



UNIVERSITE DE DOUALA

CONCOURS D'ENTREE A L'ENSET

EPREUVE DE SPECIALITE : SERIES F3 ET MEM.

JUILLET 2011

EPREUVE D'ELECTROTECHNIQUE(F3)

DUREE : 4H : 00

**PROBLEME I (9,75PTS)**

**Première partie : Etude d'un moteur asynchrone 7,25pts**

Un moteur asynchrone triphasé possède 4 pôles. Il est couplé en étoile. Dans tout le problème, il entraîne une machine lui imposant un couple résistant constant de moment  $T_r=50\text{N.m}$ .

1-) En ne négligeant aucun type de pertes, compléter le schéma du bilan des puissances du moteur (document réponse n°1). Préciser les notations utilisées en nommant toutes les puissances. (0,5pt).

Les pertes mécaniques ( $p_m$ ) sont suffisamment faibles pour qu'elles puissent être négligées devant les autres puissances mises en jeu ; ainsi, on peut considérer que le moment ( $T_u$ ) du couple utile est égal à celui ( $T_{em}$ ) du couple électromagnétique. On négligera également les pertes ( $p_{fr}$ ) dans le fer du rotor. En résumé, dans la suite du problème, on pourra écrire :  $-p_m \approx 0\text{w}$  ;  $-T_u \approx T_{em}$  ;  $-p_{fr} \approx 0\text{w}$ . La résistance mesurée entre deux bornes du stator, les enroulements étant couplés, est  $R=1,0\Omega$ .

2-) Le moteur est alimenté par un réseau de tensions triphasé équilibré 230V/400V, 50Hz. Dans ces conditions, il est traversé par un courant de ligne d'intensité  $I=17\text{A}$ . les pertes dans le fer du stator ont pour valeur  $P_{fs}=200\text{w}$  et la partie utile de la caractéristique du couple utile  $T_u$  en (N.m) en fonction de la fréquence de rotation  $n$  (en  $\text{tr.min}^{-1}$ ) est donnée sur le document réponse n°5.

- 2.1-) Déterminer la fréquence  $n_s$  de synchronisme en ( $\text{tr.min}^{-1}$ ). 0,25pt
- 2.2-) En utilisant la caractéristique, déterminer la fréquence  $n$  de rotation en charge. 0,5pt
- 2.3-) En déduire la valeur  $g$  du glissement en charge. 0,25pt
- 2.4-) Calculer la puissance utile  $P_u$  du moteur. 0,25pt
- 2.5-) Calculer les pertes par effet joule  $P_p$  au stator. 0,25pt

*Le pôle de l'innovation*

2.6-) Calculer la puissance transmise  $P_u$  au rotor. En déduire les pertes par effet joule  $p_r$  au rotor. 0,5pt

2.7-) Calculer la puissance  $P_a$  reçue par le moteur 0,25pt

2.8-) En déduire son facteur de puissance  $\cos\varphi$  et son rendement  $\eta$  0,5pt

2.9-) Compléter le schéma de montage (document réponse n°2) avec tous les appareils nécessaires pour mesurer, lors de l'essai en charge 0,5pt

L'intensité  $I$  du courant de ligne, la tension  $U$  entre phases, la puissance  $P_a$  reçue par le moteur (on dispose de deux wattmètres  $w_1$  et  $w_2$  qui indiquent des puissances  $P_1$  et  $P_2$ ).

2.10-) Exprimer la puissance  $p_a$  reçue par le moteur en fonction de  $p_1$  et  $p_2$  0,5pt

3-) on se propose maintenant de faire varier la fréquence de rotation du moteur. Pour cela, on utilise un onduleur qui permet de réaliser la condition  $\frac{U}{f} = \text{constante}$ .

3.1-) Pour une fréquence  $f = 35\text{Hz}$ , tracer la partie utile de la caractéristique  $T_u(n)$  du moteur sur le document réponse n°5. 0,5pt

3.2-) En déduire les nouvelles valeurs de la fréquence de rotation du moteur en charge et du glissement. 0,75pt

3.3-) A quelle fréquence faudrait-il alimenter le moteur pour obtenir un point de fonctionnement à  $T_u = 50\text{N.m}$ ,  $n = 1200\text{tr.min}^{-1}$  1pt

3.4-) En déduire la tension d'alimentation correspondante. 0,75pt

### **Deuxième partie : connaissance d'un moteur à courant continu** 2,5pt

Un moteur à courant continu à aimants permanents est couplé à un volant d'inertie (disque massif) comme l'indique la figure ci-contre :

a) On place le commutateur en position 1 : le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale. On place ensuite, le commutateur en position 2 : le moteur s'emballe, le moteur change de sens de rotation, le moteur s'arrête lentement ; le moteur s'arrête rapidement. (choisir la ou les bonnes réponses) 0,5pt

b) On place à nouveau le commutateur en position 1. Puis on commute en position 3.

b.1-) Que se passe-t-il ? 0,5pt

b.2-) Que se passe-t-il si on diminue la valeur de la résistance  $R$  ? 0,75pt

b.3-) Donner une application pratique du passage de 1 à 3 0,75pt

**PROBLEME II****(11,25 PTS)**

On se propose d'étudier dans un premier temps le fonctionnement d'un onduleur, puis un montage à amplificateurs opérationnels qui permet de contrôler la tension délivrée par la batterie de l'onduleur.

**Première partie : Etude de l'onduleur**      **5,25pts**

On considère l'onduleur de la figure n°1 qui alimente une charge inductive équivalente à l'association en série d'une résistance  $R = 100\Omega$  avec une bobine parfaite d'inductance  $L$ . On donne  $V_{BAT} = 220V$ . Les interrupteurs électroniques sont considérés parfaits.

1. On relève la tension  $u(t)$  aux bornes de la charge et l'intensité  $i(t)$  du courant qui la traverse (cf figure n°3).

Pour cela, on a utilisé oscilloscope à entrées différentielles et une sonde de courant de rapport  $100mV/A$ . Déterminer la période puis la fréquence de la tension délivrée par l'onduleur. 0,75pt

2. Proposer le schéma de montage qui a permis de relever  $u(t)$  et  $i(t)$  (on ne représentera que la charge de l'onduleur). Indiquer la correspondance entre  $u(t)$  et  $i(t)$  et les voies A et B de l'oscilloscope. 1pt

3. Quelle est la valeur efficace  $U$  de la tension  $u(t)$  (démonstration non exigée) ? 0,5pt

4. Des deux éléments  $R$  et  $L$ , quel est celui qui consomme de la puissance active ? la valeur efficace de l'intensité du courant dans la charge est  $I=0,9A$ . Calculer la puissance active consommée par la charge. 0,5pt

5. En utilisant les oscillogrammes de  $u(t)$  et  $i(t)$ , compléter les deux premières lignes du tableau du document réponse n°3 0,5pt

6. Donner l'expression littérale de la puissance instantanée  $p(t)$  transférée à la charge. Compléter la dernière ligne du tableau en indiquant son signe pendant les différents intervalles de temps. 0,5pt

7. Exprimer  $i_{BAT}(t)$  en fonction de  $i(t)$  : a) lorsque  $u(t) > 0$  ; b) lorsque  $u(t) < 0$  0,75pt

8. Utiliser la question précédente pour tracer  $i_{BAT}(t)$  sur le document réponse n°4. 0,75pt

**Deuxième partie : étude du contrôleur de tension**      **5pts**

Pour contrôler la tension délivrée par la batterie, on utilise le dispositif de la figure n°2 qui permettra de commander un système de recharge de la batterie. Le but est de conserver une tension  $V_{BAT} = 220V$  à  $\pm 10\%$ . La diode zéner  $Dz$  permet d'élaborer une tension de référence  $V_z = 4,7 V$ . Cette diode est limitée en courant à  $I_{z_{max}} = 200 mA$ . Les amplificateurs opérationnels

sont supposés parfaits et alimentés en  $\pm 15V$  (les tensions de saturations sont  $V_{sat+} = +15V$  et  $V_{sat-} = -15V$ ).

1. Calculer la valeur  $R_1$  qui permet de limiter l'intensité du courant qui traverse  $Dz$  à  $I_{z_{max}}$  0,5pt
2. L'amplificateur opérationnel n°1 fonctionne-t-il en régime linéaire ou en régime non linéaire ? Justifier la réponse. 0,25pt
3. Exprimer  $V_{s1}$  en fonction de  $V_z$  0,5pt
4. L'amplificateur opérationnel n°2 fonctionne-t-il en régime linéaire ou en régime non linéaire ? Justifier la réponse. 0,25pt
5. Exprimer  $V_-$  en fonction de  $V_{BAT}$ ,  $R_1$  et  $R_3$ . En déduire sa valeur numérique ; 0,5pt
6. Exprimer  $V_+$  en fonction de  $V_{s1}$ ,  $V_{s2}$ ,  $R_4$  et  $R_5$ . 0,5pt
7. En se référant aux questions précédentes, montrer que  $V_+$  peut s'écrire :  

$$V_+ = V_z \frac{R_5}{R_4+R_5} + \frac{R_4}{R_4+R_5} V_{s2}$$
 0,25pt
8. Quelle est la valeur de  $V_{s2}$  lorsque  $V_+ > V_-$  ? En déduire l'expression de  $V_+$  correspondante. Calculer sa valeur numérique. On notera cette valeur  $V_2$ . 0,5pt
9. Quelle est la valeur de  $V_{s2}$  lorsque  $V_+ < V_-$  ? En déduire l'expression de  $V_+$  correspondante. Calculer sa valeur numérique. On notera cette valeur  $V_1$ . 0,5pt
10. Quelles sont les valeurs de  $V_{BAT}$  qui vont déclencher le changement de la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel n°2 ? 0,5pt. Est-ce correct étant donné le but fixé ? 0,5pt

*Le pôle de l'innovation*