EL56

Final du 09-01-2010 - QUESTIONNAIRE SUR LES ACTIONNEURS MECATRONIQUES

Documents autorisés

Remarque : La réponse à ce questionnaire doit être rédigée sur une feuille indépendante du reste de l'épreuve

Un actionneur mécatronique piloté par une tension de valeur moyenne V_a (voir Figure 1) est composé d'un moteur à courant continu à aimant permanent de résistance R, d'inductance L, d'inertie $J = 10^{-6}\text{kgm}^2$ et de constante électromagnétique K_{em}. L'arbre du moteur est connecté à un système de réduction composé d'engrenages dont le rapport de réduction est donné par $r = \dfrac{\theta_m}{\theta_s} = \dfrac{T_s}{T_m} = 27.5$ où θ_m représente la position angulaire de l'arbre du moteur, θ_s représente la position angulaire de l'arbre de sortie après l'étage de réduction (sortie actionneur), T_m représente le couple électromagnétique du moteur et T_s le couple électromagnétique après l'étage de réduction. Cet arbre est connecté à un ressort précomprimé qui agit contre le sens de rotation de l'arbre. On note K_{spr} la constante de raideur du ressort. La position angulaire de l'actionneur θ_s est mesurée via un capteur à effet Hall où $V_c = \mu\theta_s$ avec μ =1V/rad.

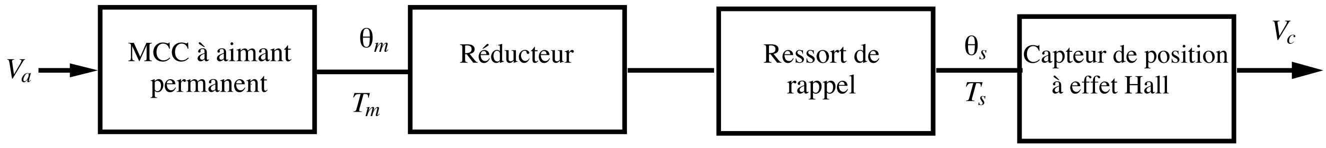
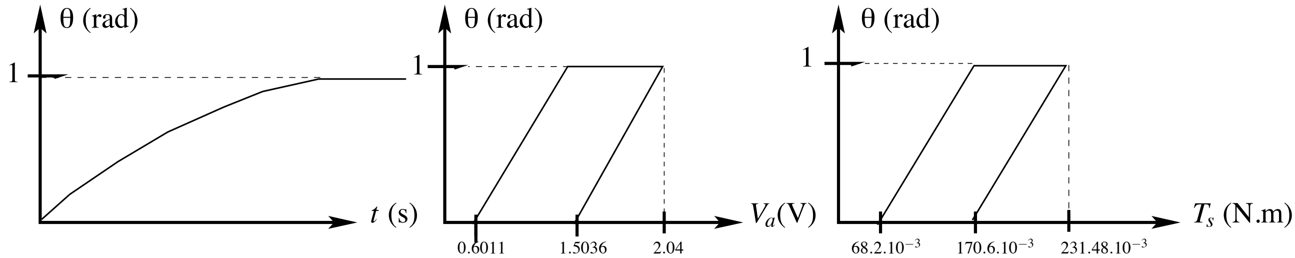


Figure 1 – Actionneur mécatronique

I. Modélisation : Sous les hypothèses que le courant atteint sont régime permanent très rapidement ($L\dfrac{di}{dt} = 0$) et qu'il existe un couple de précompression du ressort représenté par T_{pc} et un couple de frottement sec représenté par T_f, et en supposant que les frottements visqueux sont négligeables :

- I.1 Donner les équations (électrique et mécanique) qui gèrent le fonctionnement du système.
- I.2 En combinant les équations trouvées ci-dessus donner l'équation différentielle du second ordre qui gère la dynamique de l'actionneur en fonction de $V_a, \theta_s, \dot{\theta}_s, \ddot{\theta}_s, R, K_a = K_{em}r, K_{spr}, J, T_{pc}$ et T_f.
- I.3 Proposer un changement de variable de type $V_a = \bar{V} + V^*$ qui permet d'obtenir une fonction de transfert de la forme $F(p) = \dfrac{\theta_s(p)}{\bar{V}(p)} = \dfrac{K}{1 + \frac{2m}{\omega_0}p + \frac{1}{\omega_0^2}p^2}$ où p est la variable de Laplace. Donner l'expression de V^*.
- I.4 Donner les expressions de K, m et ω_0 en fonction de R, K_a, K_{spr} et J.

II. Identification : Afin d'identifier les paramètres du modèle de l'actionneur, différents tests ont été effectués (voir Figure 2). De plus, un test en courant continu a été réalisé : pour une tension $V_a = 3.35V$ on a mesuré un courant $I = 1A$.



(a) Réponse à un echelon $\bar{V} = 0.5364$V (autour du point de fonctionnnement V^*)

(b) caractéristique statique $\theta = f(V_a)$

(c) caractéristique statique $\theta = f(T_s)$

Figure 2 – Tests

- II.1 Sur la base des tests présentés ci-dessus identifier les valeurs des paramètres $R, K_a, K_{em}, K_{spr}, T_{pc}$ et T_f.

III. Commande : On suppose maintenant qu'après identification le transfert du système peut se mettre sous la forme $F(p) = \frac{\theta_s}{\overline{V}} = \frac{K}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$ avec $K = 1.865\text{rad/V}$, $\tau_1 = 2.2498.10^{-5}\text{s}$ et $\tau_2 = 0.70819\text{s}$.
Afin d'assurer les performances souhaitées en terme de temps de réponse pour atteindre l'angle de consigne θ_C (en rad) le système est régulé en utilisant un régulateur proportionnel intégral (P.I) selon le schéma bloc de la Figure 3. On suppose que la constante $T_i = \tau_2$.

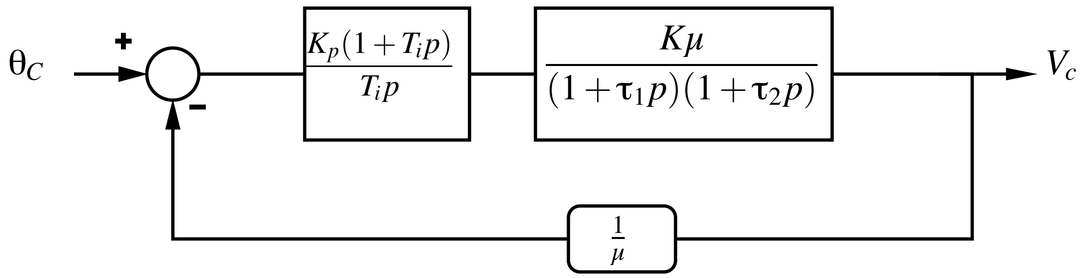


FIGURE 3 – Système bouclé

- III.1 Calculer la fonction de transfert en **boucle fermée** du système correspondant à la Figure (3) et la mettre sous la forme
$$H(p) = \frac{V_c}{\theta_C} = \frac{K_F}{1 + \frac{2m_F}{\omega_F}p + \frac{1}{\omega_F^2}p^2}$$
.
- III.2 Donner les expressions de K_F, ω_F et m_F en fonction de K, τ_1, τ_2, μ et K_p.
- III.3 Déterminer la constante K_p qui permet d'obtenir la meilleure rapidité pour la réponse du système.