

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2009

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. **MAIS CET USAGE EST STRICTEMENT PERSONNEL***

Le sujet comporte 7 pages y compris le document-réponse page 7; celui-ci est à rendre obligatoirement avec la copie.

Le SUJET COMPORTE 3 PROBLEMES INDEPENDANTS

Problème 1: Transformateur monophasé / 8 points

Problème 2: Moteur asynchrone / 12 points

Problème 3: Machine à courant continu(avec 3 parties) / 20 points

Aucun candidat ne peut quitter la salle d'examen avant 16H30

Problème 1 : Transformateur monophasé

Un transformateur monophasé de puissance apparente nominale $S_n = 27,6 \text{ kVA}$, de tension primaire nominale $U_{1n} = 8,6 \text{ kV}$, fonctionne à la fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

L'indice 1 aura trait aux grandeurs primaires et l'indice 2 aux grandeurs secondaires.

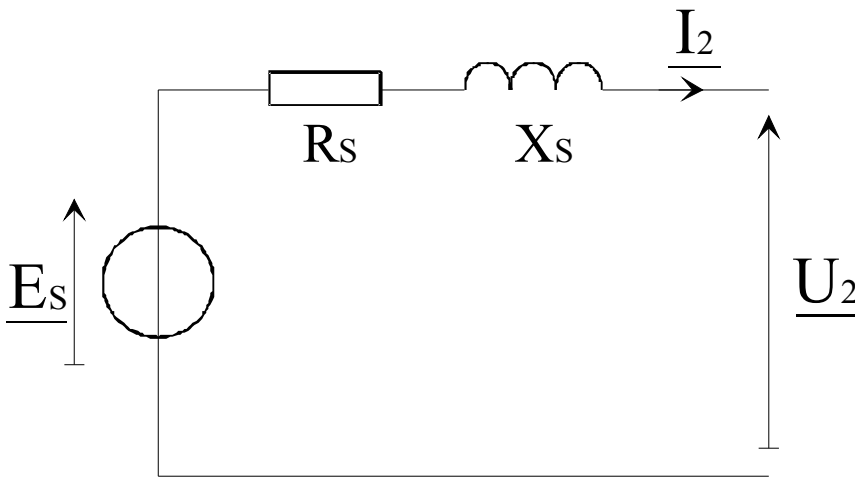
On mesure dans un essai à vide, sous tension primaire nominale, la tension secondaire $U_{20} = 132 \text{ V}$ et la puissance absorbée $P_{10} = 133 \text{ W}$.

On mesure dans un essai en court-circuit : $U_{1cc} = 289 \text{ V}$, $P_{1cc} = 485 \text{ W}$ et $I_{2cc} = 210 \text{ A}$

1°) Le transformateur est alimenté sous U_{1n} , la section du noyau est $S = 380 \text{ cm}^2$, le champ magnétique B maximale dans le noyau vaut $1,2 \text{ T}$, quel est le nombre de spires N_1 de l'enroulement primaire ?

2°) Calculer le rapport de transformation m .

On donne le schéma équivalent au transformateur vu de la charge :



3°) Essai en court-circuit.

3. a) Montrer que les pertes fer sont négligeables, dans cet essai, en supposant qu'elles sont proportionnelles au carré de la tension d'alimentation.

3. b) D'après les valeurs mesurées, calculer R_s et X_s .

4°) On suppose dans cette question que $R_s = 11,0 \text{ m}\Omega$ et $X_s = 18 \text{ m}\Omega$. Le transformateur débite $I_2 = 210 \text{ A}$ sur une charge inductive de facteur de puissance $\cos \Phi = 0,75$. Déterminer la tension secondaire U_2 .

5°) Dédurre des essais à vide et en court-circuit, les pertes fer et les pertes joules, pour la charge du 4°). Calculer ensuite le rendement pour la même charge.

Problème 2 : Moteur asynchrone

Les deux parties A et B sont indépendantes.

PARTIE A

Un moteur asynchrone à rotor bobiné possède **4 pôles**. Il est couplé en étoile. Dans tout le problème, il entraîne une machine lui imposant un couple constant de moment **$T_r = 40 \text{ N.m}$** .

Les pertes mécaniques sont suffisamment faibles pour que l'on puisse les négliger devant les autres puissances mises en jeu et considérer que le couple utile est égal au couple électromagnétique.

La résistance de chaque enroulement du stator est **$r = 0,5 \Omega$**

1. Le moteur est alimenté par un réseau de tension composée 380 V - 50 Hz.

Dans ces conditions :

- il absorbe un courant d'intensité : **$I = 14,5 \text{ A}$** ;
- les pertes magnétiques sont : **$P_{fs} = 150 \text{ W}$** ;
- la caractéristique du couple **T** (en N.m) en fonction de la fréquence de rotation **n** (en tr./min) est donnée figure 3.1.

1.1. Dire pourquoi on peut réaliser le démarrage direct du moteur en charge.

1.2. Quelle est la fréquence de rotation de synchronisme en tr./min ?

1.3. Utiliser la caractéristique **$T(n)$** de la figure 3.1 pour trouver la fréquence de rotation en charge. En déduire la valeur du glissement.

1.4. Calculer la puissance utile du moteur.

1.5. Calculer le rendement du rotor et les pertes par effet Joule au rotor. (on rappelle que le couple électromagnétique ou couple transmis au rotor est égal au couple utile) .

1.6. Calculer les pertes par effet Joule au stator .

1.7. Calculer la puissance absorbée par le moteur, son rendement et son facteur de puissance.

2. On se propose de faire varier la fréquence de rotation du moteur de façon à réaliser le point de fonctionnement suivant : **$T = 40 \text{ N.m}$; $n = 1140 \text{ tr./min}$**

On fait varier la fréquence f du réseau d'alimentation, de même que la tension V aux bornes de chaque enroulement du moteur, en imposant le rapport **$V/f = \text{constante}$** .

Les caractéristiques $T(n)$ avec f comme paramètre sont données **figure 3.2** (page 5/7)

2.1. Quelle doit être la fréquence f pour réaliser le même point de fonctionnement que ci-dessus (**$T = 40 \text{ N.m}$; $n = 1140 \text{ tr./min}$**) ?

2.2. Calculer le glissement.

2. *Quelle doit être la valeur de la tension d'alimentation ?*

Problème 3 : Moteur à courant continu

MOTEUR A COURANT CONTINU à excitation indépendante

Le moteur est à excitation séparée ; le courant d'excitation sera constant dans tout le problème d'intensité $I_E = 0,8$ A. La réaction magnétique d'induit est parfaitement compensée.

Les valeurs nominales sont

tension d'induit: $U_N = 250$ V

courant d'induit : $I_N = 20$ A

fréquence de rotation $n_N = 1000$ tr/min

La résistance de l'induit est $R = 1,5 \Omega$ et la résistance du circuit inducteur est $r = 250 \Omega$

Un essai à vide a donné les résultats suivants

tension d'induit $U_V = 222,5$ V

courant d'induit $I_V = 1,82$ A

fréquence de rotation $n_V = 1000$ tr/min

1. Pour le fonctionnement à vide :

1.1 Donner le schéma de l'essai ayant permis de réaliser ces mesures

1.2 Justifier la valeur choisie pour n_V .

1.3 Calculer la puissance absorbée par l'induit : P_{AV}

1.4 Calculer Les pertes par effet Joule dans l'induit P_{JV}

1.5 En déduire la somme des pertes mécaniques et magnétiques (pertes dites collectives) : P_C

2. Pour le fonctionnement nominal

2.1 Déterminer les pertes par effet Joule dans l'induit : P_{JI}

2.2 Déterminer les pertes par effet Joule dans l'inducteur : P_{ji}

2.3 Préciser la valeur des pertes collectives dans ce cas.

2.4 Déterminer le rendement du moteur.

2.5 Donner les 4 grandeurs physiques indiquées sur la plaque signalétique

3. Pour un fonctionnement quelconque avec $I_E = 0,8$ A, Démontrer la relation $T_E = k I$ (T_E en [Nm] , I en [A])

4. Pour le fonctionnement nominal,

4.1 Donner le schéma du modèle équivalent de l'induit en orientant U, E, I

On rappelle que pour un moteur à courant continu fonctionnant à courant d'excitation constante $E = k \cdot \Omega$; déterminer:

4.2 La fem du moteur. E_N , montrer que $k = 2,10$ Vs

4.3 Le moment du couple électromagnétique. T_{EN}

4.4 Le moment du couple de pertes. T_P (qui sera supposé constant dans tout le problème)

4.5 Le moment du couple utile. T_{UN}

Réglage de vitesse de la MCC

Le moteur à courant continu fonctionne sous tension d'induit U variable et couple résistant (charge) $T_R = T_U$ variable . Avec $k = 2,10$ Nm/A et $T_P = 4,20$ Nm l'équation reliant n à la tension d'alimentation U et au moment du couple utile T_U :

$$n = 4,547 U - 3,248 T_U - 13$$

avec n en [tr/min] , U en [V] , T_U en [Nm]

Etude des caractéristiques mécaniques du moteur

1. Remplir les tableaux 1 et 2 de l'annexe 1
2. Tracer les caractéristiques mécaniques $T_U=f(n)$ pour $U= 150V , 200V , 250V$ (annexe 2)
3. Lorsque U varie , la caractéristique mécanique $T_U=f(n)$ se déplace parallèlement à elle même .
Quelle est la valeur minimale de U pour que le moteur démarre avec cette charge
4. Les caractéristiques mécaniques étant représentées sur l'annexe 2 , déterminer les point de fonctionnement du système lorsque $U=200V$.

Etude d'un point de fonctionnement :

La caractéristique mécanique lorsque le moteur est alimenté sous la tension $U=106,5$ est tracée sur l'annexe 2

Déterminer pour cette tension d'alimentation du moteur :

5. Le point de fonctionnement du système moteur - charge
6. Le couple électromagnétique
7. Le courant absorbé
8. La puissance absorbée
9. La puissance utile
10. *Le rendement.*

Sécurité inducteur

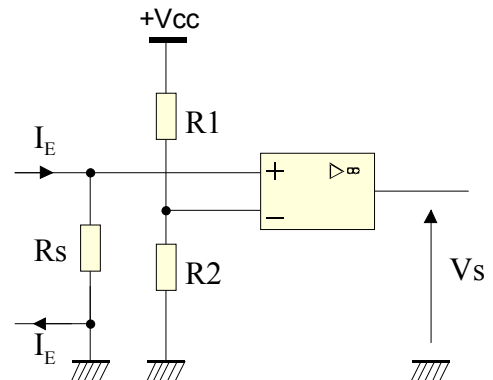
Afin d'assurer la sécurité du système , un détecteur mesure l'intensité du courant inducteur , dont le schéma est donné à la figure ci contre .

$$V_{cc}=15 \text{ V (} V_{sat}=V_{cc}\text{)}$$

$$R_s=1\Omega$$

$$R_1=1\text{ k}\Omega$$

$$R_2=29 \text{ k}\Omega$$



1. Calculer le potentiel V_- sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel
2. Exprimer le potentiel V_+ sur l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel en fonction de R_s et I_E
3. Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ?
4. Quelle est la condition sur I_E pour que la sortie de l'amplificateur opérationnel soit $+V_{sat}$
5. *Pour quelle raison Le courant inducteur du moteur ne doit-il pas descendre en dessous d'une certaine valeur ?*

figure 3.1

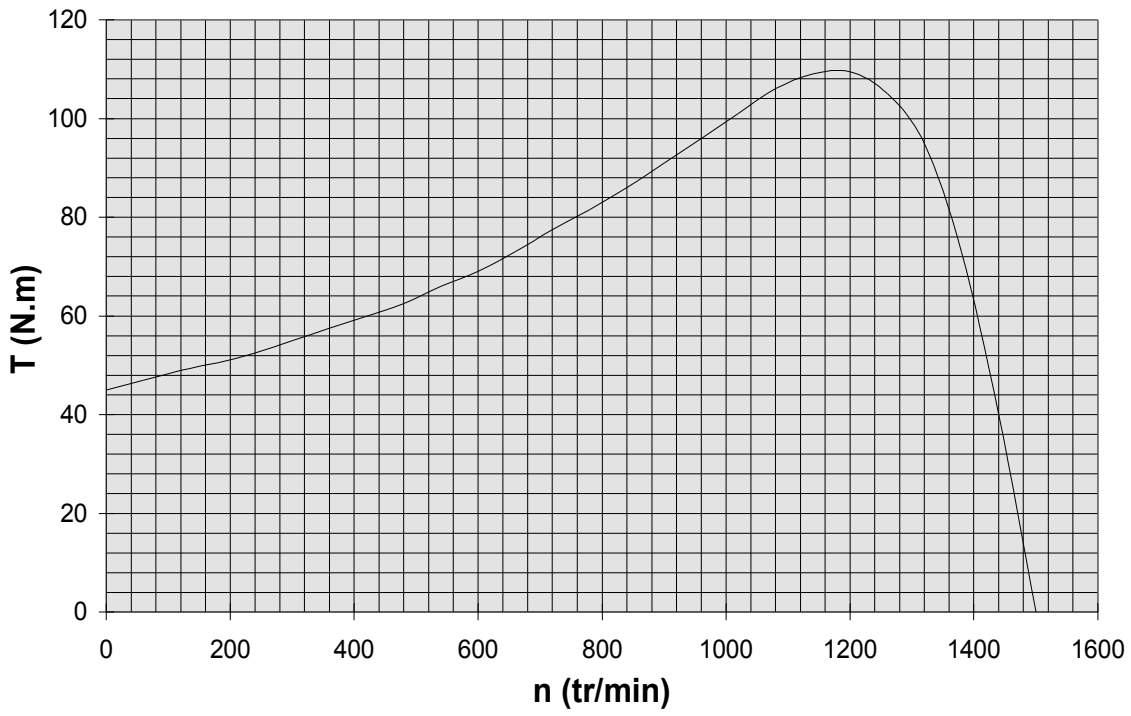
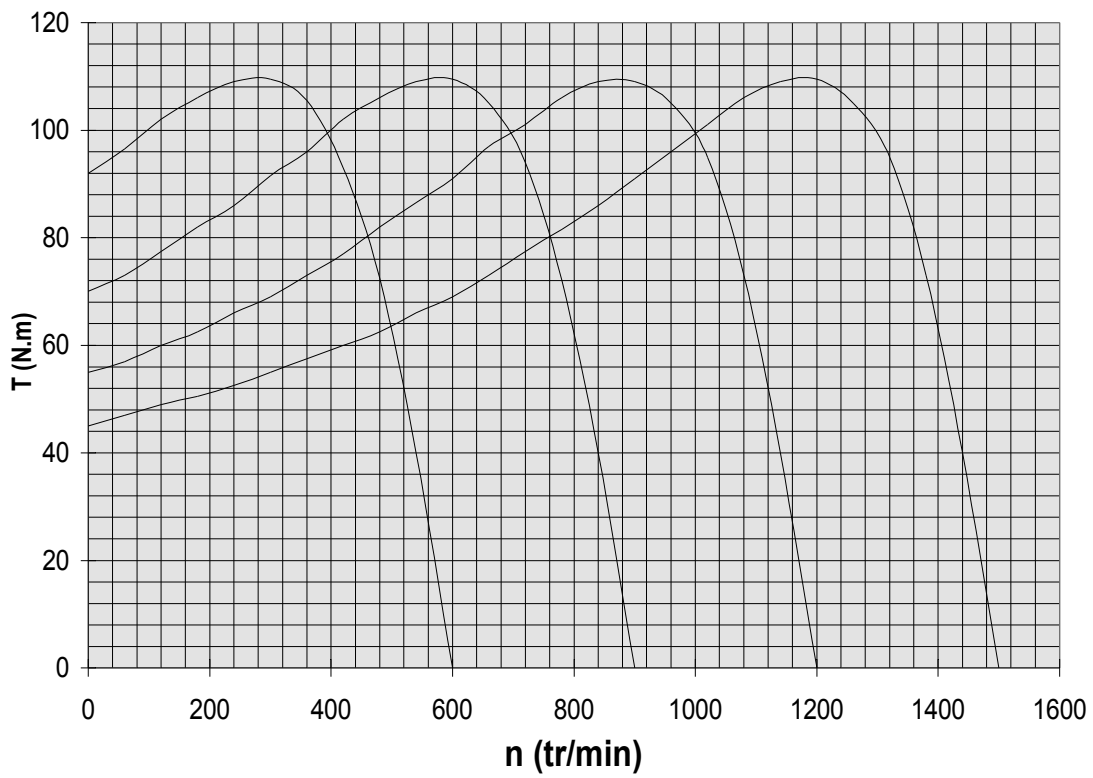


figure 3.2



NOM : Prénom : : N°:.....

Annexe 1 : tableaux de calcul (à rendre avec votre copie)

Tableau 1

Calcul de I avec $T_P = 4,2 \text{ Nm}$

	$T_E \text{ (Nm)}$	$I \text{ (A)}$
formule utilisée		
$T_u = 0 \text{ Nm}$		
$T_u = 37,8 \text{ Nm}$		

Tableau 2

calcul de n (tr/min)

$T_u \text{ (Nm)}$	0	37,8
U =250V		
U=200V		
U=150V		

Annexe 2 : caractéristiques mécaniques

Caractéristiques mécaniques

