

(sujet de BTS 1995/96) : Les trois parties du problème sont indépendantes. 3 heures sans documents

I MOTEUR A COURANT CONTINU:

1.1 La vitesse de rotation n d'un moteur à courant continu à aimants permanents est lié à la tension $u(t)$ à ses bornes par l'équation différentielle:

$$n(t) + \tau \frac{dn}{dt} = k u(t) \quad \text{avec } \tau = 40 \text{ ms et } k = 4.2 \text{ tr.s}^{-1} \text{ V}^{-1}$$

A la date $t = 0$ le moteur est à l'arrêt et $u(t)$ passe de 0 à $U_A = 24 \text{ V}$ (échelon de tension).

- a) Quelle est la vitesse finale N_A du moteur ?
- b) Déterminer l'expression de $n(t)$.
- c) Au bout de quelle durée t_1 la vitesse atteint-elle 95 % de sa valeur finale ?.

1.2 On étudie le système dont l'entrée est $u(t)$ et la sortie $n(t)$.

En régime sinusoïdal, sa transmittance est :

$$\underline{T}(jf) = \frac{\underline{N}(jf)}{\underline{U}(jf)} = \frac{k}{1 + j \frac{f}{f_0}} \quad \text{où } \underline{N} \text{ et } \underline{U} \text{ sont les complexes associés à } n(t) \text{ et } u(t).$$

- a) Calculer le module de \underline{T} pour $f=0$ et $f \rightarrow \infty$. A quel type de filtre peut-on assimiler le système ?
- b) La fréquence de coupure est $f_0 = 4 \text{ Hz}$. Calculer $|\underline{T}|$ pour la fréquence $f = 100 f_0$.
- c) La tension $u(t)$ est une tension rectangulaire, fournie par un hacheur. Sa décomposition en série de Fourier est :

$$u(t) = U_0 + U_1 \sin(2\pi f t) + \frac{U_1}{3} \sin(6\pi f t) + \dots \text{ avec } f = 400 \text{ Hz } U_0 = 12 \text{ V et } U_1 = 15 \text{ V}$$

Déterminer N_0 et N_1 , dans la décomposition en série de Fourier de $n(t)$:

La transmittance \underline{T} étant complexe, elle introduit un déphasage sur chacune des composantes du signal :

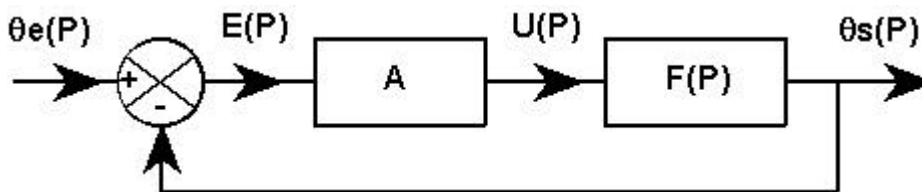
si $u(t) = U_0 + U_1 \sin(2\pi f t) + \frac{U_1}{3} \sin(6\pi f t) + \dots$, alors $n(t)$ est de la forme:

$$n(t) = N_0 + N_1 \sin(2\pi f t + \phi_1) + \dots$$

Conclure sur l'action du filtrage.

2. ASSERVISSEMENT DE POSITION :

L'analyse du système permet d'établir le schéma bloc représenté ci-dessous :



On étudie quelques aspects de l'asservissement de position de l'antenne d'un radar utilisé pour suivre un mobile. On ne s'intéresse qu'à l'un de ses axes de rotation. Le radar émet une onde suivant une direction repérée par l'angle de visée θ_E . Cet angle sert de consigne pour l'asservissement.

Un dispositif élabore une tension $u(t) = A(\theta_E - \theta_S)$ qui commande le moteur. La constante A est réglable. On donne la transmittance :

$$F(p) = \frac{q_s(p)}{U(p)} = \frac{k'}{t_1 p (1 + t_2 p)} \quad \text{avec } \tau_1 = 20 \text{ s et } \tau_2 = 0.04 \text{ s, } k' = 1 \text{ rad/V}$$

Les angles θ_E et θ_S sont mesurés en radians.

2.1 a) Montrer que la transmittance en boucle fermée peut se mettre sous la forme:

$$H'(p) = \frac{q_s(p)}{q_E(p)} = \frac{1}{1 + 2m \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

b) Exprimer λ , ω_0 et m en fonction de A , τ_1 , τ_2 et k' .

c) On note A_1 la valeur de A permettant d'obtenir $m = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Calculer A_1 .

2.2 On étudie le système en boucle ouverte et en régime sinusoïdal. Sa transmittance en boucle ouverte est alors

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{q_s(j\omega)}{q_E(j\omega)} = \frac{Ak'}{jt_1\omega(1+jt_2\omega)}$$

a) Exprimer le gain G (en décibels) correspondant à cette transmittance en fonction de ω , A , τ_1 , τ_2 et k' .

b) On donne à la constante A la nouvelle valeur $A_2 = 512$ V/rad. Calculer G ainsi que l'argument ϕ de $T(j\omega)$ exprimé en degrés, pour les valeurs suivantes de la pulsation ω exprimé en rad/s : 5, 10, 20, 50, 100. Regrouper les résultats dans un tableau.

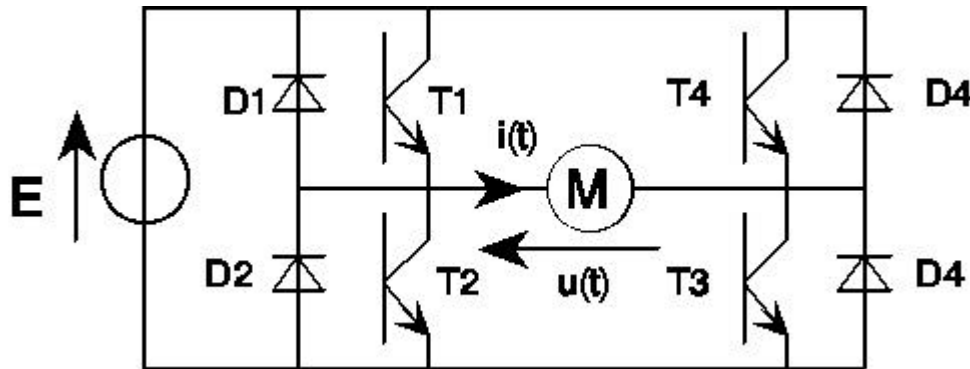
c) Représenter G et ϕ en fonction de ω sur le papier semi-logarithmique fourni.

d) Déterminer graphiquement la marge de phase de l'asservissement pour $A = 512$ V/rad.

Cette marge est-elle suffisante ?

3. PONT EN H :

La figure ci-dessous représente le pont en H.



La source de tension continue est réversible, sa fem. est $E = 24$ V, son impédance interne est nulle. Le moteur M peut-être, suivant la commande choisie :

- soit un moteur à courant continu à aimants permanents,
- soit un micromoteur synchrone monophasé possédants 12 pôles.

La vitesse n du moteur à courant continu est proportionnelle à la tension moyenne à ses bornes. Elle vaut 6000 tr/min pour une tension moyenne de 24 V.

La commande des quatre transistors est réalisée à partir d'un mot de quatre bits $N = abcd$. Le bit a commande $T1$, b commande $T2$, c commande $T3$, d commande $T4$. Lorsque le transistor est commandé, le bit correspondant est à 1, 0 lorsqu'il est bloqué.

Les types de commandes envisagées sont tels que l'état « commandé » d'un transistor peut correspondre à deux situations :

- soit le transistor est saturé avec $V_{CEsat} = 0$ V.
- soit la diode branchée entre l'émetteur et le collecteur conduit ; on négligera la tension de seuil des diodes.

3.1 Commande d'une seule diagonale. Moteur à courant continu.

On commande le transistor $T1$ à la fréquence $f = 400$ Hz, avec un rapport cyclique $\alpha = 0.75$. Le transistor $T3$ est toujours commandé.

Les transistors $T2$ et $T4$ sont bloqués en permanence (voir document réponse).

On suppose le courant $i(t)$ ininterrompu et toujours positif : le moteur possède une inductance importance qui n'est pas représentée.

a) Par quels éléments le courant, passe-t-il entre αT et T ? pourquoi ?

b) Sur le document réponse, établir le chronogramme de la tension $u(t)$. Mentionner les ordonnées utiles.

- c) Dédurre du chronogramme l'expression de la valeur moyenne \overline{U} de $u(t)$ en fonction de E et de α . Calculer sa valeur numérique.
- d) Exprimer la valeur efficace U de $u(t)$ en fonction de E . Calculer sa valeur numérique.
- e) Calculer la fréquence de rotation du moteur.

3.2 Commande symétrique, moteur synchrone.

Les transistors T1 et T3 sont commandés pendant une demi-période à la fréquence $f = 100$ Hz. Les transistors T2 et T4 sont commandés pendant l'autre demi-période.

Sur le document réponse, établir le chronogramme de la tension $u(t)$. Mentionner les ordonnées utiles.

3.3 Commande décalée, moteur synchrone.

La tension $u(t)$ est obtenue par la commande symétrique comporte trop d'harmoniques indésirables. On lui préfère la commande « décalée », représentée sur le document réponse. Pour l'obtenir, on commande chaque transistor pendant une durée d'une demi-période, en décalant les commandes d'une même diagonale. La fréquence reste de 100 Hz.

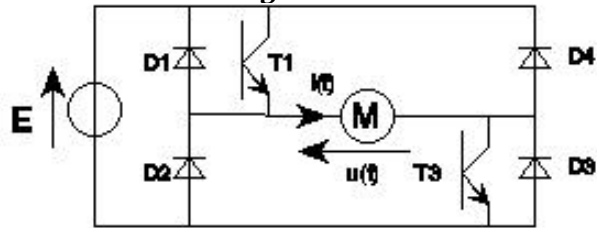
- a) Sur le document réponse, établir les chronogrammes de $u(t)$ et des bits a, b, c, d du mot qui commande respectivement T1, T2, T3, T4.
- b) A partir du chronogramme de $u(t)$, déterminer la valeur moyenne \overline{U} et sa valeur efficace U .
- c) Calculer en tour par minute, la fréquence de rotation du moteur.

ANNEXES :

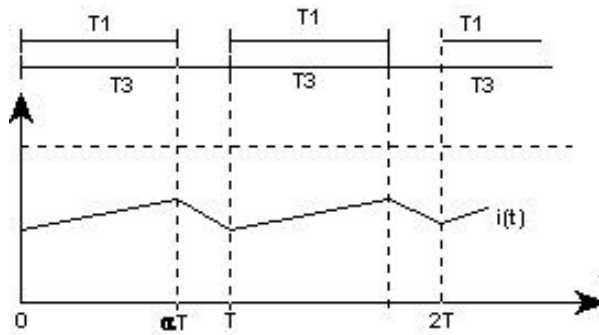
- *Le temps de réponse à 1% d'un système du premier ordre vaut $5t$, à 5% il vaut $3t$.*
- *La marge de phase est l'angle dont on peut diminuer la phase, pour atteindre -180° à la fréquence pour laquelle le module de la transmittance en boucle ouverte vaut 1.*

NOM :
prénom :

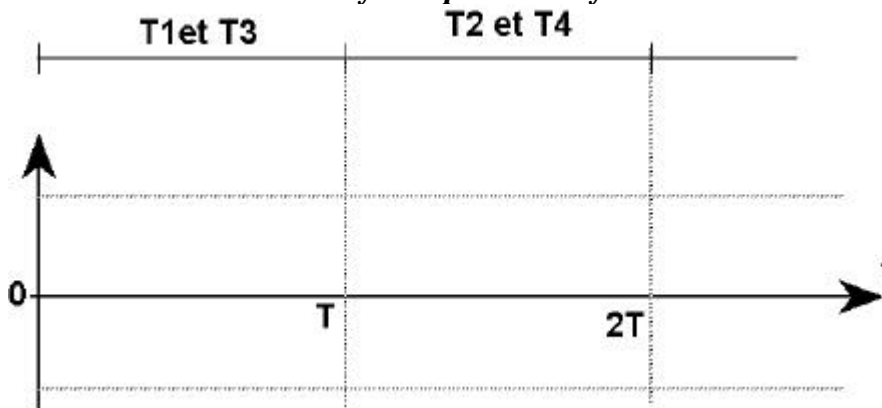
DOCUMENT REPONSE DE LA PARTIE 3
Commande d'une seule diagonale. Moteur à courant continu



T2 et T4 toujours bloqués
T3 toujours commandé



Commande symétrique moteur synchrone



Commande décalée moteur synchrone

