

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 1998

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité Génie Électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures

coefficient : 7

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Le sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8 ; les documents-réponses' n°1, n°2 et n°3 pages 6, 7 et 8 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de deux problèmes pouvant être traités de façon indépendante.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements, entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies

Problème 1 : Étude d'un moteur à courant continu alimenté par un hacheur

Les parties A et B sont indépendantes

Partie A : Étude du moteur

La plaque signalétique d'une machine à courant continu à excitation indépendante indique les valeurs nominales suivantes :

Tension d'induit : $U_N=90 \text{ V}$

Intensité du courant d'induit : $I_N=10 \text{ A}$

Puissance utile : $P_{uN}=750 \text{ W}$

Fréquence de rotation: $n_N=1500 \text{ tr.min}^{-1}$

Le moteur est parfaitement compensé (son flux par pôle ne dépend que du courant d'excitation).

Le courant d'excitation reste **constant** dans tout le problème.

La valeur de la résistance de l'induit est $R = 0,40 \Omega$

I - On considère le fonctionnement nominal ; calculer:

- 1) La force électromotrice E_N .
- 2) Le moment du couple électromagnétique T_{EN}
- 3) Le moment du couple utile T_{uN}
- 4) Le "rendement de l'induit".

II - La vitesse angulaire de rotation Ω du moteur est exprimée en rad.s^{-1} .

- 1) Montrer que $E = a\Omega$; calculer la valeur numérique de a .
- 2) En déduire que $T_E = 0,547 I$; I est le courant de l'induit.

III - A partir du fonctionnement nominal, on supprime la charge du moteur, qui désormais, fonctionne à vide.

Dans cette opération, la fréquence de rotation varie. On la ramène alors à sa valeur nominale n_N .

- 1) Sur quelle grandeur faut-il agir et dans quel sens ? Justifier le sens croissant ou décroissant.
- 2) Donner la valeur de la f.é.m à vide E_0 ; en déduire la tension aux bornes de l'induit U_0 , si l'intensité du courant d'induit à vide est $I_0 = 1,28 \text{ A}$.
- 3) Calculer la somme des pertes dans le fer et des pertes mécaniques du moteur notée p_c .
- 4) Vérifier que le moment du couple de pertes noté T_p est égal à $0,70 \text{ N.m}$; **on admet qu'il reste constant dans le problème.**

IV- Le moteur est alimenté sous une tension d'induit U réglable de 0 à 20V; la charge exerce un couple résistant constant dont le moment est $T_R = 4,77 \text{ N.m}$.

- 1) Montrer que dans ces conditions le couple électromagnétique T_R et le courant d'induit I restent constants et donner leurs valeurs.
- 2) Démontrer que l'on peut écrire $\Omega = 1,83U - 7,3$; en déduire que $n = 17,5U - 70$ (n étant la fréquence de rotation du moteur exprimée en tr.min^{-1}).
- 3) Donner le mode opératoire pour le démarrage du moteur et déterminer sa tension de démarrage.

Partie B : Étude du hacheur

L'alimentation de l'induit du moteur précédent est réalisée avec un hacheur série de période T fixe et de rapport cyclique α réglable ($0 \leq \alpha \leq 1$).

U_a est une tension continue positive fixe.

Le hacheur est représenté sur la page 5.

L'interrupteur commandé H et la diode D sont supposés parfaits.

L est une inductance de lissage de résistance négligeable assurant une conduction ininterrompue.

H est fermé de 0 à αT .

H est ouvert de αT à T .

I- Étude expérimentale du hacheur

- 1) On dispose d'une résistance de visualisation r_v et d'un oscilloscope bicourbe dont la voie Y_2 peut être inversée.

La masse de l'oscilloscope est obligatoirement reliée au point M (voir document-réponse n° 1, page 6). On veut visualiser simultanément les grandeurs suivantes (avec éventuellement, de petites approximations que l'on explicitera : u est la tension aux bornes de l'ensemble moteur et inductance de lissage)

- a) $u(t)$ et $i(t)$.
- b) $u(t)$ et $i_D(t)$.
- c) $u(t)$ et $i_H(t)$.

Compléter les schémas a, b, c correspondants du document-réponse n° 1, page 6 et indiquer le branchement des voies Y_1 et Y_2 ainsi que l'emplacement de la résistance r_v dans chaque cas.

- 2) Préciser sur le document-réponse n° 1, page 6 pour chaque cas (a, b, c), la position du zéro pour avoir le maximum de sensibilité verticale ainsi que la position des commutateurs d'entrée AC ou DC.
- 3) Expliquer le rôle de la diode D .

II Étude du fonctionnement pour une valeur constante du rapport cyclique α

- 1) La forme de la tension $r_v i$ aux bornes de la résistance r_v est donnée sur le document-réponse n° 2, page 7:
 - a) En déduire la fréquence f de fonctionnement et le rapport cyclique α .
 - b) Sachant que $r_v = 0,10\Omega$, calculer la valeur maximale i_{\max} , la valeur minimale i_{\min} et la valeur moyenne $\langle i \rangle$ de l'intensité du courant $i(t)$.
- 2) Représenter les formes de $i_H(t)$, de $i_D(t)$ et de $u(t)$ sur le document-réponse n° 2, page 7.
- 3) Donner en la justifiant l'expression de la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de $u(t)$ en fonction de α et de U_a .
- 4) On donne $\langle u \rangle = 90 \text{ V}$: en déduire la valeur de U_a .

Problème 2 : Étude d'un moteur asynchrone triphasé**La question V est indépendante; de la question IV**

Sur la plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé on lit

220 V / 380 V 21 A / 12 A 5,5 kW 50 Hz

La caractéristique mécanique $T_u(n)$ du moteur est donnée sur le document-réponse n° 3, page 8.

T_u : moment du couple utile en N.m.

n : fréquence de rotation en tr.min-1.

La mesure de la résistance d'un enroulement du stator a donné $R = 0,40 \Omega$

I - Deux réseaux triphasés sont disponibles : 127 V / 220 V et 220 V / 380 V

- 1) Quel est le réseau qui doit alimenter le moteur **si** on veut coupler son stator en étoile ? Justifier la réponse. Pour la suite on gardera ce couplage.
- 2) Quelle est l'intensité du courant en ligne au point nominal ?
- 3) Quelle est la fréquence de synchronisme n_s du moteur ? En déduire le nombre de pôles du stator.

II On réalise l'essai à vide du moteur à une fréquence proche de sa fréquence de synchronisme. On obtient :

$P_{a0} = 0,40$ kW (puissance absorbée à vide).

$I_0 = 4,0$ A (intensité du courant en ligne à vide).

- 1) La puissance P_{a0} a été mesurée par la méthode des deux wattmètres : donner le schéma de principe de cette méthode.
- 2) Calculer les pertes dans le fer du stator P_{fs} ; on suppose que les pertes mécaniques p_m sont égales à 0,20 kW.

III-Ce moteur entraîne une machine lui imposant un couple résistant indépendant de la vitesse de moment

$T_r = 36$ N.m.

- 1) Peut-on réaliser le démarrage direct du moteur en charge ? Justifier la réponse.
- 2) Déterminer la fréquence de rotation du moteur en charge et la valeur de son glissement.
- 3) Calculer la puissance utile P_u du moteur.

IV - On donne pour le fonctionnement nominal du moteur:

$P_{uN} = 5,5$ kW $n_N = 1450$ tr.min-1 $I_N = 12$ A $p_{fs} = 0,18$ kW

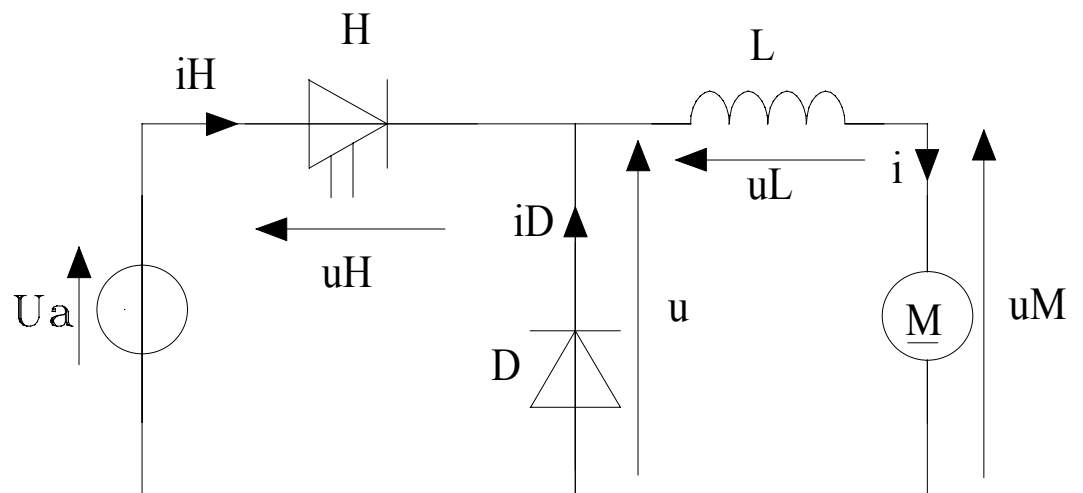
- 1) Pourquoi les pertes dans le fer du stator ainsi que les pertes mécaniques gardent-elles les mêmes valeurs que dans l'essai à vide ?
- 2) Calculer la puissance transmise au rotor P_{tr} .
- 3) Calculer les pertes par effet Joule au stator p_{js}
- 4) Calculer la puissance P_a absorbée par le moteur et son facteur de puissance.

V - Pour faire varier la fréquence de rotation du moteur on alimente le stator avec un onduleur ; l'onduleur fait varier la fréquence f de la tension d'alimentation et sa valeur efficace V aux bornes de chaque enroulement du stator en imposant le rapport V/f constant. On considère que les parties utiles des caractéristiques $T_u(n)$ pour différentes valeurs de f sont des droites parallèles ; la charge impose toujours $T_u = 36 \text{ N.m}$.

- 1) La fréquence de la tension d'alimentation du moteur est réglée à $f = 30 \text{ Hz}$.
 - a) Calculer la fréquence de synchronisme n_s et tracer la partie utile de la nouvelle caractéristique $T_u(n)$ sur le document-réponse n° 3, page 8.
 - b) En déduire la fréquence de rotation n et la valeur efficace U de la tension d'alimentation entre phases.

- 2) On veut obtenir une fréquence de rotation égale à 1000 tr.min^{-1} -, déterminer la fréquence de synchronisme n_s ; en déduire la fréquence de la tension d'alimentation.

Problème 1 Partie B : Etude du hacheur



Problème 1-Parie B : Document réponse n°2 à rendre avec la copie

