

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE APPLIQUÉE

SESSION 2001

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°99-186 du 16-11-1999).

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

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

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1 à 7 dont les documents réponses pages 6 et 7 sont à rendre avec la copie.

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 copie

On se propose d'étudier les éléments constitutifs d'un scooter électrique. Les différentes parties du problème sont indépendantes. On rédigera chaque partie sur une copie double séparée. Les documents réponse sont à rendre avec les copies même s'ils ne sont pas complétés. Le sujet comporte 7 pages de textes et schémas et 3 documents réponse.

Le scooter fonctionne grâce à un moteur à courant continu à excitation séparée et constante. Il est alimenté par une source d'énergie embarquée constituée de batteries cadmium-nickel. Elles sont rechargeables à partir du secteur par l'intermédiaire d'un transformateur et d'un redresseur.

La vitesse du scooter est réglable par un hacheur. Le frein moteur permet la récupération d'énergie.

NB : dans tout le problème on supposera la vitesse v du scooter exprimée en km.h^{-1} et proportionnelle à la fréquence de rotation n du moteur en tr.min^{-1} :

pour $n = 800 \text{ tr.min}^{-1}$ le scooter roule à 45 km.h^{-1} .

PARTIE 1 : ÉTUDE DU MOTEUR

A. Étude du moteur à tension d'induit U constante :

Le moteur fonctionne sous tension d'induit nominale : $U_N = 18\text{V}$.

Intensité nominale du courant d'induit : $I_N = 100\text{A}$.

Tension d'excitation constante $U_e = 18\text{V}$.

Intensité du courant d'excitation constante : $I_e = 1,5\text{A}$.

Résistance d'induit $R = 0,050 \Omega$.

Régime nominal : $n_N = 800 \text{ tr.min}^{-1}$ le scooter roule alors à 45 km.h^{-1} .

La réaction magnétique d'induit est parfaitement compensée.

A.1 Montrer que la f.c.é.m. E du moteur est proportionnelle à la fréquence de rotation n en tr.min^{-1} :

$$E = K.n.$$

Calculer la valeur du coefficient de proportionnalité K et préciser son unité.

A.2 Montrer que lorsque $I = I_N = 100\text{A}$, la fréquence de rotation n (en tr.min^{-1}) et la tension d'alimentation U (en volts) sont liées par la relation numérique : $n \approx 61,5.U - 307$.

A.3 Démontrer que le moment du couple électromagnétique T_{em} est proportionnel à l'intensité du courant absorbé par l'induit $T_{em} = K'.I$.

Calculer la valeur du coefficient de proportionnalité K' et préciser son unité.

A.4 Montrer que l'expression liant le moment du couple électromagnétique T_{em} à la fréquence de rotation n (en tr.min^{-1}) et à la tension d'induit U (en V) peut se mettre sous la forme :

$$T_{em} \approx 3,10.U - 0,050.n$$

A.5 Tracer $T_{em} = f(n)$ pour $U = U_N = 18 \text{ V}$ sur la feuille de papier millimétré fournie (Échelles : 1cm pour 1N.m ; 2cm pour 100 tr.min^{-1}).

A.6 Donner le schéma du bilan de puissances de ce moteur en détaillant autant que possible les expressions littérales des puissances mises en jeu.

A.7 Calculer les pertes par effet Joule totales de ce moteur pour $I = I_N$.

A.8 Pour le fonctionnement nominal, la somme des pertes dans le fer et des pertes mécaniques vaut $p_c = 344 \text{ W}$. Déterminer :

A.8.1 la puissance utile nominale développée P_{u_n} ;

A.8.2 le rendement nominal.

B. Étude du moteur sous tension d'induit U réduite :

Le conducteur du scooter dispose d'un mode de conduite économique. La tension d'induit du moteur est alors : $U_{eco} = 13,7 \text{ V}$.

B.1 A l'aide du résultat de la question **A.4.**, donner l'expression liant le moment du couple électromagnétique T_{em} à la fréquence de rotation n (en tr.min^{-1}).

B.2 Tracer $T_{em} = f(n)$ pour $U = U_{eco} = 13,7 \text{ V}$ sur la même feuille de papier millimétré que pour la question **A.5.** (Échelles : 1 cm pour 1 N.m ; 2 cm pour 100 tr.min^{-1}).

B.3 Pour un moment du couple électromagnétique développé $T_{em} = 15,8 \text{ N.m}$ déterminer :

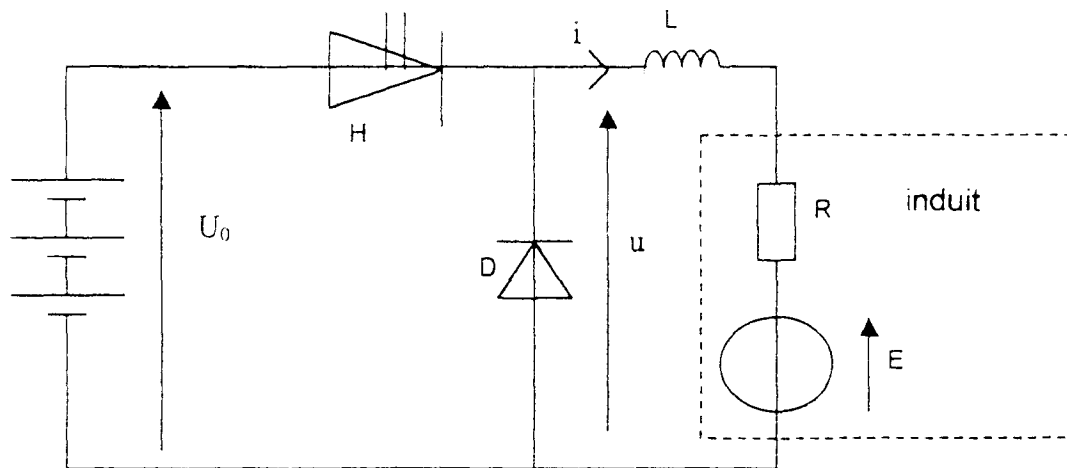
La vitesse de rotation du moteur n_{eco} en tr.min^{-1} et la vitesse du scooter v_{eco} en km.h^{-1} .

PARTIE 2 : ÉTUDE DU HACHEUR

Pour pouvoir faire varier la fréquence de rotation du moteur donc la vitesse du scooter on interpose, entre la source de tension fixe (batteries embarquées) et l'induit du moteur, un hacheur.

A. Variation de vitesse :

Le scooter est équipé de 3 batteries de 6,0 V montées en série donnant une tension U_0 totale supposée constante de 18 V. On rappelle que le moteur du scooter électrique fonctionne à flux constant.



Commande du hacheur H :

Pour $0 < t < \alpha T$ H est fermé.

Pour $\alpha T < t < T$ H est ouvert.

La diode D est supposée idéale, la bobine d'inductance L lisse suffisamment le courant pour qu'on considère ce dernier comme constant : l'intensité I du courant dans l'induit du moteur est donc égale à sa valeur moyenne $\langle i \rangle$.

La résistance d'induit du moteur est toujours $R = 0,050 \Omega$.

A.1 Pour α quelconque : expliquer le fonctionnement du système sur une période et représenter la tension U en fonction du temps sur le document réponse (doc rép. 1).

A.2 Déterminer l'expression de la valeur moyenne $\langle u \rangle$, de la tension u en fonction de U_0 et de α .

A.3 Établir la relation entre $\langle u \rangle$, l'intensité moyenne $\langle i \rangle$, la résistance d'induit R et la f.é.m E du moteur.

A.4 On donne la relation entre la f.é.m E et la fréquence de rotation n du moteur en tr.min^{-1} :

$$E = 0,0163.n$$

On considère que le moteur fonctionne à couple constant et absorbe une intensité d'induit constante :

$$I = 100 \text{ A}$$

Quelles valeurs faut-il donner à α pour que le scooter roule :

A.4.1 - à 45 km.h^{-1} ?

A.4.2 - à 30 km.h^{-1} ?

A.5 Au démarrage, l'intensité du courant absorbé par le moteur est limitée à $I_d = 125 \text{ A}$.

A quelle valeur de α cela correspond-t-il ?

B. Phase de freinage :

Lors du freinage du scooter l'induit de la machine à courant continu est entraîné en rotation grâce à l'inertie du scooter et la machine à courant continu fonctionne alors en génératrice.

Expliquer pourquoi, sur le plan énergétique, le fonctionnement en génératrice de la machine permet un freinage et une récupération d'énergie pour les batteries, grâce à un montage adapté.

PARTIE 3 : ÉTUDE DU CHARGEUR DE BATTERIE

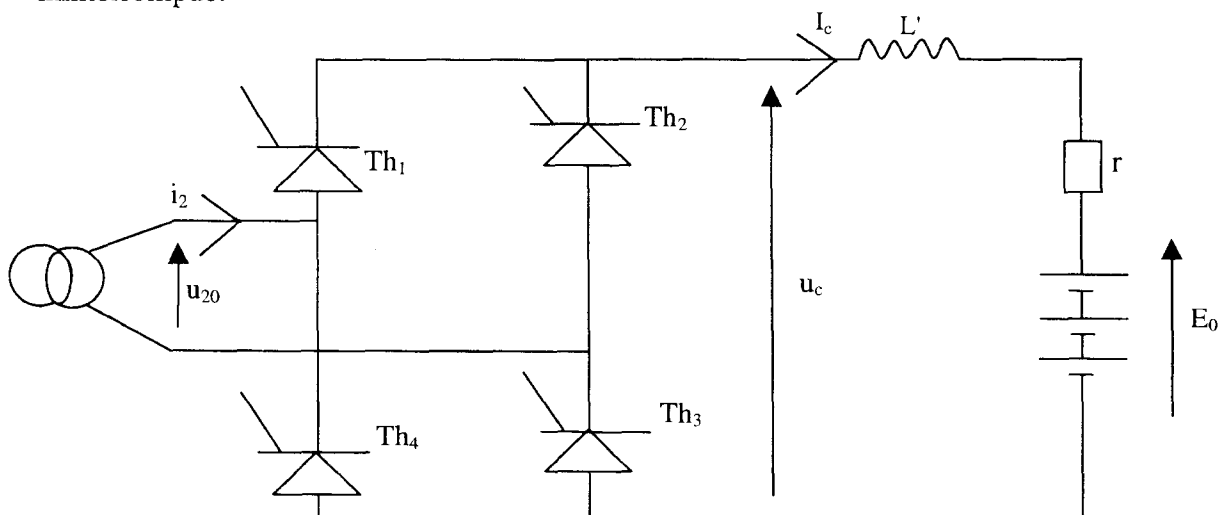
A. Fonctionnement du pont tout thyristors :

La valeur efficace de la tension sinusoïdale u_{20} alimentant le pont est $U_2 = 24 \text{ V}$.

On considèrera que les 4 thyristors sont parfaits.

On note θ_0 l'angle de retard à l'amorçage des thyristors. Les thyristors Th_1 et Th_3 sont amorcés simultanément et une demi période plus tard on amorce Th_2 et Th_4 .

Le groupement des trois batteries est en série avec une résistance $0,10 \Omega$ et avec une bobine de lissage d'inductance L' . Le courant I_c en sortie du pont est alors constant et la charge des batteries est ininterrompue.



On veut que la f.é.m totale des batteries soit $E_0 = 18 \text{ V}$. Sachant que l'expression de la valeur moyenne de la tension en sortie du pont est :

$$\langle u_c \rangle = \frac{2 \cdot \hat{U}}{\pi} \cdot \cos \theta_0$$

où \hat{U} est la valeur maximale de la tension u_{20}

A.1 Établir la relation entre $\langle u_c \rangle$, E_0 , r et I_c .

A.2 Calculer la valeur à donner à θ_0 pour avoir $I_c = 20 \text{ A}$.

A.3 Pour $\theta_0 = 30^\circ$. En utilisant le document réponse (doc. rép.2) :

A.3.1 Représenter l'allure de la tension $u_c(t)$.

A.3.2 Indiquer les intervalles de conduction des thyristors.

A.3.3 Représenter l'allure du courant $i_2(t)$ fourni par le transformateur.

B. Dispositif de contrôle de charge de la batterie :

La tension E_0 provient de l'ensemble des trois batteries.

Un relais ouvre le circuit de charge de la batterie lorsque la tension à ses bornes atteint 20 V .

L'amplificateur opérationnel est parfait et ses tensions de polarisation sont :

$V_{\text{sat-}} = 0 \text{ V}$ et $V_{\text{sat+}} = 15 \text{ V}$. Le transistor est alimenté sous $V_{\text{cc}} = 24 \text{ V}$

$R_0 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 14 \text{ k}\Omega$.

B.1 Quel doit être l'état du transistor T pendant la charge de la batterie ?

B.2 Quelle est la valeur de la tension U_s pendant la charge ?

B.3 Quelle est la valeur de la tension V^- appliquée à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel au moment où la charge est coupée ?

B.4 Sachant que $R_1 = 14 \text{ k}\Omega$, calculer la valeur à donner à R_2 pour que la charge de la batterie s'arrête dès que $E_0 = 20 \text{ V}$.

