

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).

Le sujet est composé de trois parties pouvant être traitées de façon indépendante.

Partie A : Étude d'un transformateur

Un transformateur monophasé alimenté par un réseau monophasé moyenne tension a pour caractéristiques : 1500V / 240 V, 50 Hz , 7,5 kVA.

Les essais de ce transformateur ont donné les résultats suivants :

- mesure (en continu) des résistances des enroulements

$$r_1 = 0,25 \, \Omega ; r_2 = 0,043 \, \Omega$$

- essai à vide

$$U_{10} = U_{1N} = 1500 \, \text{V} ; 50 \, \text{Hz} ; I_{10} = 0,4 \, \text{A} ; P_{10} = 120 \, \text{W}$$

$$U_{20} = 240 \, \text{V}$$

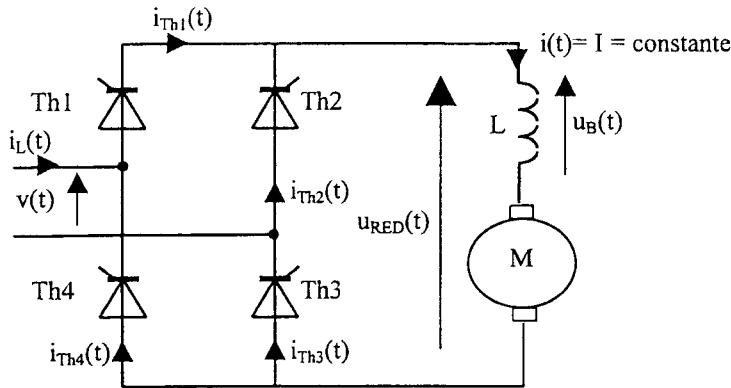
- essai en court-circuit

$$U_{1CC} = 15 \, \text{V} ; I_{1CC} = 5 \, \text{A} ; P_{1CC} = 48 \, \text{W}$$

- 1- Calculer l'intensité efficace nominale I_1 du courant primaire.
- 2- Calculer le rapport de transformation m du transformateur.
- 3- Calculer le facteur de puissance à vide f_{p0} .
- 4- Calculer les pertes par effet joule à vide P_{J0} .
- 5- En déduire les pertes magnétiques à vide P_{F0} .
- 6- Représenter le schéma équivalent du transformateur ramené, au secondaire.
- 7- À partir de l'essai en court-circuit, déterminer la résistance totale R_S des enroulements ramenée au secondaire. Dans cet essai, les pertes magnétiques sont négligées.
- 8- À partir de l'essai en court-circuit, déterminer la réactance de fuites totale X_S ramenée au secondaire.
- 9- Représenter le schéma de principe du montage correspondant à l'essai à vide décrit en indiquant les appareils de mesure permettant de mesurer U_{10} , I_{10} , P_{10} et U_{20} . Justifier les positions des commutateurs des différents appareils.

Partie B : Étude d'un redresseur commandé

Un pont monophasé "tout thyristors" alimente une machine à courant continu :



Pour cette étude, nous supposons que :

- la tension $v(t)$ appliquée a pour expression :

$$v(t) = 240 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \quad \text{avec } \omega = 2\pi/T$$

- le courant d'intensité I absorbé par le moteur est parfaitement lissé : $I = 30 \text{ A}$

- le retard à l'amorçage des thyristors défini par rapport à la commutation naturelle est maintenu égal à : $t_1 = T/12$

- 1- Calculer, en degrés, l'angle de retard d'amorçage θ_1 correspondant à l'instant $t_1 = T/12$.
- 2- Représenter sur le document-réponse n°1 page 6 le schéma de câblage de l'oscilloscope permettant de visualiser :
 - $u_{RED}(t)$ sur la voie Y1 (on utilisera une sonde de tension),
 - l'image de l'intensité $i_{Th3}(t)$ sur la voie Y2 (on utilisera une sonde de courant)
 (Remarque : on considèrera que les sondes employées n'atténuent pas les grandeurs).
- 3- Remplir le tableau du document - réponse n°2 page 7 expliquant le fonctionnement du montage redresseur. Pour cela :
 - préciser l'état de chaque thyristor pour chaque intervalle de temps (entourer les bonnes réponses),
 - compléter les schémas équivalents en remplaçant chaque thyristor par l'interrupteur ouvert ou fermé équivalent,
 - préciser, pour chaque intervalle de temps, l'expression de $u(t)$ en fonction de $v(t)$.
- 4- À partir de l'étude précédente, représenter sur le document -réponse n° 3 page 8 la forme d'onde de la tension redressée $u_{RED}(t)$.

5- Pour chaque intervalle de temps, indiquer en concordance des temps sous la courbe $u_{RED}(t)$ les thyristors qui conduisent.

6- Représenter en concordance de temps $i_L(t)$, $i_{Th2}(t)$ et $i_{Th3}(t)$

7- On rappelle que l'expression de la valeur moyenne $\langle u_{RED} \rangle$ de $u_{RED}(t)$ est :

$$\langle u_{RED} \rangle = \frac{2 \cdot V_{MAX}}{\pi} \cos \theta$$

Calculer sa valeur numérique.

8- Calculer l'intensité moyenne $\langle i_{Th} \rangle$ du courant dans un thyristor.

Partie C : Étude d'un moteur à courant continu

Sur la plaque signalétique d'un moteur à courant continu à excitation indépendante, on relève :

$U_N = 220 \text{ V}$	$I_N = 30 \text{ A}$	$P = 5 \text{ kW}$
$U_{exc} = 220 \text{ V}$	$I_{exc} = 1,5 \text{ A}$	
$n = 1200 \text{ tr.min}^{-1}$		

On supposera que :

- la réaction magnétique d'induit est parfaitement compensée,
- le couple de pertes collectives sera supposé constant.

L'étude du moteur va consister en l'exploitation de différents essais :

- essai à rotor bloqué,
- essai en génératrice à vide,
- essai en moteur à vide,
- essai en charge.

1- On propose en annexe page 9 quatre conditions d'essai.

Préciser, dans le tableau du document-réponse n°4 page 9, le numéro des protocoles respectifs de chacun de ces essais.

2- À partir de la plaque signalétique, déterminer la résistance r de l'inducteur.

3- Déterminer le moment du couple utile T_{uN} développé lors de l'essai nominal.

4- Déterminer le rendement η_N pour le fonctionnement nominal.

5- On réalise l'essai à rotor bloqué du moteur.

Pour $U = 20 \text{ V}$, on relève $I = 20 \text{ A}$.

En déduire la valeur de la résistance d'induit R .

6- On réalise les essais à vide de la machine à courant continu.

- Essai en génératrice à vide :

Pour le moteur étudié, on relève à fréquence de rotation $n_V = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$:

$I_{exc} \text{ (A)}$	0	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
$U = E_V \text{ (V)}$	15	60	100	150	200	220	236	244

- Essai à vide du moteur :
 - tension aux bornes de l'induit $U_0 = 220 \text{ V}$
 - intensité du courant dans l'induit $I_0 = 2 \text{ A}$
 - intensité du courant d'excitation $I_{exc} = 1,5 \text{ A}$

6-1. Calculer la force électromotrice E_0 pour l'essai à vide du moteur.

6-2 Indiquer la valeur du moment du couple utile pour l'essai à vide du moteur.

6-3 Déterminer la fréquence de rotation à vide n_0 du moteur.

6-4 Déterminer les pertes collectives de la machine.

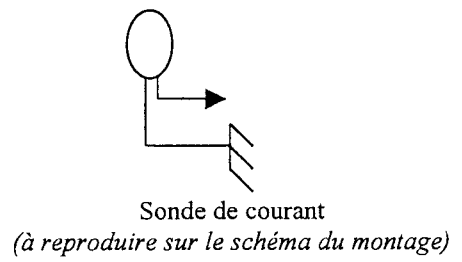
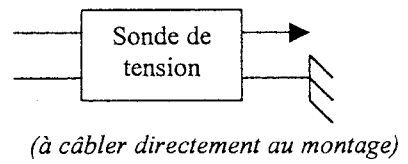
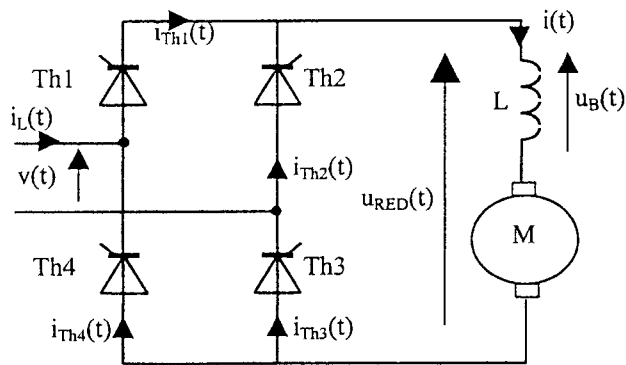
7- On réalise l'essai en charge du moteur. On considèrera que l'intensité du courant d'excitation est maintenue constante ($I_{exc} = 1,5 \text{ A}$), et que la tension appliquée aux bornes de l'induit vaut $U = U_N = 220 \text{ V}$.

Lors de cet essai, le moteur entraîne une charge dont le moment du couple résistant T_r évolue en fonction de la fréquence de rotation selon la relation :

$$T_r = 10 + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 \quad (T_r \text{ en N.m ; } n \text{ en tr.min}^{-1})$$


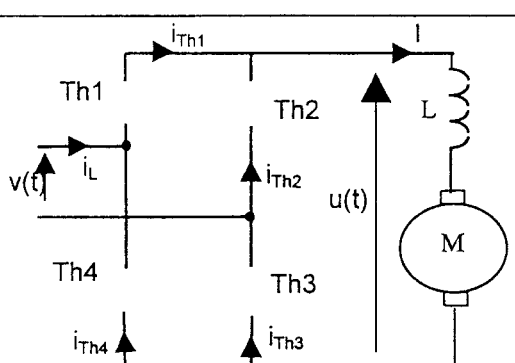

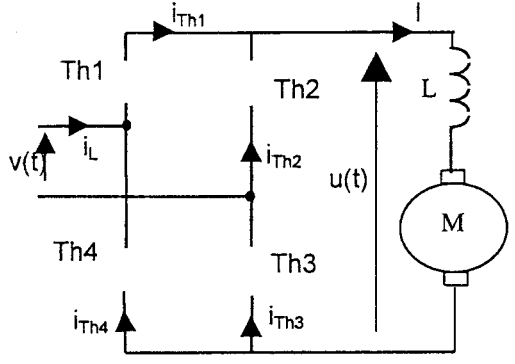

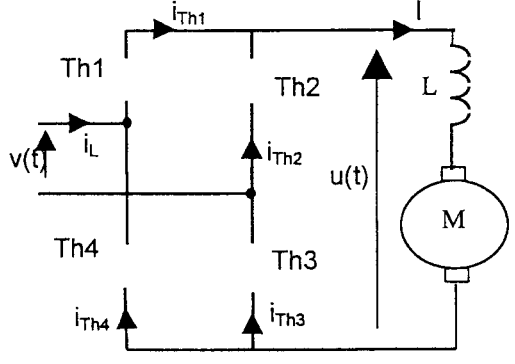

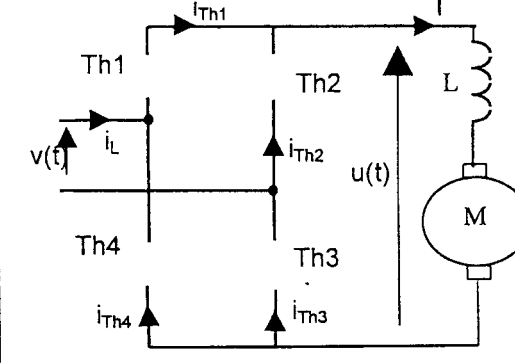
- 7-1 À partir de l'essai à vide et de l'essai nominal, tracer sur le document réponse n°5 page 10 la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$ du moteur.
- 7-2. Tracer sur le même document – réponse n°5 page 10 la caractéristique mécanique $T_r = f(n)$ de la charge.
- 7-3 En déduire la fréquence de rotation n de l'ensemble moteur – charge.
- 7-4 En déduire la puissance utile P_u développée par le moteur dans ces conditions d'essai.
- 7-5 Déterminer l'intensité du courant d'induit lors de cet essai.
- 7-6 Compléter le schéma du bilan de puissances (document – réponse n°6 page 9).
Préciser les notations utilisées en nommant toutes les puissances.
- 7-7 Déterminer le rendement η du moteur lors de cet essai.

DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE



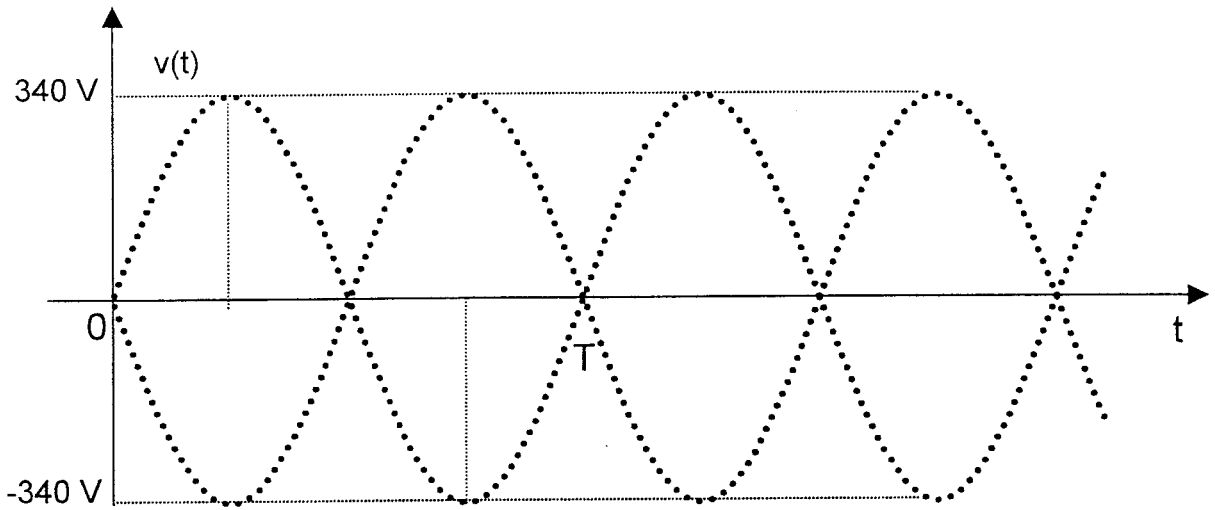
Document réponse n° 1

DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE

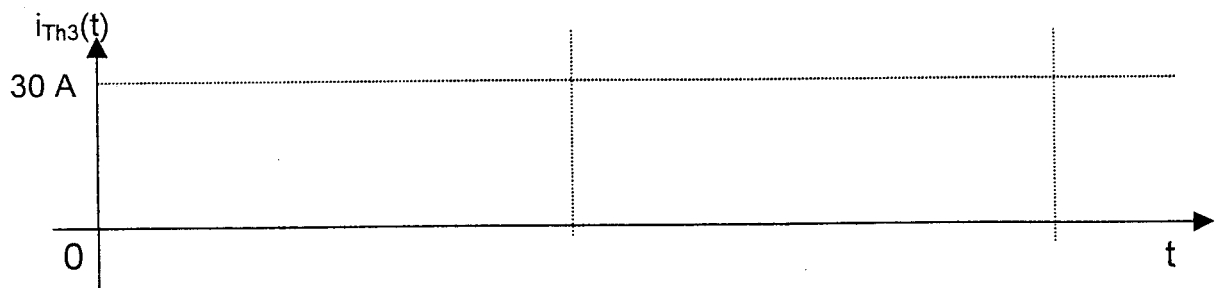
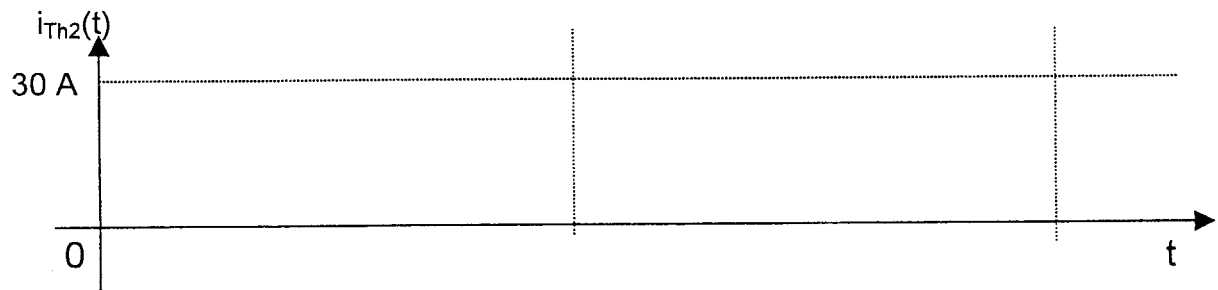
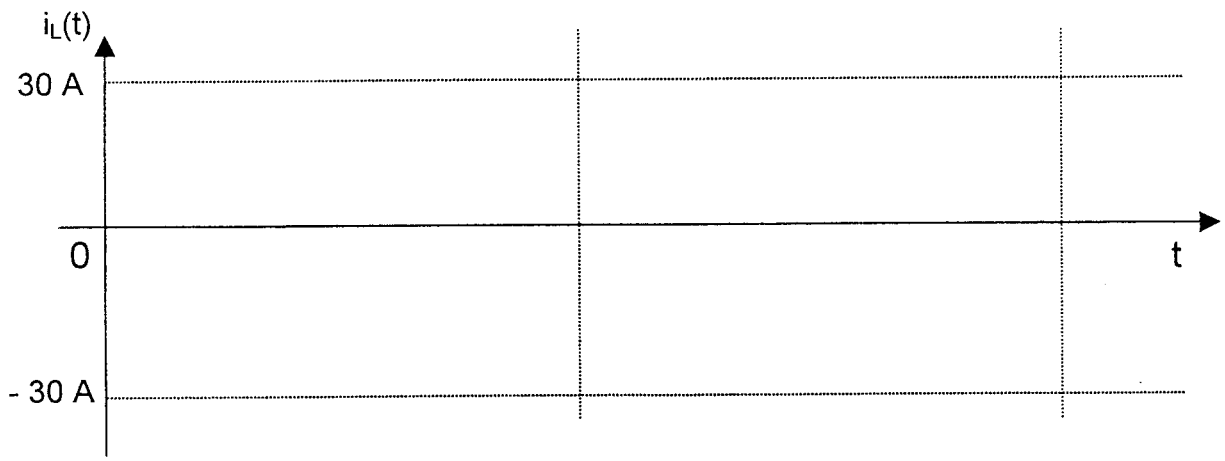
Intervalle	signe de $v(t)$	Etat des thyristors	Schéma équivalent	Expression de $u(t)$ en fonction de $v(t)$
t_0  $T/2$	$v(t) \dots 0$	\Rightarrow Impulsions : I_{G1} et I_{G3} Th1 : amorcé - bloqué Th2 : amorcé - bloqué Th3 : amorcé - bloqué Th4 : amorcé - bloqué (entourer les bonnes réponses)		
$T/2$  $T/2+t_0$	$v(t) \dots 0$	Th1 : amorcé - bloqué Th2 : amorcé - bloqué Th3 : amorcé - bloqué Th4 : amorcé - bloqué (entourer les bonnes réponses)		
$T/2+t_0$  T	$v(t) \dots 0$	\Rightarrow Impulsions : I_{G2} et I_{G4} Th1 : amorcé - bloqué Th2 : amorcé - bloqué Th3 : amorcé - bloqué Th4 : amorcé - bloqué (entourer les bonnes réponses)		
$0(+T)$  $t_0(+T)$	$v(t) \dots 0$	Th1 : amorcé - bloqué Th2 : amorcé - bloqué Th3 : amorcé - bloqué Th4 : amorcé - bloqué (entourer les bonnes réponses)		

Document réponse n° 2

DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE



Thyristors
conducteurs



Document réponse n° 3

DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE

Propositions de protocoles d'essai :

- 1** Conditions d'essai :
- 1). On alimente l'induit avec une source de tension continue variable
 - 2). L'inducteur est parcouru par un courant continu d'intensité I_{exc} .
 - 3). L'arbre du moteur est accouplé avec une charge imposant un moment résistant Tr (N.m).
 - 4). On relève U (tension aux bornes de l'induit), I_{exc} et la fréquence de rotation n de l'arbre du moteur.

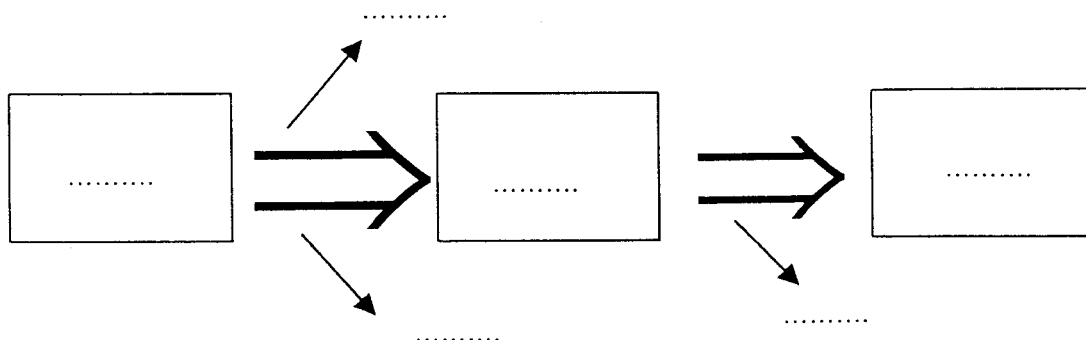
- 2** Conditions d'essai :
- 1). On ne câble ni source de tension continue, ni charge électrique aux bornes de l'induit.
 - 2). L'arbre de la machine est entraîné par un moteur annexe à la fréquence de rotation fixée constante n_v .
 - 3). On fait varier le courant d'excitation continu I_{exc} traversant l'inducteur.
 - 4). On relève U (tension aux bornes de l'induit) et I_{exc} .

- 3** Conditions d'essai :
- 1). Le rotor est bloqué mécaniquement.
 - 2). L'inducteur n'est pas alimenté.
 - 3). On applique aux bornes de l'induit une tension continue réduite U .
 - 4). On relève U et I (intensité du courant circulant dans l'induit).

- 4** Conditions d'essai :
- 1). On alimente l'induit avec une source de tension continue variable.
 - 2). L'inducteur est traversé par un courant continu I_{exc} .
 - 3). L'arbre du moteur n'est accouplé avec aucune charge.
 - 4). On relève U (tension aux bornes de l'induit), I , et la fréquence de rotation n .

essai :	essai à rotor bloqué	essai en génératrice à vide	essai en moteur à vide	essai en charge
protocole d'essai :				

Document réponse n° 4



Document réponse n° 6

DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE

Document réponse n° 5

