans la réalité l'onduleur triphasé est constitué comme l'indique la figure 4 (page 5). Dans ces conditions le courant $i_1(t)$ a l'allure dessinée sur le document réponse à la figure 6 (page 6). La séquence de commande des interrupteurs est celle de la figure 3 (page 4).

Compléter le document réponse en indiquant les intervalles de conduction des composants T_1 ou D_1 , T_4 ou D_4 .

BAREME: I - 20 points II - 20 points III - 20 points

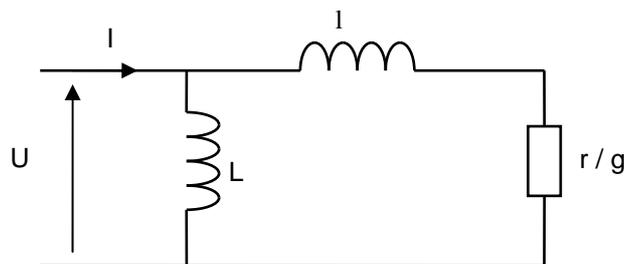


Figure 1

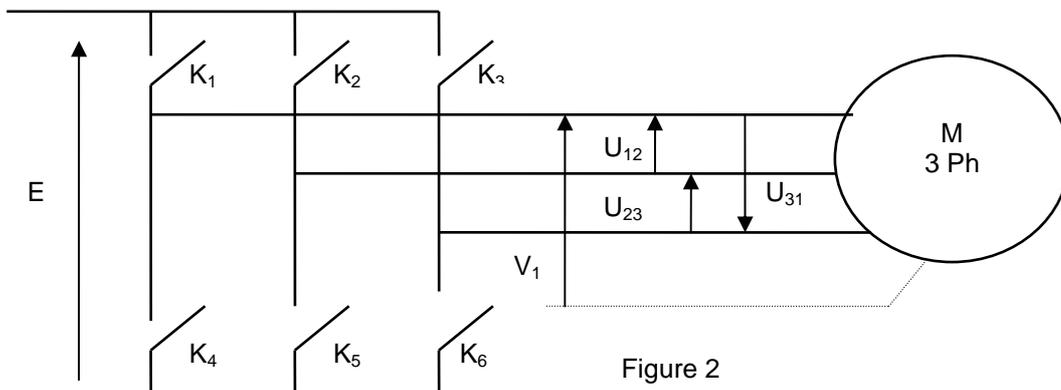


Figure 2

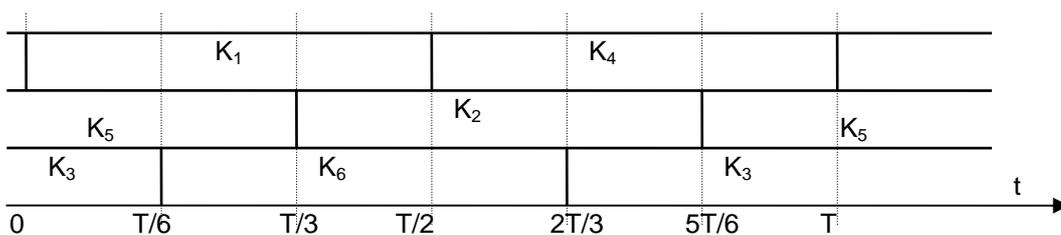


Figure 3

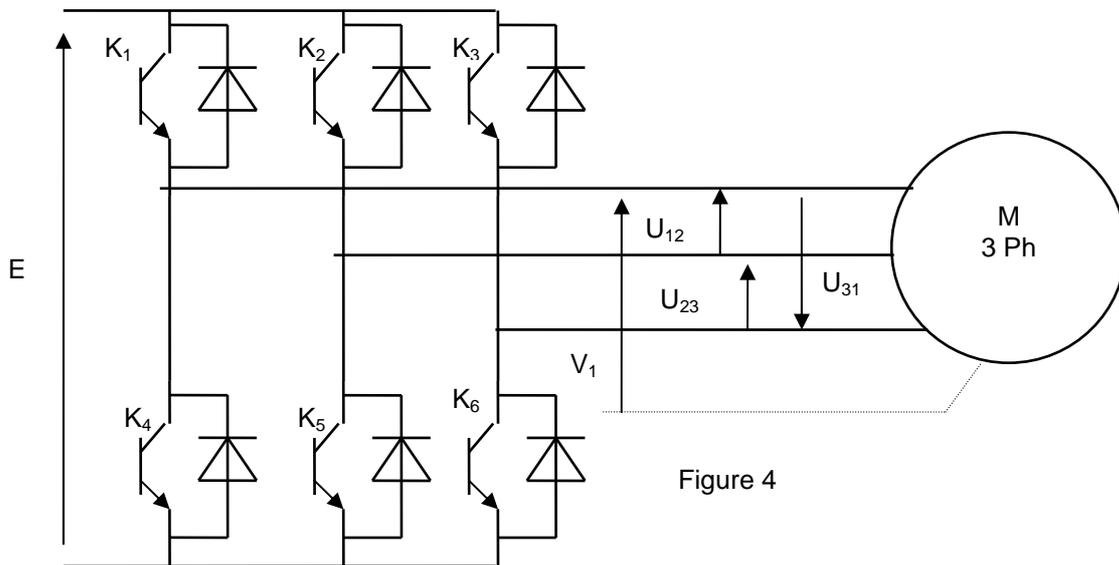


Figure 4

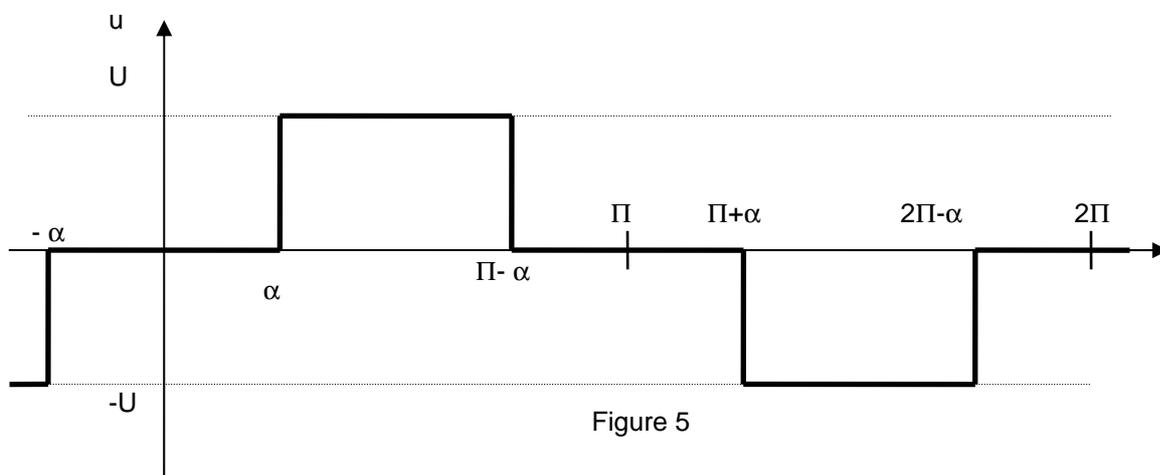


Figure 5

DOCUMENT REPOSE

