

BACCALAURÉAT BLANC TECHNOLOGIQUE 2
Session Mars 2008

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série : Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité: Génie Électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures coefficient : 3

L'usage de la calculatrice est autorisé et reste strictement personnel.

Le sujet est composé de quatre parties

Barème :

Exercice 1 (Transformateur monophasé): 12 points

Exercice 2 (Moteur asynchrone) : 7 points

Exercice 3 (L'alternateur): 5 points

Problème (Moteur à CC + Hacheur) : 20 points

Total : /44 points

Exercice 1: La plaque signalétique du transformateur d'alimentation du système est la suivante :

$S = 416 \text{ kVA}$ $U_1 = 1 \text{ kV}$ $U_2 = 400 \text{ V}$
--

Les essais suivants ont été réalisés :

Essai à vide sous tension primaire nominale	essai en court circuit
$U_{2V} = 480 \text{ V}$ $I_{1V} = 100 \text{ A}$ $P_{1V} = 32,1 \text{ kW}$	$U_{1CC} = 173 \text{ V}$ $I_{2CC} = 500 \text{ A}$ $P_{1CC} = 12 \text{ kW}$

A] Préliminaires

1. Donnez la signification des éléments de la plaque signalétique
2. Déterminez le facteur de puissance dans l'essai à vide .En déduire ,pour l'essai à vide , le courant actif et le courant réactif.
3. Représentez le diagramme de Fresnel de ces courants.

B] Etude du transformateur *L'étude se fera dans l'hypothèse de Kapp*

4. Rappelez l'hypothèse de Kapp
5. Déterminez le rapport de transformation m du transformateur
6. Représentez le modèle de Thévenin dans l'essai en court circuit
Déterminez les éléments du modèle :
7. L'impédance vue du secondaire Z_s
8. La résistance vue du secondaire R_s
9. La réactance vue du secondaire X_s
10. Représentez le modèle de Thévenin en charge sous tension primaire nominale ; déterminez la fem de Thévenin U_{20}

On effectue un essai en charge sous tension primaire nominale avec :

$$I_2 = 1040 \text{ A} \quad \cos \varphi_2 = 0,8 \text{ (inductif)}$$

11. Avec la formule approchée calculez la chute de tension en charge ΔU_2 , puis La tension en charge U_2
12. *Sur votre feuille* représentez le diagramme de Kapp du transformateur en charge (on précisera l'échelle choisie); vérifiez la valeur de la tension U_2 calculée à la question 11

C] Rendement du transformateur (pour la charge précédente)

13. Déterminez les pertes fer P_{1V} (justifiez votre réponse)
14. Calculez les pertes Joules
15. calculez le rendement

D] Essais sur le transformateur

on ne dispose pas de pince ampèremétrique multifonctions

Donnez les schémas avec les appareils nécessaires pour

16. L'essai à vide
17. l'essai en court-circuit.

Exercice 2 : Un moteur asynchrone à rotor à cage entraîne un système de levage
Les indications de la plaque signalétique sont les suivantes:

- | |
|--|
| a) 230 / 400 V
b) 1040 / 600 A
c) 300 kW
d) 180 tr/min , 50 Hz
e) $\cos \varphi$ illisible |
|--|

le réseau obtenu par un onduleur triphasé est de 400 V entre phases, 50 Hz.

Une série de mesures sur le moteur a donné les résultats suivants :

- 3) résistance mesurée entre phases (enroulements couplés) : $R = 50,0 \text{ m}\Omega$
- 4) 2 essais à vide afin de séparer les pertes fer des pertes mécaniques :
 - 5) sous tension nominale, $n \gg 187 \text{ tr/min}$:
puissance absorbée à vide $P_{1V} = 11,3 \text{ kW}$
courant absorbé à vide $I_{1V} = 200 \text{ A}$
 - 2) sous tension réduite ($U_N/20$), $n \gg 187 \text{ tr/min}$:
puissance absorbée à vide $P_{1Red} = 5,00 \text{ kW}$
courant absorbé à vide I_{1Red} négligeable.

A | Utilisation de la plaque signalétique

1. Donnez la signification des éléments portés sur la plaque signalétique
2. Déterminez le couplage du moteur (justifiez votre réponse)
3. Déterminez la vitesse de synchronisme ainsi que le nombre de paires de pôles
4. Déterminez le moment du couple utile T_{UN}

B | Etude au fonctionnement nominal : (justifiez vos réponses)

5. Calculez le glissement du moteur g_m
6. Déterminez les pertes mécaniques P_m
7. Déterminez la puissance transmise au rotor P_{TR}
8. Calculez les pertes joules rotor P_{JR}
9. Calculez les pertes fer stator: P_{FS}
10. Calculez les pertes joules stator P_{JS}
11. Calculez la puissance absorbée P_A
12. Le rendement du moteur
13. Déterminez le facteur de puissance du moteur

Exercice 3 : Un alternateur, triphasé, est couplé en étoile, comporte 26 pôles et doit fournir entre phases une tension de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 5650 V quel que soit le courant appelé en ligne.

Pour simplifier cette étude, on admettra que la machine est non saturée et que la caractéristique interne (tension entre phases à vide E_v en fonction du courant d'excitation I_e et à fréquence de rotation nominale n_N peut être assimilée à une droite d'équation : $E_v = 10,7 \cdot I_e$, avec E_v en volts et I_e en ampères. Une mesure à chaud en courant continu a permis de déterminer la résistance d'un enroulement du stator $R = 5,4 \text{ m}\Omega$. Un essai en court-circuit à courant d'excitation $I_e = 434 \text{ A}$ a donné $I_{cc} = 2000 \text{ A}$.

1. calculer la fréquence de rotation n de l'alternateur en tr/s
2. calculer la réactance synchrone par phase
3. Déterminer la valeur à donner au courant I_e (on négligera la résistance des enroulements du stator) pour $I = 3330 \text{ A}$ dans une charge inductive de $\cos \varphi = 0,9$.
4. La résistance de l'enroulement du rotor étant $R_e = 0,136 \text{ W}$, et la somme des pertes dans le fer et mécaniques valant 420 kW, calculer le rendement pour la charge nominale définie à la question 3.

Problème : 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 , 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_E 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 à 1).

U_a est une tension continue positive fixe.

Le hacheur est représenté sur la page 6.

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 7). 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 $i_H(t)$.

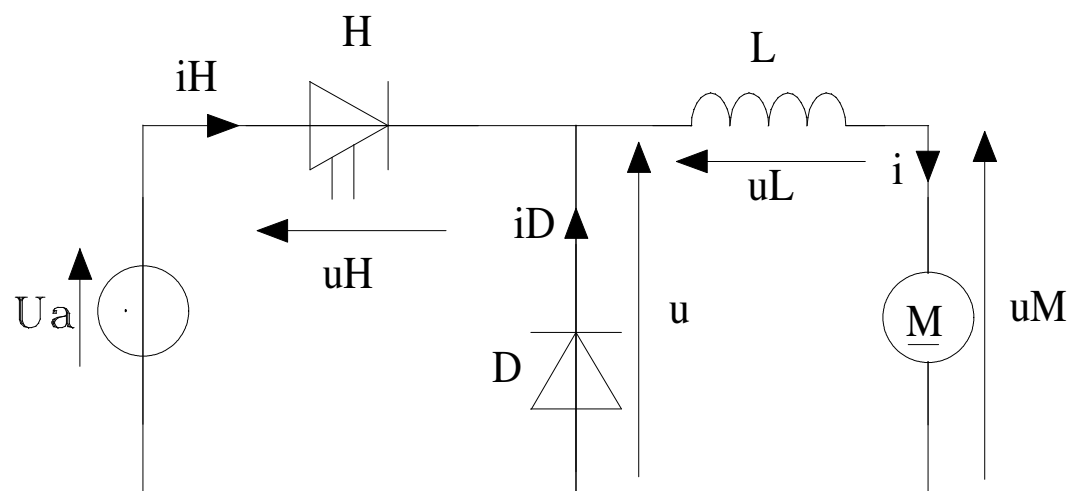
Compléter les schémas a, b, c correspondants du document-réponse n°1, page 7 et indiquer le branchement des voies Y_1 et Y_2 ainsi que l'emplacement de la résistance r_v dans chaque cas.

- 2) Préciser sur le document-réponse n° 1, page 7 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 .

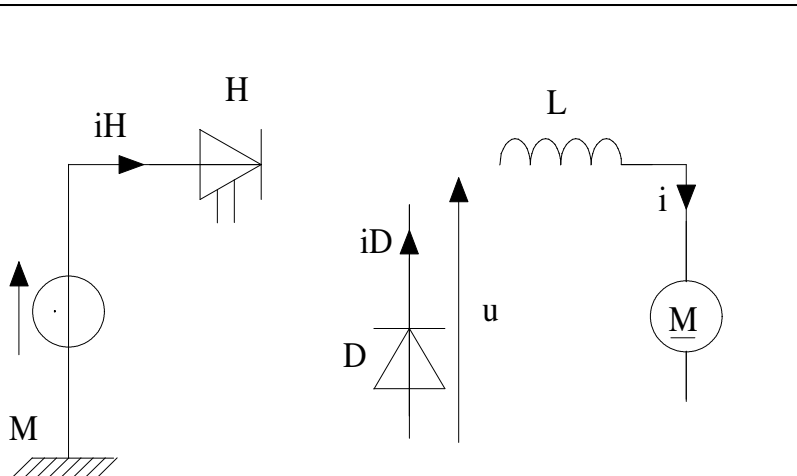
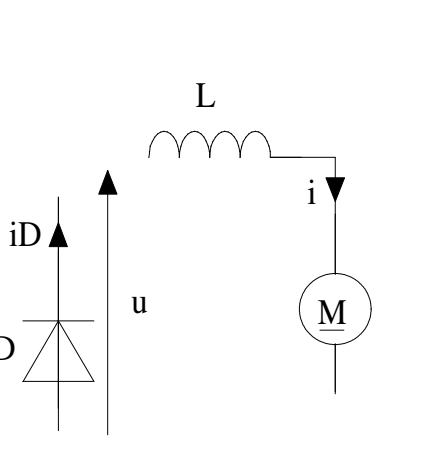

II Étude du fonctionnement pour une valeur constante du rapport cyclique α

- 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 8:
 - 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 8.
- 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 1 Partie B : Etude du hacheur



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

<p>a</p> 	<p style="text-align: center;">Position du zéro ? AC ou DC ?</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																																																																																																				
<p>b</p> 	<p style="text-align: center;">Position du zéro ? AC ou DC ?</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																																																																																																				
<p>c</p> 	<p style="text-align: center;">Position du zéro ? AC ou DC ?</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																																																																																																				

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

