

Travaux Pratiques d'Automatique n° 4
Asservissement de position d'un moteur

Le but de cette manipulation est d'étudier l'asservissement de position d'un moteur à courant continu.

Le châssis comprend :

- une alimentation $\pm 15V$ (module 9.01) ,
- un potentiomètre d'entrée permettant d'imposer une tension de consigne (module 9.61.1),
- un correcteur PID (module 9.50),
- un élément comportant un amplificateur, un moteur à courant continu et un potentiomètre de sortie visualisant la position du moteur (module 9.62.1).

1 Préparation : asservissement de position

Le potentiomètre 9.61.1 permet d'imposer un angle de consigne entre $+\pi$ et $-\pi$ et délivre une amplitude entre $V_0 = 10$ Volts et $V_0 = -10$ Volts. Sa fonction de transfert est donc $\frac{V_0}{\pi}$. Comme ce que l'on va mesurer dans la suite est une tension et non pas un angle, on considérera aussi le système dont l'entrée est la tension U_1 image de l'angle de consigne.

Le correcteur permet de soustraire au signal d'entrée le signal de sortie et d'appliquer au signal d'erreur un correcteur de type PID :

$$C(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right) \quad (1)$$

de gain correcteur K_p et où T_i est la constante de temps de l'intégrateur et T_d la constante de temps du dérivateur.

L'ensemble amplificateur et moteur est assimilé en première approximation à un système du premier ordre d'entrée la tension d'alimentation (exprimée en V) et de sortie la vitesse de rotation (exprimée en rad/sec) :

$$G(p) = \frac{K_1}{1 + \tau_m p} \quad (2)$$

Le potentiomètre de sortie est branché sur l'arbre du moteur. Cette vitesse de rotation doit être intégrée (fonction de transfert $\frac{K_2}{p}$) pour donner l'angle de rotation de l'arbre qui sera ensuite converti en une tension U_2 (même gain $\frac{V_0}{\pi}$ que l'autre potentiomètre) pour pouvoir être soustrait au signal d'entrée. La sortie U_2 est donc l'image de l'angle de rotation du moteur.

1. Donner le schéma bloc de l'asservissement de position.

2. Calculer l'expression de la fonction de transfert du système corrigé en boucle fermée en fonction des différentes fonctions de transfert précédemment définies (on ne demande pas de développer $C(p)$ dans l'expression finale). On précisera bien quelles sont l'entrée et la sortie de ce système ainsi que les unités des variables considérées.

2 Manipulation

Le branchement de principe de l'asservissement est donné en Figure 1, où BO et BF désignent respectivement les branchements pour la Boucle Ouverte et la Boucle Fermée.

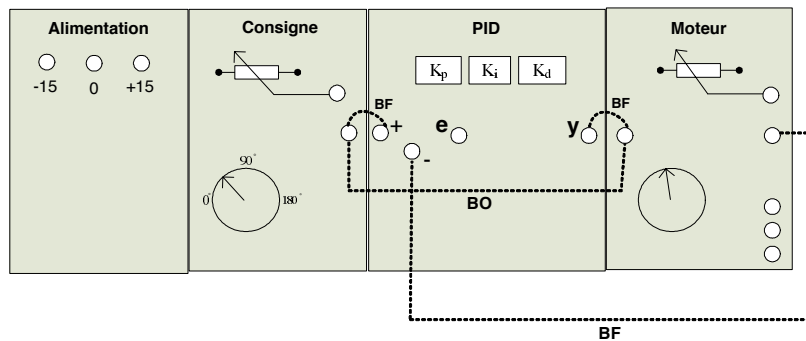


FIGURE 1 – Asservissement de position du moteur.

Vérifier que le schéma bloc du 1.1 est cohérent avec les branchements proposés.

2.1 Identification temporelle

On désire étudier la réponse indicielle du système corrigé par un correcteur proportionnel : le gain K_p est réglable, l'intégrateur et le dérivateur sont en position off. La sortie du système bouclé est mesurée à l'aide de l'oscilloscope Textronix.

1. Câbler le montage de la figure 1.

Provoquer un échelon de consigne. Enregistrer l'entrée et la réponse indicielle. Quel problème rencontre-t-on ?

La maquette ne comportant pas d'interrupteur pour réaliser un échelon, on utilise un interrupteur externe (très vintage !) que l'on intercale entre le bloc de consigne et le correcteur, comme représenté en Figure 2.

Enregistrer maintenant une réponse indicielle grâce à l'échelon provoqué à l'aide de l'interrupteur. On remarque que le signal de sortie est bruité, ce qui nuit à l'asservissement. On va donc adjoindre un filtre passe-bas (que l'on négligera dans la suite) que l'on intercale entre la sortie et la borne - du comparateur du correcteur comme représenté en Figure 3.

Dans les essais suivants, on veillera à remettre à zéro le moteur en sortie avant de provoquer l'échelon (mettre un grand gain ou activer le I (intégrateur) du PID).

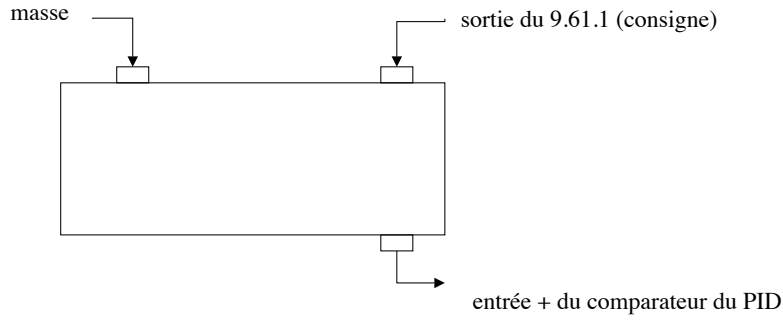


FIGURE 2 – Interrupteur externe.

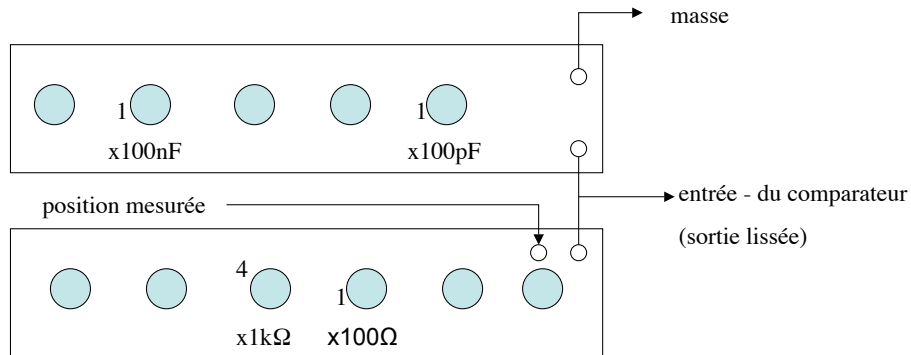


FIGURE 3 – Connexions du filtre passe-bas

2. Pour un gain $K_p = 1$ puis 10, tracer la réponse indicielle du système bouclé ainsi que l'échelon (entrée du système) pour un angle de consigne à 30° . Que vaut l'erreur de position ? Est-ce que ceci est cohérent avec la fonction de transfert trouvée lors de la préparation ? Si non, que peut-on en déduire ?
3. On augmente $K_p = 40$. Le gain choisi peut-il entraîner des problèmes de saturation au démarrage ?

Tracer la réponse indicielle du système bouclé ainsi que l'échelon. En déduire le premier dépassement et la pulsation propre amortie ω_p (on mesurera pour cela la deuxième demi pseudo-période de la réponse, en justifiant ce choix).

A l'aide des abaques fournies, identifier le système bouclé comme un système du deuxième ordre :

$$\frac{K}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2}} \quad (3)$$

En déduire le gain K_1K_2 , la constante de temps du moteur τ_m et la fonction de transfert du système en boucle ouverte.

4. On veut maintenant mesurer l'erreur en vitesse. A l'aide du GBF Philips PM5135,

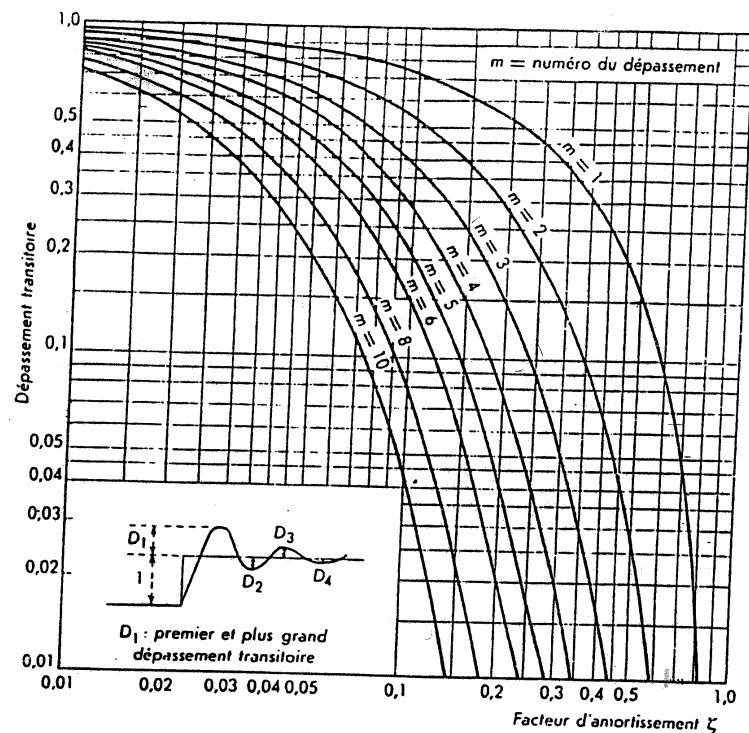
générer un signal triangulaire (qui sera donc branché sur l'entrée + du comparateur, l'interrupteur étant désormais déconnecté). Mesurer l'erreur en vitesse (en sortie du comparateur) et la comparer à la valeur théorique.

5. On utilise maintenant un correcteur Proportionnel Intégral. Quel est son intérêt ? A l'aide de l'oscilloscope, visualiser les signaux d'entrée et de sortie pour un signal d'entrée triangulaire de fréquence 0.15 Hz et d'amplitude 600mV. Commenter le résultat obtenu.
6. Diminuer la constante de temps du correcteur. Que remarquez-vous ? le résultat obtenu était-il prévisible ?

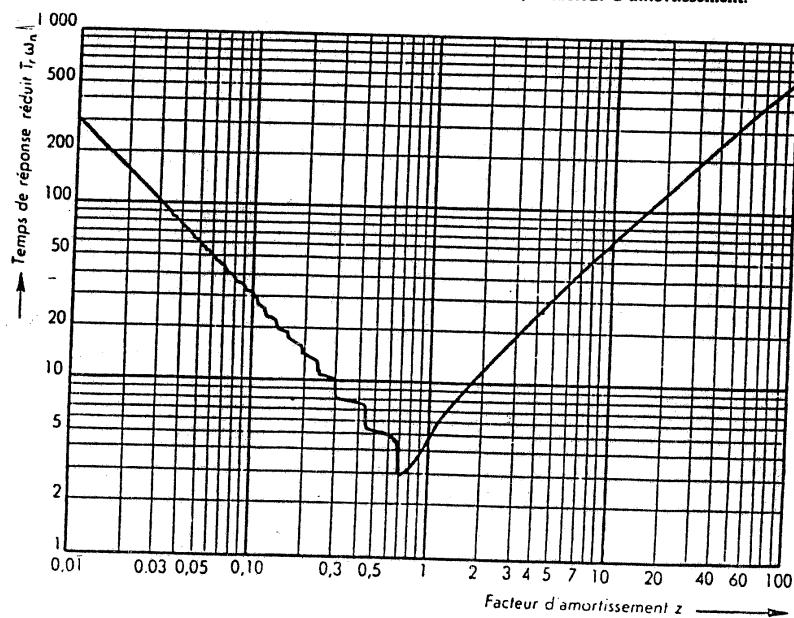
2.2 Identification fréquentielle

On cherche à obtenir la réponse fréquentielle du moteur afin d'identifier la fonction de transfert du moteur. On met donc en entrée du système une sinusoïde de fréquence variable et d'amplitude suffisante pour combattre les frottements mais suffisamment faible de façon à éviter les saturations en sortie des amplificateurs (soit environ 200mV). Dans toute la suite on prendra un gain $K_p = 40$.

1. En balayant les fréquences entre 0.2 et 10 Hz, donner l'allure générale des tracés de Bode : ce système est-il passe-haut ? résonant ?
2. Déterminer la fréquence correspondant à un déphasage entrée-sortie de 90° (entre 2 et 3 Hz). En déduire la pulsation propre du système bouclé.
3. Mesurer le gain à cette fréquence et en déduire le facteur d'amortissement. En déduire les caractéristiques de la fonction de transfert du système en boucle ouverte et comparer aux résultats obtenus en temporel.



— Dépassements transitoires successifs D_1, D_2, \dots, D_m de la réponse unitaire pour un système du second ordre. En abscisses, le facteur d'amortissement.



— Temps de réponse T_r (réduit) d'un système du second ordre de période propre non amortie $2\pi/\omega_n$ en fonction du facteur d'amortissement.