

BREVET de TECHNICIEN SUPERIEUR

CONTRÔLE INDUSTRIEL et REGULATION AUTOMATIQUE

SCIENCES PHYSIQUES

Physique-appliquée U-32

Durée : 2 heures

Coefficient : 2,5

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet. Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.

***Aucun document autorisé.
Calculatrice réglementaire autorisée.***

Ce problème aborde le principe de quelques éléments concernant la motorisation d'une voiture électrique.

***Les parties A, B et C sont totalement indépendantes.
Dans chaque partie, de nombreuses questions sont indépendantes.***

Les feuilles à rendre seront agrafées à la copie par le surveillant sans aucune identité du candidat.

MOTORISATION D'UN VEHICULE ELECTRIQUE DE TRANSPORT DE MARCHANDISE

PARTIE A : MACHINE A COURANT CONTINU

Caractéristiques : excitation indépendante
flux constant.

Notations : U : tension d'alimentation de l'induit
E : force électromotrice (f.e.m.)
R : résistance d'induit
I : intensité du courant d'induit
 C_{em} : moment du couple électromagnétique
n : vitesse de rotation en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$
 Ω : vitesse de rotation en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$
k : constante de f.e.m. et de couple ($E = k \Omega$ et $C_{em} = k I$).

Pertes : les pertes mécaniques et les pertes fer sont négligées.

On suppose que la commande du véhicule est réglée de telle sorte que $U = 100 \text{ V}$. (Cette valeur sera conservée dans toute la partie A).

I - CARACTERISTIQUE COUPLE - VITESSE

- I - 1 a / Représenter le modèle équivalent annoté de l'induit en régime permanent.
b / Ecrire la relation donnant la f.e.m. E en fonction de U, R et I.

- I - 2 Démontrer que le moment du couple électromagnétique C_{em} peut se mettre sous la forme

$$C_{em} = -\frac{2 \pi k^2}{60 R} n + \frac{k U}{R}$$

- I - 3 Pour $k = 1,19 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$ et $R = 0,4 \Omega$:

- a / Donner l'équation de la droite donnant C_{em} en fonction de n en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
b / Tracer cette droite sur le document réponse pour une vitesse comprise entre 693 et 908 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

II - ETUDE D'UNE SITUATION DE MONTEE

La montée d'une pente impose un couple résistant constant de moment $C_{r1} = 30 \text{ Nm}$ à l'arbre moteur. En régime permanent, la vitesse du moteur se stabilise à une valeur n_1 .

- II - 1 Placer sur le document réponse le point de fonctionnement A correspondant.
Déterminer la vitesse n_1 en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

- II - 2 Calculer :

- a / La valeur de l'intensité du courant I dans l'induit.
b / La puissance électrique P absorbée par l'induit du moteur.

CAE3PA

III - ETUDE D'UNE SITUATION DE DESCENTE

Lors d'une descente, la voiture est entraînée par son poids et un nouveau régime permanent est atteint : le couple électromagnétique est maintenant résistant et son moment vaut $C_{em} = C_{r2} = -30 \text{ N.m}$; la vitesse prend une valeur n_2 .

III - 1 Placer sur le document-réponse le point de fonctionnement B correspondant. Déterminer la valeur de n_2 en tr.min^{-1} . En déduire la valeur de la f.é.m. E de la machine.

III - 2 Calculer :

- La valeur de l'intensité du courant I dans l'induit.
- La puissance électromagnétique P_{em} développée par l'induit de la machine.
- La puissance électrique P disponible aux bornes de l'induit.
Cette puissance est-elle récupérable par la source d'alimentation ? A quelle condition ?

PARTIE B : ELECTRONIQUE DE PUISSANCE (FIGURE N° 1)

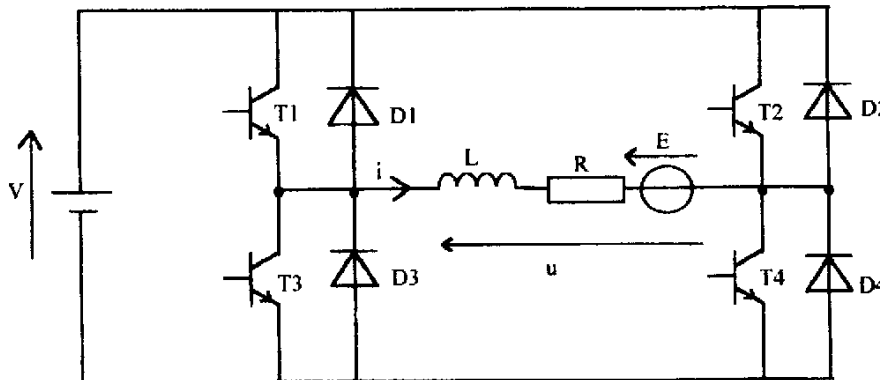


Figure n° 1

Le pont d'alimentation du moteur représenté à la *figure n° 1* est un hacheur à rapport cyclique α réglable.

Les transistors T_1, T_2, T_3, T_4 sont soit bloqués (interrupteurs ouverts) soit saturés (interrupteurs fermés).

Les diodes D_1, D_2, D_3, D_4 sont supposées parfaites.

Les batteries maintiennent à leurs bornes une tension constante notée V.

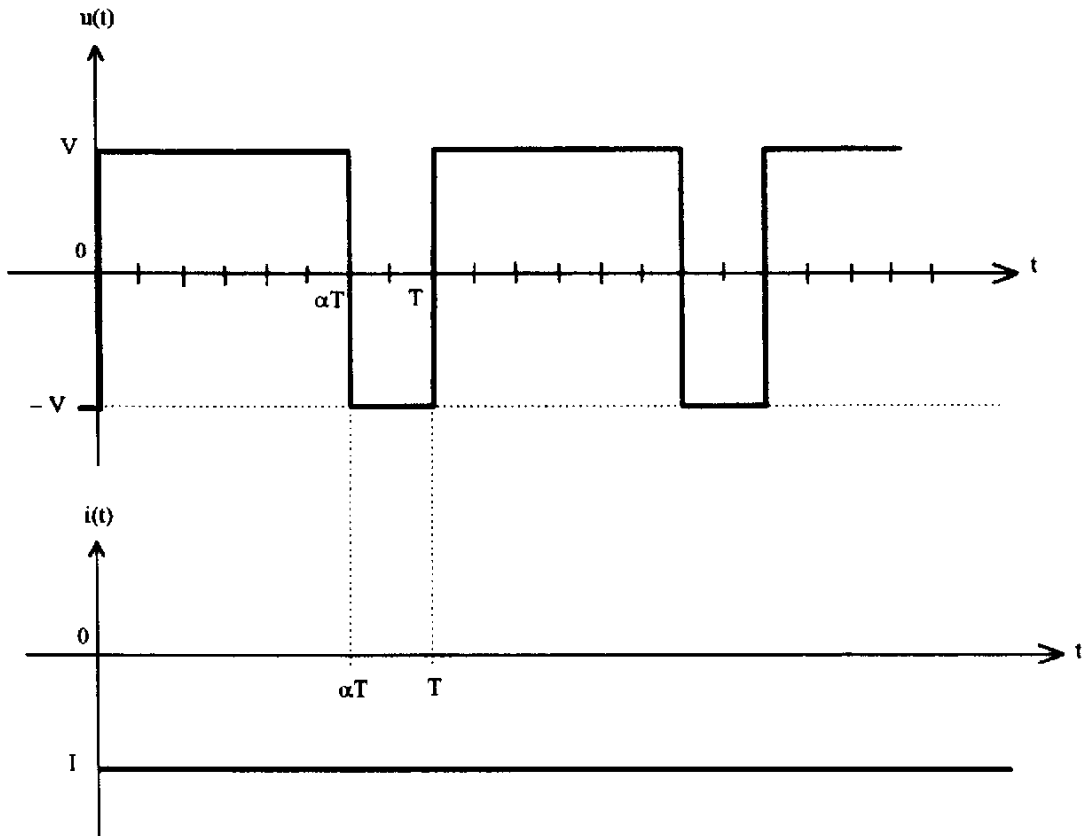
La charge du hacheur comprend l'induit d'un moteur à courant continu en série avec une bobine. L'inductance L de la bobine est suffisante pour admettre que l'intensité $i(t)$ du courant traversant l'induit du moteur est **constante** et égale à I.

On note $u(t)$ la tension aux bornes de la charge.

(La commande des transistors n'est pas représentée sur ce schéma).

PUISSANCE MOYENNE ABSORBÉE PAR LA CHARGE

L'allure de $u(t)$ et de $i(t)$ est représentée sur la *figure 2*.



FONCTIONNEMENT DE L'ONDULEUR

Figure n° 2

- 1 - Etablir l'expression de la valeur moyenne de $u(t)$ notée U_{moy} en fonction de α et V . En déduire l'expression de la puissance moyenne P_{moy} absorbée par la charge en fonction de α , V et I .
- 2 - Application numérique : $V = 200 \text{ V}$, $\alpha = 0,75$, $I = - 25 \text{ A}$. Calculer P_{moy} . Peut-on parler de récupération d'énergie ? Pourquoi ?

PARTIE C : ETUDE D'UN GENERATEUR DE SIGNAL TRIANGULAIRE
(FIGURE N° 3)

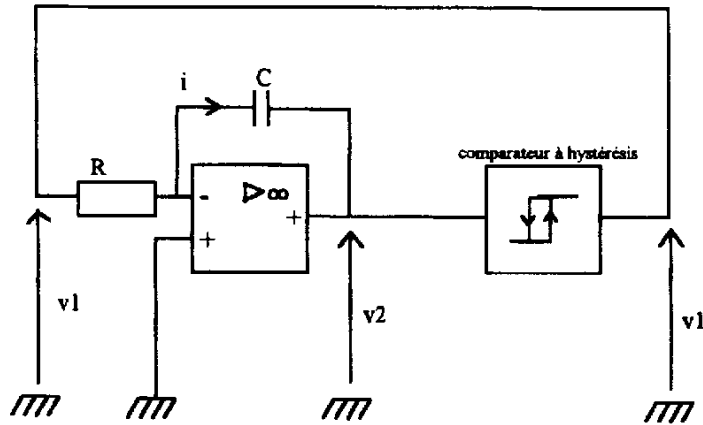


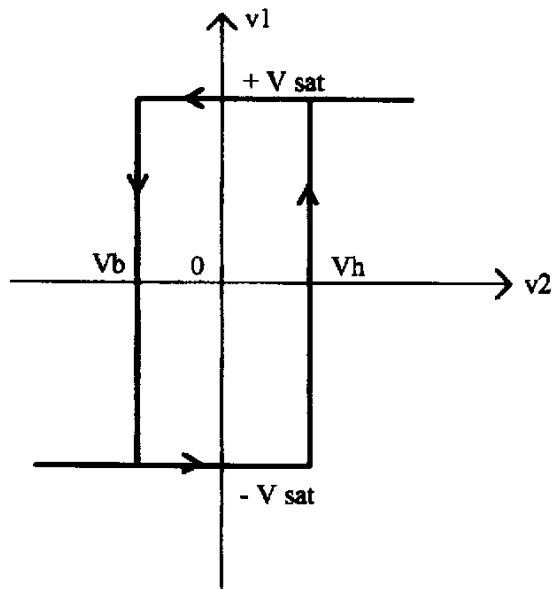
Figure n° 3

Ce générateur fait partie du circuit de commande du hacheur de la partie B.

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait.

V_b et V_h sont les tensions de seuils basse et haute d'un comparateur à hystérésis non inverseur dont la caractéristique de transfert est représentée **figure n° 4**.

On notera T la période des tensions $v_1(t)$ et $v_2(t)$.



CARACTERISTIQUE DE TRANSFERT DU COMPAREUR A HYSTERESIS

Figure n° 4

CAE3PA

La tension $v_2(t)$ a l'allure suivante :

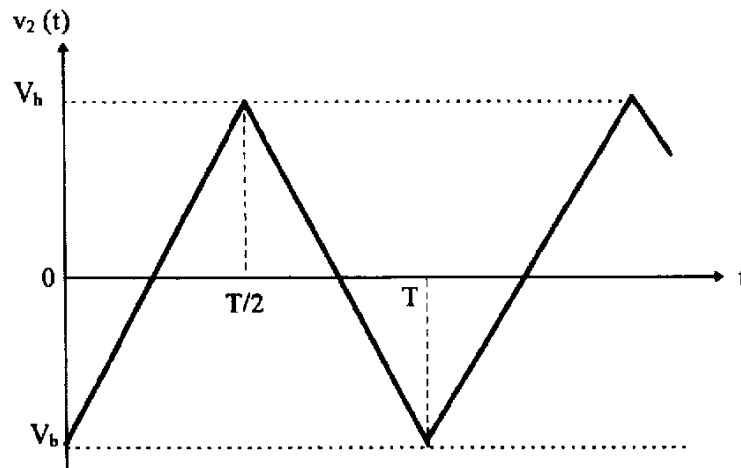


Figure n° 5

- 1 - En expliquant la réponse, indiquer la valeur de la tension $v_1(t)$ pour $T/2 < t < T$.
- 2 - Démontrer que la tension $v_2(t)$ vérifie l'équation différentielle :

$$\frac{d v_2(t)}{d t} = - \frac{1}{R C} \cdot v_1(t)$$

- 3 - **Phase de montée de $v_2(t)$:** $0 < t < T/2$

On donne : $v_1(t) = -V_{sat}$, $v_2(0) = V_b$.

- a / En intégrant l'équation différentielle ci-dessus, établir l'expression de $v_2(t)$ en fonction de V_{sat} , R , C et V_b .
- b / En appelant T la période de $v_2(t)$ et en écrivant que $v_2(T/2) = V_h$, déterminer l'expression de T en fonction de V_{sat} , R , C , V_b et V_h .
- c / Application numérique : $R.C = 10^{-4}$ s, $V_{sat} = 14$ V, $V_b = -7,5$ V et $V_h = 7,5$ V.
Calculer la période T et la fréquence f de $v_2(t)$.

DOCUMENT REPONSE

Echelles : 1 cm \leftrightarrow 100 tr.min⁻¹
1 cm \leftrightarrow 5 N.m

