Énergies - Conversion électro-mécanique

Examen de seconde session

Enseignant : E. Laroche

Durée : 1,5 heure

Documents interdits ; calculatrices personnelles interdites

NB. Vous prendrez soin de répondre aux questions avec précision. La méthode permettant d'aboutir au résultat doit être expliquée. Les unités doivent être données quand cela est pertinent. Les expressions mathématiques doivent être simplifiées au maximum.

1 Asservissement du couple et de la vitesse d'un actionneur à courant continu

On considère un actionneur à courant continu à aimants permanents dont l'induit est parcouru par le courant $i(t)$ sous la tension $u(t)$. La vitesse de son rotor est notée Ω . On donne les équations de l'actionneur couplé à une charge mécanique inertielle :

$$u(t) = E(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

$$J \frac{d\Omega(t)}{dt} = Ki(t) - f\Omega(t) \quad (2)$$

$$E(t) = K\Omega(t) \quad (3)$$

On suppose que la tension d'alimentation de l'induit $u(t)$ est commandée et que le courant $i(t)$ et la vitesse $\Omega(t)$ sont mesurés. Pour les applications numériques, vous prendrez $K = 1 \text{ N.m/A}$, $L = 1 \text{ mH}$, $R = 1 \Omega$, $J = 10^{-2} \text{ kg.m}^2$ et $f = 10^{-3} \text{ N.m/(rad/s)}$.

1.1 Généralités

On considère le système d'entrée $u(t)$ et de sorties $i(t)$ et $\Omega(t)$.

1. Donnez le nom de chacun des paramètres du modèle.
2. Donnez un schéma-bloc du système en n'utilisant que les éléments suivants : gain, intégrateur, sommateur et soustracteur.
3. Donnez une représentation d'état du système.
4. Comment se nome la structure de l'électronique de puissance permettant de régler la tension d'alimentation du moteur. Donnez son schéma dans l'hypothèse d'une structure réversible en courant et en tension.

1.2 Asservissement du courant

1. Déterminez l'expression analytique de la fonction de transfert entre la tension et le courant.
2. Calculez les pôles et zéros du système.
3. Tracez le diagramme de Bode du système¹.

On souhaite réguler le courant grâce à un correcteur PI de fonction de transfert $C(s) = K_p \frac{1+\tau_i s}{\tau_i s}$. La stratégie retenue consiste à compenser le pôle haute fréquence du système avec le zéro du correcteur et de régler le gain de manière à obtenir un temps de réponse de 1 ms.

4. Donnez la valeur de τ_i permettant de satisfaire le cahier des charges.
5. Donnez la fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé en tenant compte de la simplification pôle-zéro.
6. Donnez le diagramme de Bode du système corrigé en boucle ouverte.
7. Quelle doit être la bande passante du système corrigé ?

On s'intéresse à l'approximation haute fréquence du système.

8. Donnez la fonction de transfert approchée (du système corrigé en boucle ouverte) valable en haute fréquence.
9. Discutez de la validité de cette approximation pour la détermination de la bande passante.
10. Déterminez la valeur du gain K_p permettant de satisfaire le critère du temps de réponse.
11. Expliquez ce qui limite, en pratique, ce temps de réponse.

2 Asservissement de la vitesse

1. Expliquez comment on peut asservir la vitesse du moteur tout en assurant que le courant reste dans l'intervalle $[-I_{\max}; I_{\max}]$ où $I_{\max}$ est la valeur maximale du courant. Vous pouvez vous appuyer sur un schéma-bloc.

¹Dans l'hypothèse où vous n'arriveriez pas à établir la fonction de transfert du système, vous pourrez utiliser l'expression approchée suivante : $H(s) = \frac{1200(s+0.12)}{(s+1000)(s+120)}$.