

BTS INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

PHYSIQUE APPLIQUEE

Durée : 3 heures

Coefficient: 2

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n° 86-228 du 28 juillet 1986. La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Les trois parties du sujet sont complètement indépendantes

Des rappels de cours sont donnés à la fin du sujet.

1. MOTEUR A COURANT CONTINU (5 points)

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

$$n(t) + \tau \frac{dn}{dt} = ku(t) \quad \text{avec } \tau = 40 \text{ ms et } k = 4,2 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}.$$

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).

- Quelle est la vitesse finale N_A du moteur ?
 - Déterminer l'expression de $n(t)$.
 - 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 :

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

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

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

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 :

$$\text{si } u(t) = U_0 + U_1 \sin(2\pi ft) + U_3 \sin(6\pi ft) + \dots, \text{ alors } n(t) \text{ est de la forme}$$

$$n(t) = N_0 + N_1 \sin(2\pi ft + \varphi_1) + \dots$$

Conclure sur l'action de filtrage.

2. ASSERVISSEMENT DE POSITION (7 points)

L'analyse du système permet d'établir le schéma-bloc représenté figure 1.

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 θ_s . Il reçoit un écho repéré 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 :

$$F(p) = \frac{\theta_s(p)}{U(p)} = \frac{k'}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p)} \quad \text{avec } \tau_1 = 20 \text{ s}, \quad \tau_2 = 0,040 \text{ s}, \quad k' = 1,0 \text{ rad/V.}$$

Les angles θ_E et θ_s sont mesurés en radians.

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

$$H'(p) = \frac{\theta_s(p)}{\theta_E(p)} = \frac{\lambda}{1 + 2m \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

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 $m = 1/\sqrt{2}$. Calculer A_1 .

2.2 On étudie le système en boucle ouverte et en régime sinusoïdal.

Sa transmittance en boucle ouverte est alors : $\underline{T}(j\omega) = \frac{\theta_s(j\omega)}{\theta_E(j\omega)} = \frac{Ak'}{j\tau_1\omega(1 + j\tau_2\omega)}$.

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

b) On donne à la constante A la nouvelle valeur $A_2 = 512 \text{ V/rad}$.

Calculer G ainsi que l'argument ϕ de $\underline{T}(j\omega)$ exprimé en degrés, pour les valeurs suivantes de la pulsation ω exprimée en rad/s : 5 ; 10 ; 20 ; 50 ; 100.

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

d) Déterminer graphiquement la marge de phase de l'asservissement pour $A = 512 \text{ V/rad}$. Cette marge est-elle suffisante ?

3. PONT EN H (8 points)

La figure 2 représente un pont en H.

La source de tension continue est réversible, sa f.é.m. est $E = 24 \text{ V}$, son impédance 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 possédant 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 T_1 , b commande T_2 , c commande T_3 et d commande T_4 . Lorsque le bit correspondant est à 0, le transistor est bloqué, lorsque le bit correspondant est à 1, le transistor est commandé.

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

. soit le transistor est saturé avec $V_{CEsat} \cong 0 \text{ V}$,

. 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 les transistors T_1 et T_3 à la fréquence $f = 400$ Hz, avec un rapport cyclique $\alpha = 0,75$. Les transistors T_2 et T_4 sont bloqués en permanence (voir document réponse figure 3). Le courant d'intensité $i(t)$ est ininterrompu et $i(t)$ est toujours positive : le moteur M présente une inductance importante non 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) Dédire du chronogramme l'expression de la valeur moyenne \bar{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 T_1 et T_3 sont commandés pendant une demi-période à la fréquence $f = 100$ Hz. Les transistors T_2 et T_4 sont commandés pendant l'autre demi-période. Sur le document réponse, figure 4, établir le chronogramme de la tension $u(t)$. Mentionner les ordonnées utiles

3.3 Commande décalée. Moteur synchrone.

La tension $u(t)$ obtenue par la commande symétrique comporte trop d'harmoniques indésirables. On lui préfère celle représentée figure 5. 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 $f = 100$ Hz.

- a) Sur le document réponse de la commande décalée, où figurent les chronogrammes de $u(t)$ et de $a(t)$, établir les chronogrammes des bits b, c et d du mot de commande.
- b) A partir du chronogramme de $u(t)$, déterminer sa valeur moyenne \bar{U} et sa valeur efficace U .
- c) Calculer, en tours par minute, la fréquence de rotation du moteur.

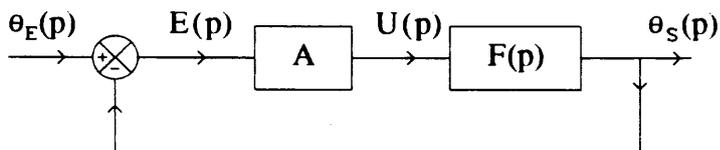


figure 1

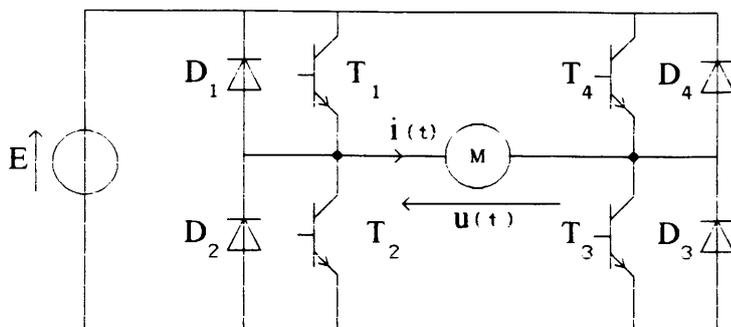


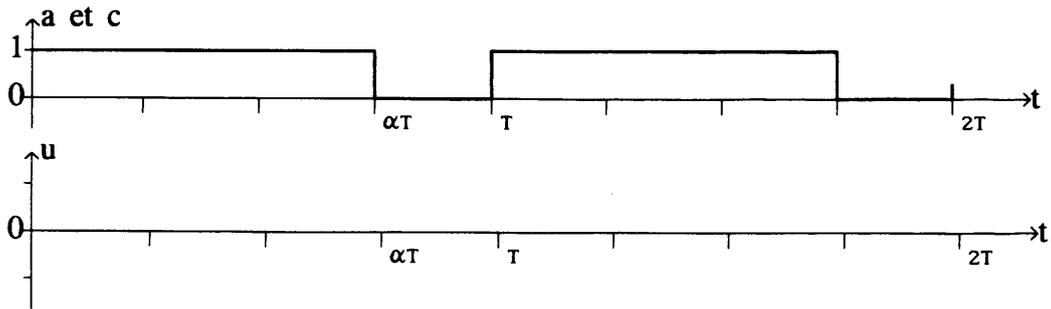
figure 2

Formulaire

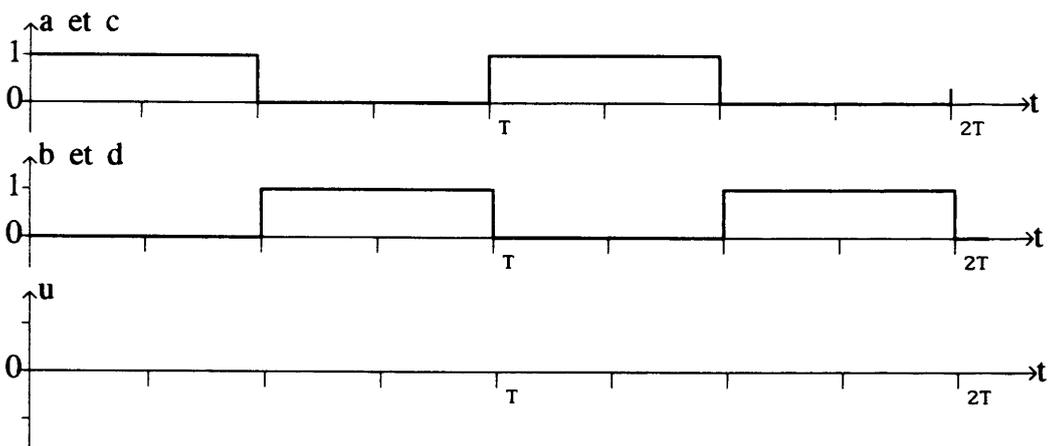
- Le temps de réponse à 1 % d'un système du premier ordre vaut 5τ , à 5% il vaut 3τ .
 La marge de phase est l'angle dont on peut diminuer la phase, pour atteindre -180° à la fréquence pour laquelle le module de la transmittance en boucle ouverte vaut 1.

On rappelle que le bit a commande T_1 , b commande T_2 , c commande T_3 et d commande T_4 .

Commande d'une seule diagonale (b=d=0 en permanence) figure 3



Commande symétrique figure 4



Commande décalée figure 5

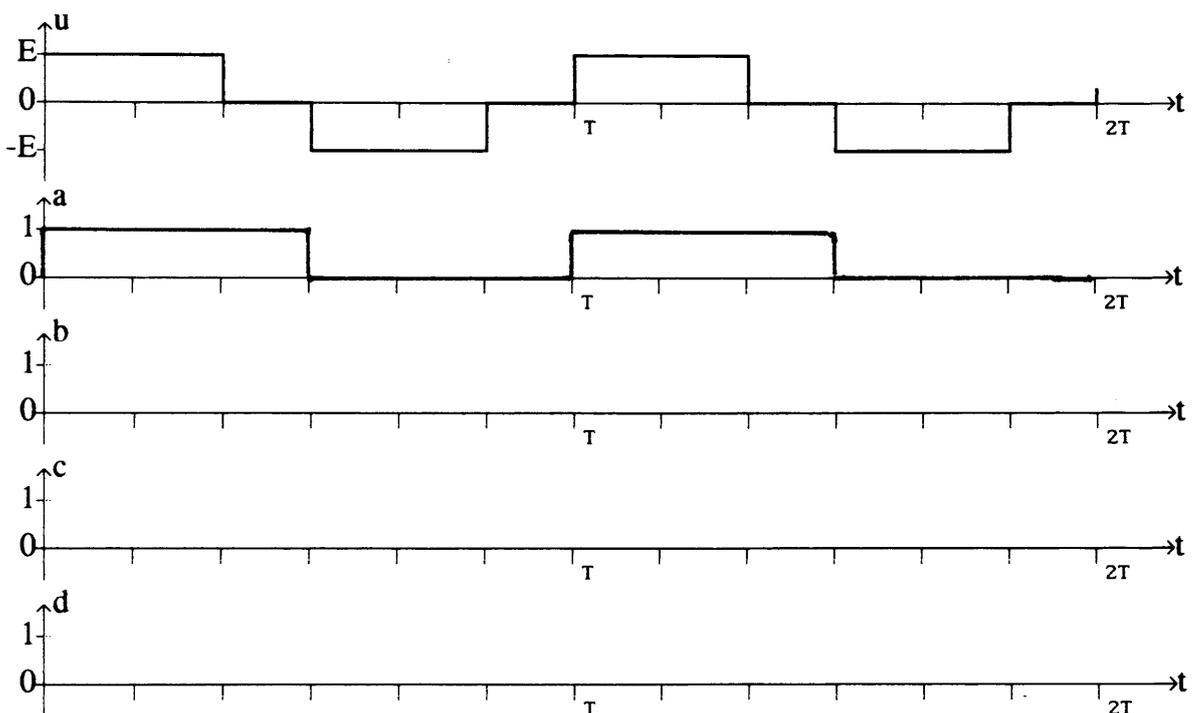


Diagramme de Bode en boucle ouverte de l'asservissement de position

