

SESSION 2009

**BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

IMPORTANT

Ce sujet comporte 6 pages .
Les documents réponse, page 5 et 6 sont à remettre avec la copie.

ETUDE DU MONTE-CHARGE D'UNE INSTALLATION HOTELIERE

Afin de faciliter le transfert de matériel entre les différents étages d'une installation hôtelière, un monte-charge a été installé.

Ce monte-charge est actionné grâce à un moteur asynchrone monophasé, piloté par un onduleur. Un moteur thermique de secours destiné à garantir la continuité du service en cas de défaut d'alimentation électrique complète l'installation.

Les différentes parties du problème sont indépendantes.

A. Fonctionnement nominal du moteur asynchrone monophasé.

La plaque signalétique du moteur asynchrone est représenté ci dessous. :

2 kW	230 V	12 A
950 tr.min ⁻¹	50 Hz	

La mesure expérimentale de la résistance de l'enroulement du stator donne $R = 0,7 \Omega$.

Une détermination des pertes dans les conditions de fonctionnement nominal fournit :

pertes mécaniques $p_m = 70 \text{ W}$ et pertes fer dans le stator $p_{fst} = 50 \text{ W}$.

1. Caractéristiques du moteur :

- 1.1. Déterminer la fréquence de rotation de synchronisme n_s .
- 1.2. Déterminer le nombre de pôles p .
- 1.3. Calculer le glissement g pour le fonctionnement nominal.

2. Bilan de puissances pour un fonctionnement nominal :

- 2.1. Compléter le schéma de la figure 1 du document réponse n°1 page 5, schéma représentant le bilan de puissance du moteur asynchrone, en indiquant la nature des différentes puissances.
- 2.2. On rappelle que les pertes par effet Joule au rotor s'expriment en fonction de la puissance électromagnétique P_{em} et du glissement g par $p_{Jr} = gP_{em}$.
Montrer que la puissance transmise au rotor (puissance électromagnétique) peut s'écrire :
 $P_{em} = (P_u + p_m)/(1 - g)$ et vérifier que $P_{em} = 2,18 \text{ kW}$.
- 2.3. Vérifier que la puissance perdue par effet Joule au stator p_{Js} est égale à 100 W.
- 2.4. Déterminer la puissance absorbée par le moteur P_a .
- 2.5. En déduire le facteur de puissance k et le rendement du moteur η .

B. Commande du moteur asynchrone.

Le moteur asynchrone est alimenté par un onduleur, travaillant à $U/f = \text{constante}$.

Les caractéristiques mécaniques de couple utile $T_u(n)$, pour diverses fréquences d'alimentation, sont données sur la figure 2 du document réponse n°1 page 5.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 09NC-MIE3SC		Page 1/6

1. Réglage de la fréquence du variateur :

- 1.1 Déterminer les valeurs f_2 et f_3 de la fréquence d'alimentation qui correspondent respectivement aux deux courbes tracées à gauche de la caractéristique à la fréquence $f_1 = 50$ Hz sur la figure 1.
- 1.2. Déterminer la valeur du rapport U/f .

2. Démarrage :

La charge entraînée par le moteur impose un couple résistant de moment constant $T_r = 20$ N.m.

- 2.1. Tracer sur la figure 2 du document-réponse n°1 page 5, la caractéristique du couple résistant.
- 2.2. Indiquer la valeur de la fréquence de rotation n_d au démarrage.
- 2.3. Justifier que le démarrage direct, sous $U = 230$ V et $f = 50$ Hz, est impossible pour entraîner cette charge.
- 2.4. Déterminer dans quel intervalle de fréquence d'alimentation le démarrage du moteur est réalisable.

3. Point de fonctionnement :

Le couple résistant imposée par la charge est toujours constant et de moment $T_r = 20$ N.m.

Après avoir démarré correctement, on règle la fréquence d'alimentation f , afin que la fréquence de rotation du moteur n soit égale à 750 tr.min⁻¹.

- 3.1. Sur la figure 2 du document réponse n°1 page 5, placer le point de fonctionnement P.
- 3.2. En déduire, pour ce point de fonctionnement, les valeurs de la fréquence f' d'alimentation et de la tension U' correspondante.

4. Intérêt de la commande $U/f = \text{constante}$:

Citer les avantages d'une alimentation à $U/f = \text{constante}$.

C. Onduleur monophasé.

Le moteur asynchrone est alimenté par un onduleur monophasé.

Le schéma de principe est représenté sur la figure 3 du document réponse n°2 page 6.

Il est composé de quatre interrupteurs commandés.

Il est alimenté par une source de tension continue E .

Le chronogramme de la tension u aux bornes de la charge est représenté sur la figure 4 du document-réponse n°2 page 6.

Les intervalles de conduction de l'interrupteur K_1 sont indiqués sur cette même figure.

1. Caractéristique de la tension.

La tension d'alimentation E de l'onduleur est égale à 280 V.

- 1.1. Déterminer la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension u en justifiant la réponse.
- 1.2. Montrer que la valeur efficace U de la tension u est égale à 230 V.

2. Mesure de la tension

On souhaite mesurer expérimentalement les valeurs moyenne $\langle u \rangle$ et efficace U de la tension u . On dispose d'un voltmètre numérique à 3 positions : DC, AC ou AC+DC

- 2.1. Représenter le câblage du voltmètre sur la figure 3 du document-réponse n°2 page 6.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 09NC-MIE3SC		Page 2/6

2.2. Indiquer pour chacune des positions du commutateur DC, AC ou AC+DC, la nature de la grandeur mesurée et préciser la valeur donnée par le voltmètre.

3. Visualisation du courant.

Indiquer sur le schéma un dispositif permettant de visualiser les variations de l'intensité du courant traversant la charge.

4. Fonctionnement.

Compléter la figure 4 document réponse n°2 page 6 en hachurant les intervalles de conduction des interrupteurs K_2 , K_3 et K_4 .

D. Étude énergétique du monte charge.

La masse totale m du monte charge (charge comprise) est égale à 280 kg.

On prendra, comme valeur de l'accélération de la pesanteur, $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Le monte charge se déplace verticalement.

Lors de son ascension, deux phases sont étudiées.

1. Phase d'accélération :

Au début de son ascension, le monte charge, initialement au repos, subit une accélération jusqu'à ce que sa vitesse atteigne la valeur $v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$.

1.1. Calculer son énergie cinétique finale E_C .

1.2. En déduire le travail W_1 des forces extérieures appliquées sur ce système, lors de cette phase d'accélération.

2. Montée à vitesse constante :

Le monte charge effectue ensuite une montée à vitesse constante $v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$ sur une hauteur $h = 2 \text{ m}$.

2.1. Justifier le fait que, lors de cette opération, le travail W_2 des forces extérieures appliquées au système est nul.

2.2. Déterminer la variation ΔE_p de l'énergie potentielle de pesanteur liée au travail du poids du système.

2.3. La force motrice exercée par les câbles de traction du monte charge a pour intensité $T = 3200 \text{ N}$. Déterminer le travail W_T de la force motrice d'intensité T .

2.4. Déterminer le travail W_{frot} des forces de frottement qui s'exercent sur le système lors de cette opération.

E. Moteur thermique.

Afin de garantir le fonctionnement correct du monte charge en cas de panne du réseau électrique, l'équipe de maintenance a installé un moteur thermique de secours.

Le cycle du moteur diesel est décrit par les quatre transformations réversibles suivantes :

une compression adiabatique A-B ;

une combustion isobare B-C ;

une détente adiabatique C-D ;

un refroidissement isochore D-A.

L'air qui parcourt ce cycle est considéré comme un gaz parfait.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 09NC-MIE3SC		Page 3/6

Données :

quantité d'air considérée : $n = 8.10^{-2}$ mol

températures $T_A = 300$ K ; $T_B = 990$ K ; $T_C = 1624$ K ; $T_D = 600$ K

capacité thermique de l'air à pression constante : $C_p = 29,1$ J.mol⁻¹.K⁻¹

capacité thermique de l'air à volume constant : $C_v = 20,8$ J.mol⁻¹.K⁻¹

1. Quantités de chaleur.

Déterminer les quantités de chaleur Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} et Q_{DA} absorbées par l'air lors des quatre transformations A-B, B-C, C-D et D-A respectivement.

2. Travail du cycle.

En utilisant le premier principe de la thermodynamique, déterminer le travail W_{cycle} absorbé par l'air au cours du cycle.

3. Rendement.

3.1. Calculer le rendement η_T du moteur.

3.2. En réalité, le rendement du moteur est bien inférieur à la valeur calculée ci-dessus.
Justifier cet écart.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 09NC-MIE3SC		Page 4/6

Document réponse n°1
à rendre avec la copie

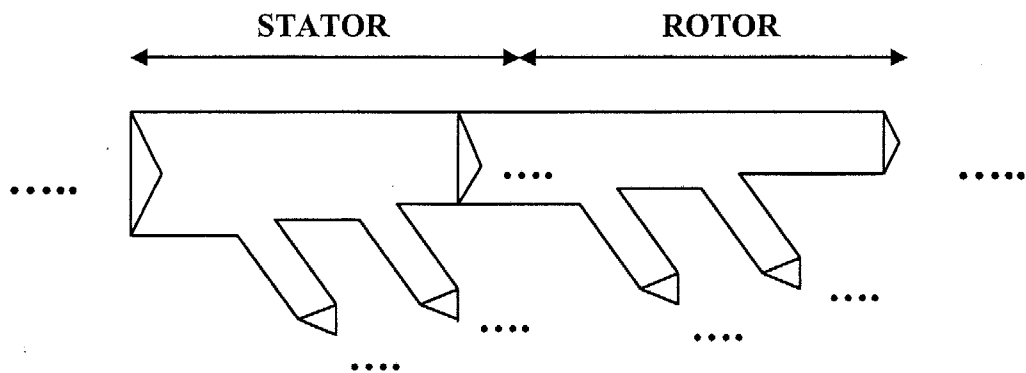


Figure 1

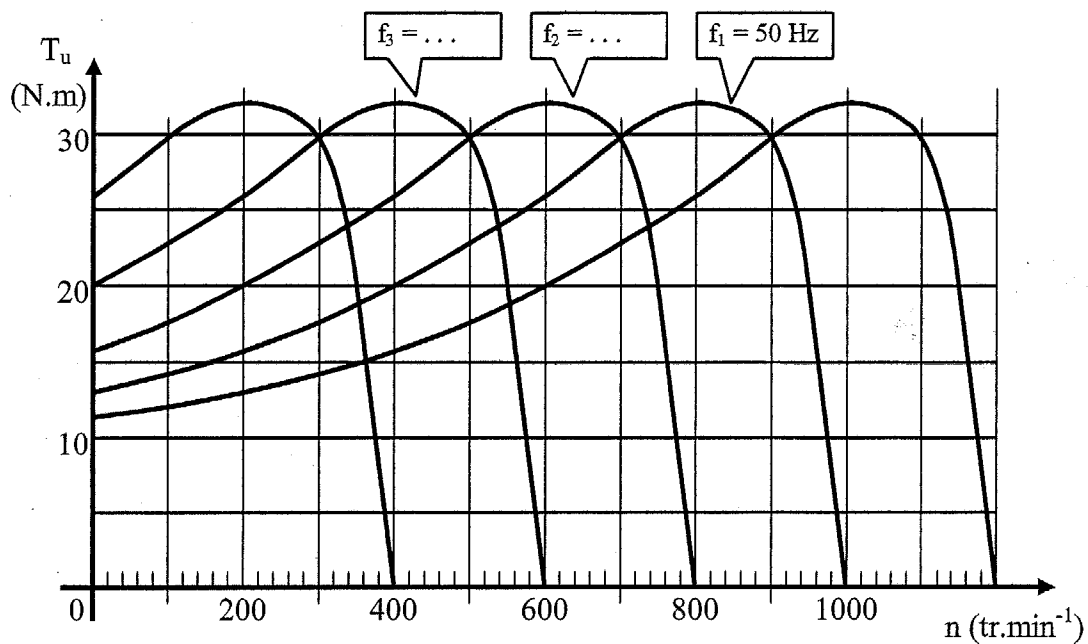


Figure 2

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 09NC-MIE3SC		Page 5/6

Document réponse n°2
à rendre avec la copie

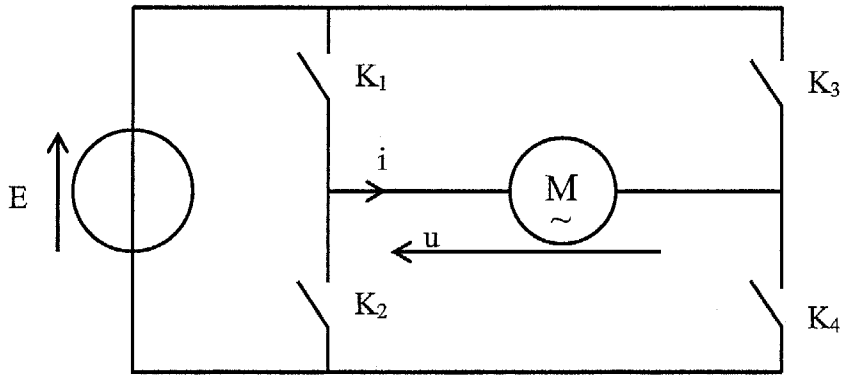


Figure 3

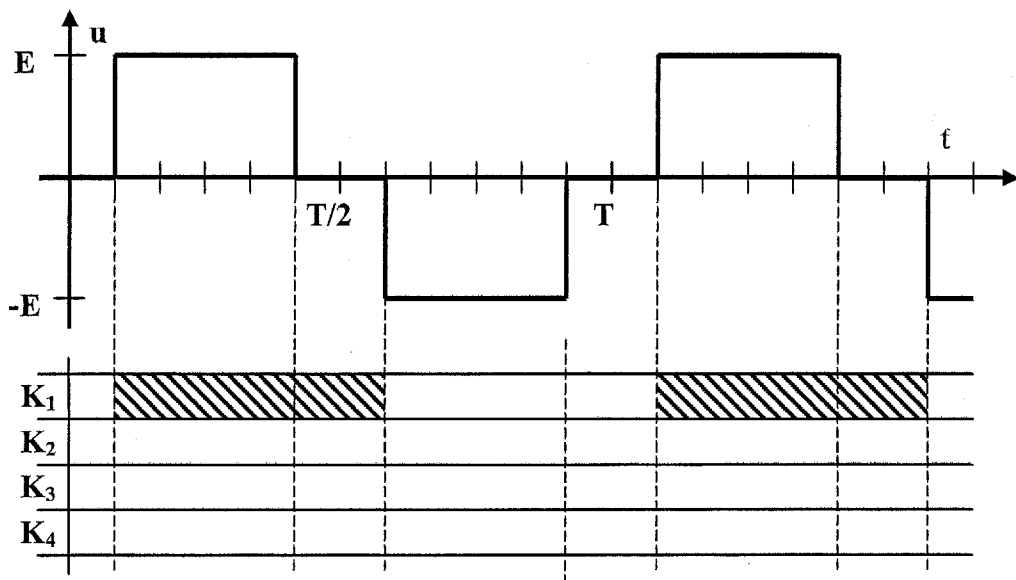


Figure 4

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 109NC-MIE3SC		Page 6/6