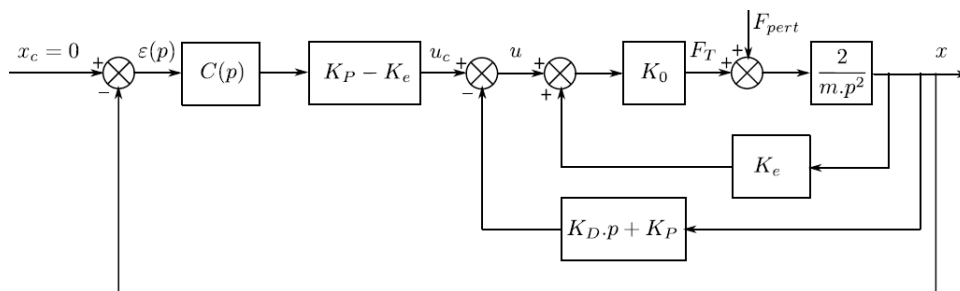


Pompe turbo-moléculaire ★

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

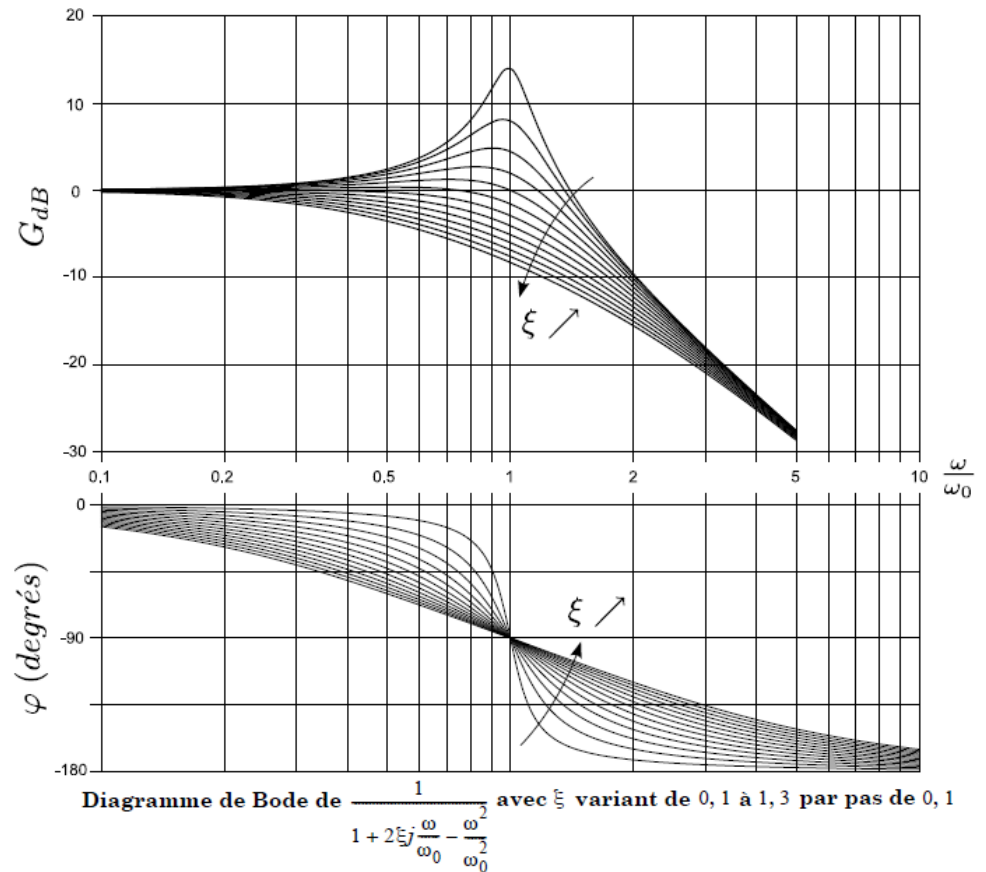
Afin de satisfaire les critères du cahier des charges, on envisage d'asservir le palier magnétique par un premier bouclage de stabilisation (retour $K_D p + K_P$). Un second retour unitaire associé à un correcteur $C(p)$ assure la régulation en position du palier. On utilisera par la suite les paramètres suivants : $K_e = 5000 \text{ V m}^{-1}$, $K_0 = 190 \text{ N m}^{-1}$ et $m = 10 \text{ kg}$. On considère dans un premier temps le système sans correction : $C(p) = 1$.



Effort maximal transmissible sur chaque palier		$F = 300 \text{ N}$
Déplacement maximal autorisé		Jeu dans les paliers magnétiques de $0,2 \text{ mm}$
Stabilité de l'asservissement	Marge de phase	60°
	Marge de gain	12 dB
Sensibilité aux perturbations	Amortissement	$\xi = 0,4$
	Bande passante à -3 dB	$\omega_{\max}/10$
	Déplacement en régime permanent vis-à-vis d'une perturbation constante	nul

Question 1 Déterminer la fonction de transfert de la boucle interne $H_{\text{PMI}}(p) = \frac{X(p)}{\varepsilon(p)}$, en fonction de K_e , K_0 , m , K_P et K_D . Préciser les conditions sur K_D et K_P pour que $H_{\text{PMI}}(p)$ soit stable en boucle ouverte.

Question 2 En considérant l'ensemble de l'asservissement, déterminer la fonction de transfert $H_{\text{pert}}(p) = \frac{X(p)}{F_{\text{pert}}(p)}$, puis calculer les valeurs de K_D et K_P permettant de respecter les spécifications du cahier des charges en terme de bande passante et d'amortissement.



Question 3 Tracer l'allure des diagrammes de Bode asymptotique et réel de la fonction de transfert de la boucle interne $H_{PMI}(p)$ et préciser la pulsation de coupure ainsi que les marges de gain et de phase. Valider les critères de stabilité du cahier des charges.

L'ouverture et la fermeture des arrivées de gaz sont assurées par des « vannes guillottes ». À la suite de la fermeture de la guillotine, le palier est soumis à un effort bref mais violent, qui peut être modélisé par une perturbation d'effort en échelon d'amplitude F_G .

Question 4 Conclure quant au critère de sensibilité vis-à-vis des perturbations.

Afin d'améliorer les performances du système, on utilise un correcteur de fonction de transfert : $C(p) = K_i \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right)$.

Question 5 Quelle performance est directement améliorée par ce correcteur ? (justifier votre réponse sans calcul).

Question 6 Tracer l'allure du diagramme de Bode du correcteur en précisant les valeurs caractéristiques. Expliquer comment choisir K_i et T_i afin de conserver des marges de gain, de phase, et une pulsation de coupure proches de celles obtenues sans correction ($C(p) = 1$). Proposer des valeurs numériques.

On admet que le correcteur influe peu sur le temps de réponse et les dépassements lorsque les marges de stabilité et la pulsation de coupure sont conservées. On garde par conséquent les valeurs de K_P et K_D obtenues précédemment.

Conclusion : nous avons donc désormais dimensionné les deux boucles d'asservissement successives permettant d'obtenir les performances attendues du palier magnétique.

Afin de préparer la prochaine partie, relative à l'étude dynamique du rotor, on recherche un modèle simple de l'effort du palier magnétique actif en fonction du déplacement x de l'arbre, dans une gamme de vitesses de rotation raisonnables variant de $10\,000 \text{ tr min}^{-1}$ à $30\,000 \text{ tr min}^{-1}$.

Question 7 Déterminer la fonction de transfert $K(p)$ telle que $F_T(p) = K(p)X(p)$. À partir de simplifications justifiées, montrer que dans la plage de fréquences considérée, l'effort $F_T(p)$ peut s'écrire sous la forme d'un modèle ressort amortisseur $F_T(t) = -kx(t) - c\dot{x}(t)$ où vous préciserez les valeurs numériques de k et c . Comment évolue le modèle lorsque ω augmente au delà de cette plage de fréquences?

Éléments de corrigé :

1. $K_P > K_e$ et $K_D > 0$.
2. $K_P = 5900$ et $K_D = 5,5$.
3. $\omega_{c0} = 150 \text{ rad s}^{-1}$, $M_\varphi = 110^\circ$.
4. .
5. .
6. $K_i = 1$ et $T_i = 0,07 \text{ s}$.
7. .

Corrigé voir .