

Énergies - Conversion électro-mécanique
Examen de seconde session
Correction

Enseignant : E. Laroche

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

1.1 Généralités

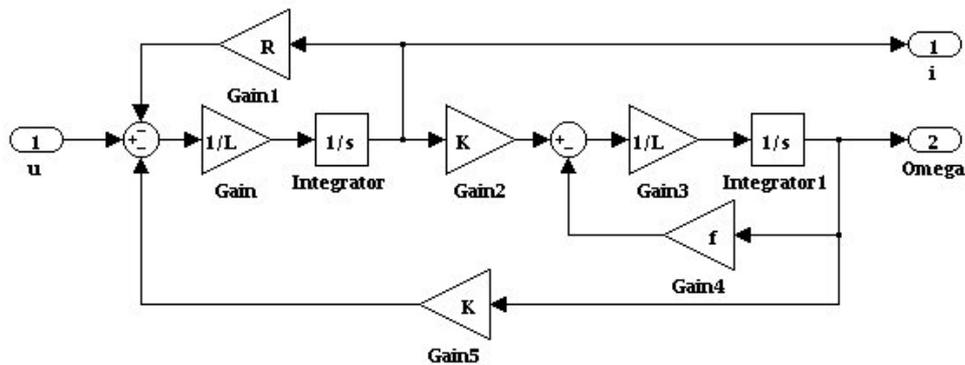


FIG. 1 – Schéma-bloc du MCC

1. R est la résistance de l'induit ; L est l'inductance de l'induit ; K est la constante de fem égale à la constante de couple ; J est l'inertie totale du moteur et de sa charge ; f est le coefficient de frottement fluide de la charge.

2. Voir figure 1.

3. En prenant comme vecteur d'état $x = \begin{bmatrix} i \\ \Omega \end{bmatrix}$, les équations s'écrivent :

$$\dot{x} = Ax + Bu \tag{1}$$

$$y = Cx \tag{2}$$

avec $A = \begin{bmatrix} -R/L & -K/L \\ K/J & -f/J \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix}$ et $C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

4. Les moteurs à courant continu sont généralement alimentés par des hacheurs à transistors, du moins pour des puissances inférieures à 10 kW. Vous trouverez un schéma de ces structures dans le poly du cours.

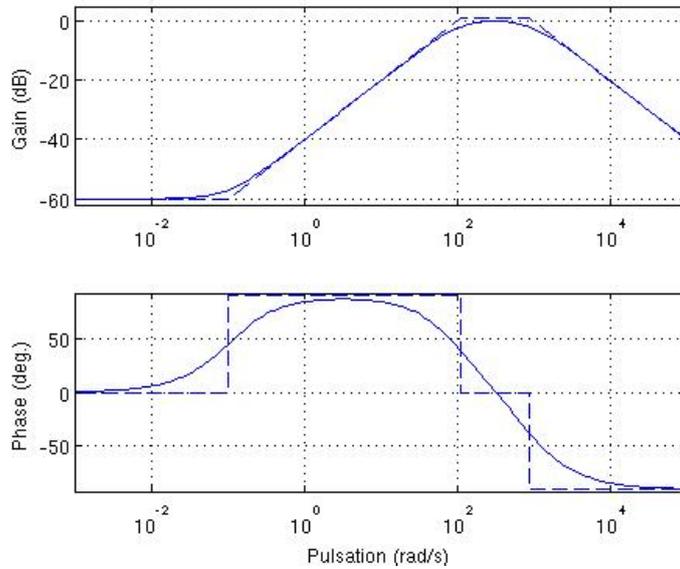


FIG. 2 – Diagramme de Bode du système

1.2 Asservissement du courant

1. $H(s) = \frac{Js+f}{LJs^2+(RJ+fL)s+K^2+Rf}$.
2. Le zéro est $-f/J = -0,1$ rad/s. Les pôles sont les racines du dénominateur. On trouve deux racines réelles : -887 et -113 rad/s.
3. Voir figure 2.
4. $\tau_i = 1/887 = 1,13$ ms.
5. En écrivant la fonction de transfert du système sous la forme $H(s) = 1/L \frac{s+z_1}{(s+p_1)(s+p_2)}$ où p_2 est le pôle haute fréquence, la fonction de transfert en boucle ouverte simplifiée s'écrit $H(s)C(s) = \frac{K_p}{L} \frac{s+z_1}{s(s+p_1)}$.
6. Voir figure 3.
7. Pour respecter le temps de réponse T_r , il faut que la bande passante soit $\omega_{bp} = 3/T_r = 3000$ rad/s.
8. En haute fréquence, la fonction de transfert se simplifie en $H(s)C(s) = \frac{K_p}{Ls}$.
9. La pulsation de bande passante désirée (3000 rad/s) est largement supérieure à la pulsation propre la plus élevée (887 rad/s). On peut donc faire cette hypothèse pour déterminer K_p .
10. Il faut que $|H(j\omega^*)C(j\omega^*)| = 1$ pour $\omega^* = 3000$ rad/s. Cela donne $K_p = L\omega^* = 3$ V/A.
11. En théorie, on pourrait augmenter la gain K_p pour augmenter la rapidité. Toutefois, en pratique, les retards dus au hacheur limitent la bande passante.

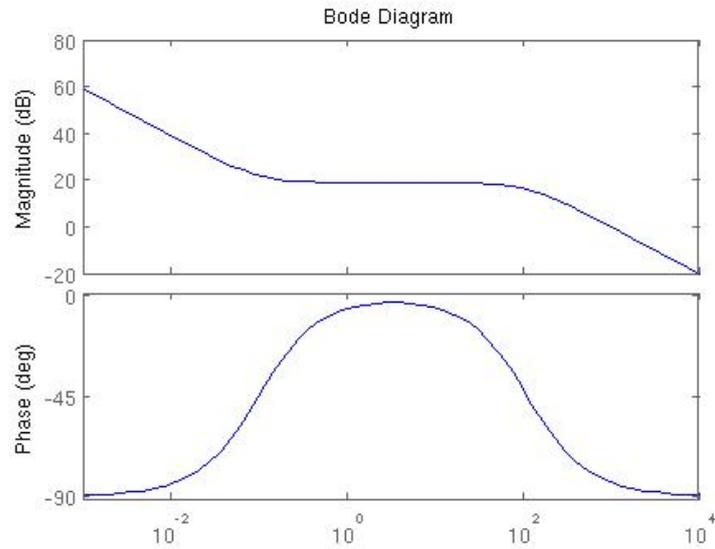


FIG. 3 – Diagramme de Bode du système corrigé en boucle ouverte

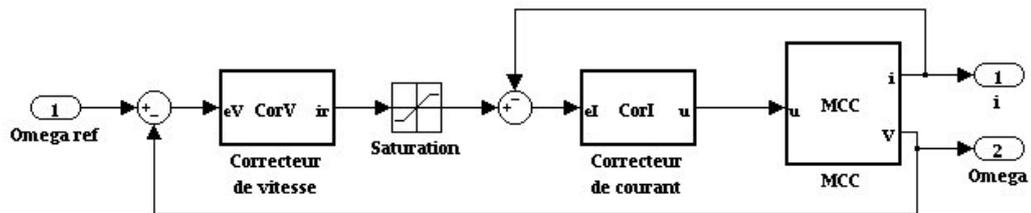


FIG. 4 – Boucles cascade

2 Asservissement de la vitesse

1. Une solution consiste à utiliser deux boucles en cascade (voir figure 4). La boucle interne asservit le courant. La boucle externe commande asservie la vitesse en commandant la consigne de courant. Dans le calcul de la consigne de courant, on inclut une saturation permettant de limiter les consignes de courant à la plage $[-I_{\max}; I_{\max}]$ ce qui permet de limiter le courant à condition que le réglage des dynamique respecte un découplage fréquentiel : la boucle interne doit être plus rapide que la boucle externe.