

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE APPLIQUÉE

SESSION 2002

Série : Sciences et technologies industrielles

Spécialité : Génie Électrotechnique

Durée : 4 heures

Coefficient : 7

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-018 du 1-02-1999).

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1 à 10, les pages 7, 8, 9 et 10 sont à rendre avec la copie.

La 1^{ère} et la 2^{ème} parties sont totalement indépendantes.

Au sein de la 1^{ère} partie, seules les parties D et E sont indépendantes des autres.

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.

On s'intéresse à la motorisation d'un monte charge par moteur à courant continu à excitation indépendante, puis par moteur asynchrone triphasé.

Chacun des moteurs est commandé par un variateur de vitesse dont on ne demandera qu'une étude simplifiée.

Ce système est prévu pour déplacer une charge de masse 500kg.

1^{ère} Partie : Étude de la motorisation par moteur à courant continu.

On considère un moteur à courant continu à excitation indépendante de plaque signalétique suivante :

	1,3 kw	
Induit :	150V	10,4A
Inducteur	190V	0,55A

L'intensité du courant d'excitation du moteur sera égale à sa valeur nominale et **maintenue constante**.

Le moment du couple de pertes noté T_p , correspondant aux pertes dans le fer et aux pertes mécaniques, sera considéré comme constant dans toute l'étude du moteur.

La réaction magnétique d'induit est négligée ; on supposera le moteur parfaitement compensé.

Lors du fonctionnement en charge, le moment du couple résistant T_R sera supposé constant et égal à 9,0N.m

On notera :

- U la tension d'induit du moteur exprimée en volts ;
- I l'intensité du courant dans l'induit du moteur exprimée en ampères ;
- N la fréquence de rotation du moteur exprimée en tours par minute.

A. Étude des caractéristiques du moteur.

La température du moteur ayant atteint sa valeur nominale, un essai voltampèremétrique à courant d'inducteur nul est effectué. Les résultats sont les suivants : $U = 5V$; $I = 5A$; $N = 0$.

Un essai à vide, sous tension d'induit $U_0 = 140V$ et courant d'inducteur nominal, a donné les résultats suivants : $I_0 = 0,5A$; $N_0 = 1410tr.min^{-1}$.

1. Compléter le schéma de montage du document réponse n°1 page n°7 pour l'essai voltampèremétrique en précisant le type d'appareil utilisé ainsi que les calibres des appareils.
2. À partir de cet essai, déterminer la résistance de l'induit notée R_a .
3. Donner le schéma du modèle équivalent de ce moteur.
4. Montrer que la fém E du moteur peut s'écrire $E = K.\Omega$ avec E en volt et Ω en $rad.s^{-1}$.
5. Déterminer K en précisant son unité.
6. Déterminer les pertes collectives notée p_c lors de l'essai à vide (les pertes collectives correspondent à la somme des pertes dans le fer et des pertes mécaniques).
7. En déduire le moment du couple de pertes noté T_p .

B. Étude en charge sous tension d'induit fixe.

Le moteur est maintenant alimenté sous tension d'induit nominale constante.

Le moteur entraîne le monte charge qui présente un couple résistant constant de moment $T_R = 9,0\text{N.m}$.

On se place en régime permanent (la fréquence de rotation est donc constante).

On donne $T_P = 0,47\text{N.m}$.

1. Déterminer le moment du couple utile T_U du moteur.
2. Montrer que le moment T_{em} du couple électromagnétique est constant. Calculer sa valeur.
3. L'intensité du courant induit I est constante ; justifier cette affirmation et calculer sa valeur.
4. Calculer la fém E pour ce fonctionnement en charge.
5. En déduire la vitesse de rotation pour ce fonctionnement.

C. Fonctionnement sous tension d'induit réglable.

On a : $T_R = 9,0\text{N.m} = C^{te}$; $T_P = 0,47\text{N.m} = C^{te}$; $T_{em} = C^{te}$; $I = 10\text{A} = C^{te}$ (C^{te} : constante)

La tension d'induit varie de 0 à 150V.

1. Établir la relation $N = f(U)$ avec N la fréquence de rotation du groupe en tr.min^{-1} et U tension d'induit en volts. Tracer cette courbe sur le document réponse n°2 page n°8.
2. Déterminer la tension de début de démarrage, notée U_d .
3. Pour quelle valeur de la tension d'induit obtient-on une vitesse de rotation de 750tr.min^{-1} ?

D Étude simplifiée du variateur de vitesse pour moteur à courant continu.

Le variateur est un pont tout thyristor dont on n'étudiera pas la commande.

Le schéma de ce pont se trouve en document réponse n°1 page n°7.

Le pont est alimenté par un transformateur monophasé d'isolement de rapport de transformation $m = 1$ et supposé parfait dans cette partie.

Ce transformateur est alimenté par le réseau EDF : 230V, 50Hz.

Les thyristors seront supposés parfaits. On notera α l'angle de retard à l'amorçage par rapport à la commutation naturelle.

Les thyristors T_1 et T_3 sont commandés à $\omega t = \alpha$ sur l'alternance positive de la tension du réseau d'alimentation, les thyristors T_2 et T_4 sont commandés à $\omega t = \pi + \alpha$

On ajoute en série avec l'induit du moteur une inductance supposée suffisamment importante pour que le courant I_C soit considéré comme parfaitement lissé.

On prendra $I_C = 10\text{A}$.

1. Étude lors de la montée de la charge, en régime permanent.
 - 1.1. Placer sur le document réponse n°1 page n°7, les voies de l'oscilloscope permettant d'observer les tensions $u_C(t)$ et $v_{T1}(t)$. Préciser si des voies sont à inverser.
 - 1.2. Pour un angle de retard à l'amorçage de 45° , indiquer la séquence de conduction des thyristors sur le document réponse n°3 page n°9.

- 1.3. Représenter les tensions $u_C(t)$, $v_{T1}(t)$, les courants $i_C(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_S(t)$ sur le document réponse n°3 page n°9. Justifier vos réponses.
- 1.4. Calculer la valeur moyenne de la tension redressée notée $\overline{u_C}$ sachant que

$$\overline{u_C} = \frac{2\hat{U}}{\pi} \cos(\alpha).$$
- 1.5. Calculer les valeurs moyennes des courants $i_{T1}(t)$ et $i_S(t)$.
- 1.6. Calculer les valeurs efficaces des courants $i_{T1}(t)$ et $i_S(t)$.
- 1.7. Calculer la puissance reçue par la charge.

2. Étude lors de la descente de la charge, en régime permanent.

On notera que, lors de cette phase, la charge entraîne la machine à courant continu qui devient alors génératrice. Son sens de rotation s'inverse. La fém E devient négative.

i_C reste constant et égal à 10A.

On impose au pont un angle α' supérieur à 90° .

Les formes d'ondes sont représentées en annexe page n°6

- 2.1. Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, l'angle α' d'amorçage des thyristors.
- 2.2. Calculer la valeur moyenne $\overline{u_C}$ de la tension redressée
- 2.3. Calculer algébriquement la puissance échangée entre le réseau et la charge. Que peut-on en conclure ?
- 2.4. Comment est appelé le fonctionnement de ce pont ?

2^{ème} Partie : Étude de la motorisation par moteur asynchrone.

On considère un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil.

Sa plaque signalétique est la suivante:

230/400V 8,6/4,9A 2,2kW 1420tr.min⁻¹ $\eta = 0,80$ $\cos \varphi = 0,83$

A. Étude des caractéristiques du moteur.

1. Donner les significations des grandeurs de la plaque signalétique.
2. Le moteur étant alimenté par le réseau triphasé {400V, 50Hz} EDF, quel couplage doit-on choisir pour les enroulements du stator ? Justifier.
3. Quelle est la valeur de l'intensité du courant de ligne dans une phase du stator en régime nominal ?
4. Donner la valeur de la vitesse de synchronisme notée N_S . Justifier votre réponse.
5. Calculer le nombre de paires de pôle de ce moteur.
6. À partir des données de la plaque signalétique, estimer la valeur de la puissance notée P_{pertes} dues aux pertes de la machines.
7. Préciser les noms des pertes mises en jeu et celles que l'on peut négliger (sans les calculer).

B. Étude du moteur alimenté par un onduleur réalisant la condition $\frac{U}{F}$ constante..

On note U la valeur efficace de la tension composée d'alimentation du moteur et F sa fréquence.

N_s correspond à la fréquence de synchronisme exprimée en tr.min^{-1} .

N est la fréquence de rotation du moteur exprimée en tr.min^{-1} .

La partie utile de la caractéristique mécanique du moteur pour une tension $U = 400\text{V}$ et une fréquence $F = 50\text{Hz}$ est représentée sur le document réponse n°4 page n°10.

On précise que cette caractéristique se déplace parallèlement à elle-même pour chaque changement de fréquence.

Le moment du couple résistant noté T_R est constant et égale à $9,0\text{N.m}$.

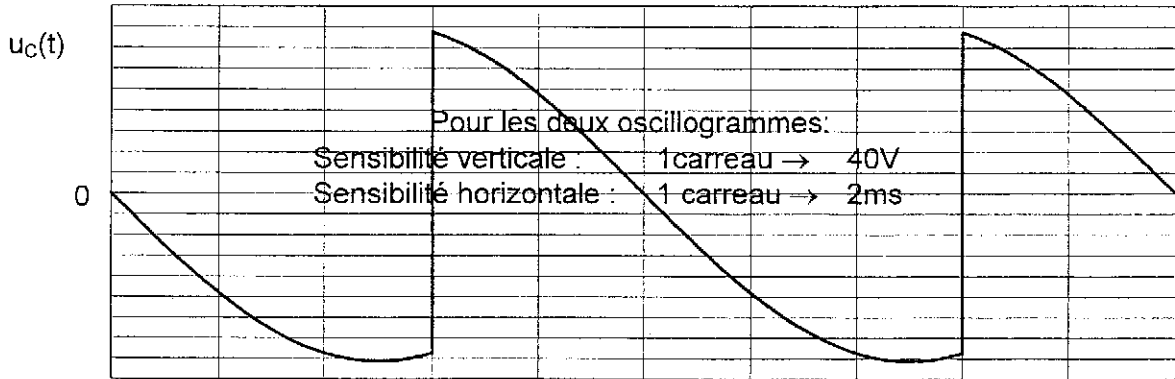
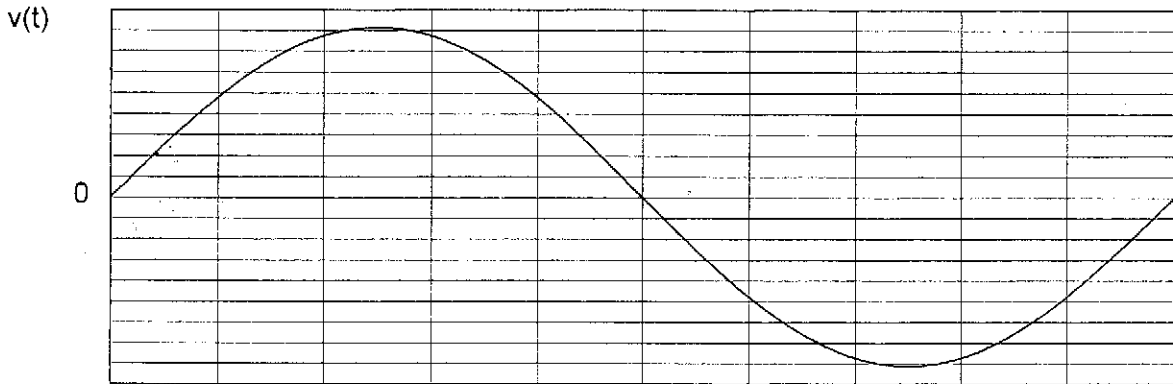
1. Tracer sur le document réponse n°4 page n°10 la caractéristique $T_R = f(N)$. En déduire graphiquement le point de fonctionnement du groupe moteur + charge d'alimentation et préciser la fréquence de rotation du moteur.
2. Calculer la nouvelle fréquence N_s' de synchronisme pour une fréquence de 30Hz .
3. Tracer, sur le document réponse n°4 page n°10, la partie utile de la caractéristique mécanique pour le fonctionnement à la fréquence de 30Hz . En déduire la nouvelle fréquence de rotation N' du groupe (moteur+ charge).
4. Calculer la perte de vitesse due au glissement telle que $\Delta N = N_s - N$. En déduire la fréquence minimale pour que le moteur puisse démarrer. Représenter cette caractéristique sur le document réponse n°4 page n°10.
5. Quelle est, dans ce cas, la valeur efficace de la tension de démarrage ?

Annexe n°1

1^{ère} Partie : Étude de la motorisation par moteur à courant continu.

D Étude simplifiée du variateur de vitesse pour moteur à courant continu

2. Étude lors de la descente de la charge, en régime permanent.



DOCUMENT REPONSE n°1

1^{ère} Partie : Étude de la motorisation par moteur à courant continu.

A. Étude des caractéristiques du moteur.

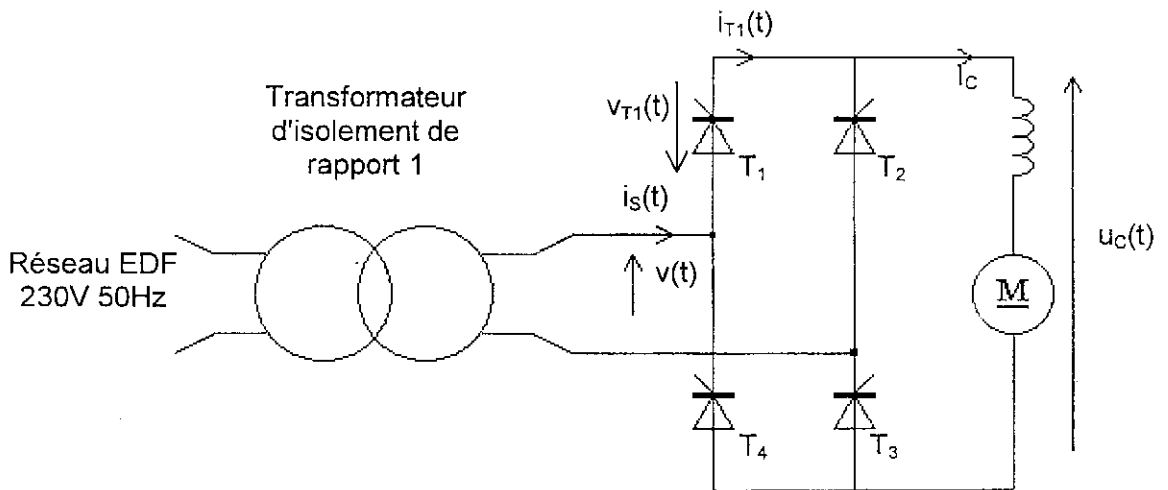


On dispose :

- ◆ Un ampèremètre analogique à deux positions AC ou DC de calibres : 1A, 3A, 5A, 10A.
- ◆ Un voltmètre analogique à deux positions AC ou DC de calibres : 1V, 5V, 10V.

1^{ère} Partie : Étude de la motorisation par moteur à courant continu.

D Étude simplifiée du variateur de vitesse pour moteur à courant continu.



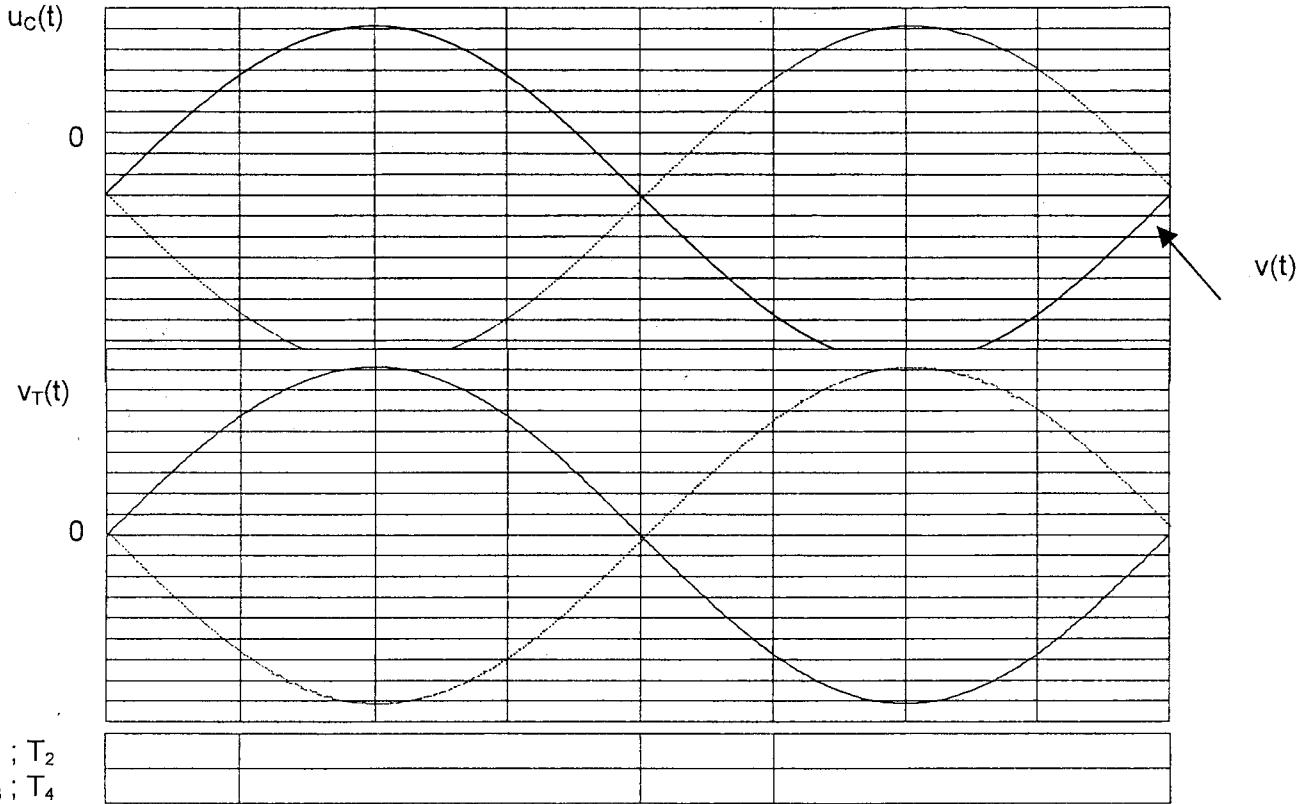
DOCUMENT REPONSE n°2

1^{ère} Partie : Étude de la motorisation par moteur à courant continu.
C. Fonctionnement sous tension d'induit réglable.

DOCUMENT REPONSE n°3

1^{ère} Partie : Étude de la motorisation par moteur à courant continu.

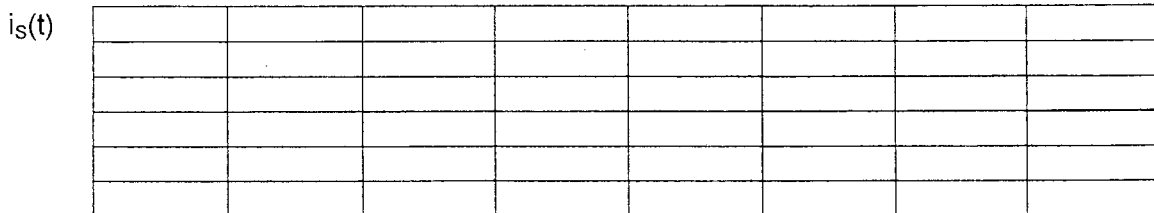
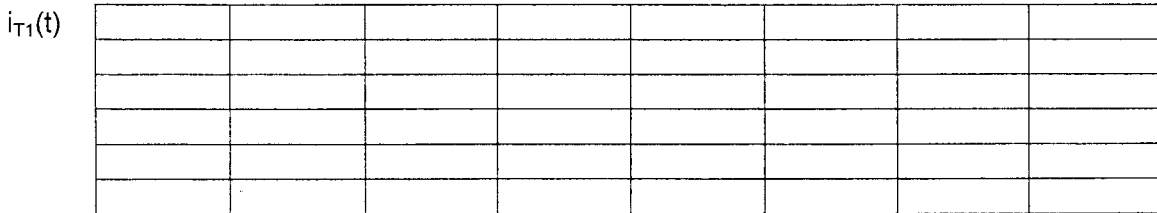
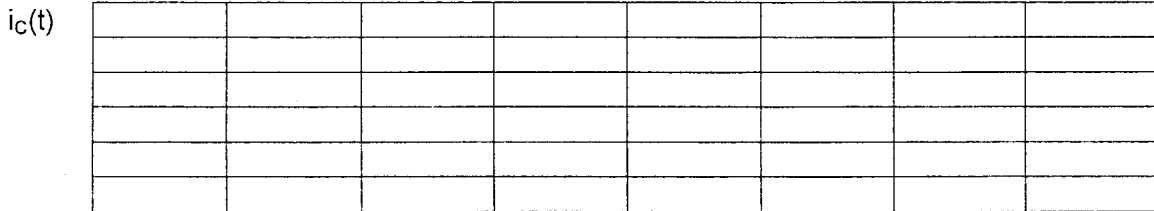
D Étude simplifiée du variateur de vitesse pour moteur à courant continu.



Pour les tensions

Base de temps : 1carreau → 2,5ms

Sensibilité verticale 1 carreau → 40V



Pour les courants

Base de temps : 1carreau → 2,5ms

Sensibilité verticale 1 carreau → 5A

DOCUMENT REPOSE n°4

2^{ème} Partie : Étude de la motorisation par moteur asynchrone.

B. Étude du moteur alimenté par un onduleur réalisant la condition $\frac{U}{F}$ constante..

$T_u = f(N)$ à $U/F = Cte$

