

TD 1

Exosquelette lombaire – Corrigé

Concours Centrale-Supélec 2023 – MP.

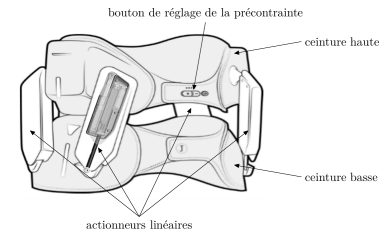


FIGURE 1 – Exosquelette lombaire Japet

Mise en situation

Réglage de la boucle d'asservissement de la vitesse angulaire du moteur

Question 1 Déterminer l'expression littérale de la phase de $H_{BOV}(i\omega)$. En déduire la valeur numérique de τ_i respectant les critères concepteur de la boucle de vitesse.

Correction

$$\text{On a } H_{BOV}(i\omega) = C_v(p)K_1 \frac{1}{R} K_3 \frac{1}{I_{eq}p} = \frac{K_i K_1 K_3}{R I_{eq}} \frac{1 + \tau_i p}{\tau_i p^2}.$$

$$\text{On a } \varphi(\omega) = \arg\left(\frac{K_i K_1 K_3}{R I_{eq}}\right) + \arg(1 + \tau_i p) - \arg(\tau_i p^2) = \arctan \tau_i \omega - 180^\circ.$$

On souhaite une marge de phase supérieure à 80° ; donc $M_\varphi = \varphi(\omega) + 180 = \arctan \tau_i \omega \geq 80^\circ$.

$$\arctan \tau_i \omega \geq 80^\circ \Rightarrow \tau_i \omega \geq \tan 80^\circ \Rightarrow \tau_i \geq \frac{\tan 80^\circ}{\omega_{0\text{dB}}} \Rightarrow \tau_i \geq 0,57 \text{ s}.$$

Question 2 Déterminer la valeur numérique de K_i afin que la boucle d'asservissement de vitesse respecte les critères concepteur du tableau ??.

Correction

Pour $\omega_{0\text{dB}} = 10 \text{ rad s}^{-1}$ on mesure un gain de 80 dB. Il faut donc déterminer K_i tel que $20 \log K_i = -80$ soit $K_i = 1 \times 10^{-4} \text{ V s rad}^{-1}$.

Les critères de marge et de pulsation de coupure sont respectés (on a tout fait pour). L'erreur statique est nulle car il y a un intégrateur dans le correcteur (elle sera nulle à condition que la perturbation soit constante).

Simplification du modèle de connaissance

Question 3 Déterminer les fonctions de transfert $H_8(p)$ et $H_9(p)$ en fonction de K_5 , I_{eq} et $H_6(p)$. Ne pas remplacer K_5 et $H_6(p)$ par les expressions trouvées précédemment.

Correction

En décalant le point de prélèvement du capteur de vitesse d'un bloc vers la droite, on se retrouve avec $\frac{1}{H_6(p)}$ dans la boucle de retour.

On sort le bloc $\frac{1}{I_{eq}p}$ de la « petite » boucle et $\frac{1}{I_{eq}p}$ se retrouve aussi dans la pboucle de retour.

En identifiant, on a alors $H_9(p) = \frac{1}{H_6(p)}$ et en utilisant la formule de Black, on a $H_8(p) =$

$$\frac{H_6(p)}{1 + \frac{H_6(p)K_5}{I_{eq}p}} = \frac{H_6(p)I_{eq}p}{I_{eq}p + H_6(p)K_5}.$$

Question 4 Déterminer l'expression du gain K_{10} en fonction de K_{capt} et de K_{res} .

Correction

En décalant le point de prélèvement de droite vers la droite, on a alors K_{res} dans la boucle de retour. Pour que le système soit correctement asservi, il faut donc nécessairement que $K_{\text{adapt}} = K_{\text{capt}} K_{\text{res}}$.
On se ramène ensuite à un retour unitaire. On alors $K_{10} = K_{\text{capt}} K_{\text{res}}$.

Question 5 Déterminer la fonction de transfert $G(p)$ en fonction de $H_2(p)$, I_{eq} , $H_8(p)$, $H_9(p)$ et K_{res} . Ne pas remplacer $H_2(p)$, $H_8(p)$ et $H_9(p)$ par les expressions trouvées précédemment.

Correction

$$G(p) = \frac{H_2(p) \frac{1}{I_{\text{eq}} p} H_8(p)}{1 + H_2(p) H_8(p) H_9(p) \frac{1}{I_{\text{eq}} p}} K_{\text{res}} = \frac{H_2(p) H_8(p)}{I_{\text{eq}} p + H_2(p) H_8(p) H_9(p)} K_{\text{res}}$$

Pour la suite, on donne la fonction de transfert $G(p)$, obtenue avec les valeurs de réglage correctes déterminées aux questions 1 et 2,

$$G(p) = \frac{F(p)}{\Omega_c(p)} = \frac{1 + \tau_i p}{p} \frac{1,2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-4} + 9,7 \times 10^{-5} p + 5,3 \times 10^{-6} p^2}.$$

Analyse des performances de l'asservissement en force développée par un actionneur linéaire

Question 6 Déterminer la valeur numérique limite de K_{cor} afin que la boucle d'asservissement de force respecte les critères de marge de phase et de gain du tableau ??.

Correction

La marge de gain sera toujours infinie car la phase tend asymptotiquement vers -180° .
Pour régler la marge de phase à 60° , il faut relever le gain de 75 dB. On a donc $K_{\text{cor}} = 10^{75/20} \approx 5623$.

Question 7 Quel critère du tableau des exigences (tableau ??) n'est pas pris en compte dans le modèle de connaissance? D'après la courbe expérimentale, ce critère est-il respecté par le système réel?

Correction

La réponse temporelle du modèle ne permet pas de savoir si l'exigence 1.1 sur le dépassement est respectée.
Ce critère semble respecté sur le système réel vu qu'aucun dépassement n'est observé en régime permanent.