UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

Analyse et commande des systèmes temps réel

- Synthèse d'une commande à retard -
APPLICATION À UN PROCÉDÉ ÉLECTRO-MÉCANIQUE

Auteurs :
Lucien RAKOTOMALALA
David TOCAVEN

Encadrant :
Carolina ALBEA-SÀNCHEZ

19 février 2018

Table des matières

Introduction

À partir de l'énoncé, nous avons définie le cahier des charges suivant :

— Il faut réaliser un asservissement en position angulaire.

— Il faut atteindre la consigne en moins de 8 secondes. $\Rightarrow T_m < 8s$

— Il ne doit pas y avoir d'oscillations.

— Il ne doit pas y avoir de dépassement de la consigne.$\Rightarrow \forall t \geq 0, V_g(t) \leq V_{ref}(t)$

— Il doit y avoir une erreur de position nulle. $t \rightarrow \infty, V_g(t) \rightarrow V_{ref}(t)$

— La commande doit rejeter Les perturbations de sortie de type échelon $(p(t) = p_0)$ en maximum 3 secondes.

1 Identification-Modélisation du système

Dans un premier temps, nous allons déterminer les paramètres du moteur, ensuite, nous déterminerons le modèle fréquentiel ainsi que le modèle espace d'état du système. Puis, nous étudierons les propriétés, les performances et la stabilité du système.

1.1 Détermination de paramètres et du retard

On identifiera les paramètres du moteur grâce à une approche dite *boite noire*, c'est-à-dire que suivant la forme d'une réponse du système à un échelon, nous allons choisir une modélisation par fonction de transfert type (1er ordre, 2^{e} ordre, ...). Comme il s'agit d'un moteur à courant continu, nous choisissons un modèle du premier ordre car il permet de former un modèle de précision suffisante au vu de notre application.
Un modèle du 1er ordre est de la forme suivante :

$$G(p) = \frac{K}{\tau p + 1} \tag{1.1}$$

Où :

K **:** Le gain statique du système.

τ **:** La constante de temps du système (en seconde).

Nous identifierons K en mesurant le gain statique de la réponse à un signal échelon (pour t tel que la réponse se soit stabilisée) : $K = V_g(t)/U_m(t)$.
Pour l'estimation de τ, nous utiliserons la relation suivante : $\tau = t$ lorsque $\frac{V_g(t)}{U_m(t)} = 0,63 * K$.

Pour identifier le retard, que nous savons être sur la commande du moteur, nous allons étudier de déphasage entre un signal d'entrée de type rectangle à fréquence faible (1Hz) et la sortie $V_s(t)$. Nous savons analytiquement qu'un système du premier ordre à un déphasage nul à basse fréquence, donc à partir du déphasage mesuré nous pouvons obtenir le retard.

1.2 Autres méthode

1.3 Modèle fréquentiel

1.4 Modèle espace d'état

1.5 Commandabilité et observabilité

1.6 Analyse de la boucle ouverte

1.7 Stabilité de la boucle fermée

Est-ce bien ces deux méthodes ? (la troisième méthode supposée étant le pseudo-retard non traité en cours)

1.7.1 Delay-Sweeping

1.7.2 Stabilité 2D

2 | Étude d'une commande Proportionnelle-dérivateur

2.1 Intérêt de ce correcteur

Pour établir notre asservissement en position, nous devons faire en sorte de commander le transfert entre u_m et V_s. Ce transfert dispose d'un intégrateur pur et d'un pôle en $-\frac{1}{\tau_m}$, qui donnent l'instabilité de la position du moteur à une entrée échelon. Un premier correcteur nous est proposé sous la forme :

$$C(p) = k_0(1 + d_i p) \tag{2.1}$$

avec k_0 le gain proportionnel et d_i le gain dérivateur. Avec une telle correction, nous allons diminué l'ordre du transfert de position/consigne et perdre le pôle en 0 menant à l'instabilité.

2.2 Choix du gain dérivateur du correcteur $C(p)$

Passons maintenant au choix des valeurs du correcteur. On nous propose un choix particulier pour d_i dans l'énoncé du TP, nous allons voir ensemble en quoi ce choix est judicieux. Nous notons, pour le procédé étudié le transfert $G(p) = \frac{N(p)}{D(p)} = \frac{N(p)}{p(1+\tau_m p)}$, la boucle fermé avec le correcteur en cours d'étude qui intervient de cette manière :

$$\begin{aligned} G_{bf}(p) = \frac{Y(p)}{Y_{ref}} &= \frac{C(p)G(p)}{1 + C(p)G(p)} = \frac{k_0(1 + d_i p)\frac{N(p)}{D(p)}}{1 + k_0(1 + d_i p)\frac{N(p)}{D(p)}} \\ &= \frac{k_0(1 + d_i p)\frac{N(p)}{p(1+\tau_m p)}}{1 + k_0(1 + d_i p)\frac{N(p)}{p(1+\tau_m p)}} \end{aligned}$$

si l'on prend : $d_i = \tau_m$, nous pouvons retomber sur une fonction de transfert plus simple qui est :

$$G_{bf} = \frac{k_0 N(p)}{p + k_0 N(p)} \tag{2.2}$$

En sachant que N(p) contient e^{-hp}, nous voyons qu'avec ce correcteur, nous allons pouvoir manipuler l'influence du retard dans le système à l'aide k_0.

2.3 Choix du gain proportionnel du correcteur $C(p)$

2.4 Équivalence avec retour d'état instantané

Pour une loi de commande PI avec comme polynôme $Q(p) = k_1 + k_2 p + ... + k_n p^n$ dans la boucle d'asservissement, nous pouvons écrire le développement suivant :

$$\begin{aligned} \frac{Y(p)}{E(p)} = \frac{G(p)}{1 + Q(p)G(p)} &\Leftrightarrow \frac{Y(p)}{E(p)} = \frac{Y(p)}{U(p) + Q(p)Y(p)} \\ &\Leftrightarrow \frac{1}{E(p)} = \frac{1}{U(p) + Q(p)Y(p)} \\ &\Leftrightarrow E(p) = U(p) + Q(p)Y(p) \\ &\Leftrightarrow U(p) = E(p) - Q(p)Y(p) \end{aligned}$$

Cette dernière ligne est la caractéristique d'un retour d'état, si et seulement si les états sont disponibles sur la sortie du système.

3 | Placement du spectre Fini

4 | Étude d'un prédicteur de Smith

5 | Implantation sur le procédé réel

Annexes

Annexe 1 - TITRE

Annexe 2 - TITRE