

TP n°2

Synthèse d'un système de commande par placement de pôles

Dans ce deuxième TP, nous nous intéressons au problème la synthèse d'un régulateur par une méthode appelée « placement de pôles ». L'objectif consiste à déterminer les trois polynômes $R_n(s)$, $R_d(s)$ et $R_p(s)$ et le modèle de référence $G^*(s)$ afin de répondre à un ensemble d'objectifs fixés par un cahier des charges.

Créer une copie appelée « *tp_synthese.m* » du fichier « *asservissement_2nd_ordre.m*. » Cette copie servira de programme à ce TP.

Dans cet exercice, nous reprenons le système à commander de fonction de transfert $G_I(s)$ définie par

$$G_I(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{k w_0^2}{s^2 + 2\xi w_0 s + w_0^2}$$

avec

$$k=1.5; \xi=0.5; w_0=2$$

Le système à commander a déjà été analysé lors du TP 1.

I. 1^{er} Régulateur

Dans cette partie, nous désirons concevoir un asservissement de $G_I(s)$ qui répond au cahier des charges suivant

- S_1 le système en boucle fermé doit être **asymptotiquement stable**.
- S_2 la rapidité du système en boucle fermée est fixée par un mode dominant du second ordre d'amortissement unitaire et de pulsation naturelle $w_r = 1.5w_0$ et des pôles auxiliaires situés en $-\mu^*w_r$, avec $\mu = 10$.

*I.a Compléter la fonction « **calcul_regulateur1()** » selon la démarche suivante*

- 1 Synthétiser le polynôme caractéristique $P_c(s)$ en fonction de w_r et μ . Pour cela, il faudra au préalable déterminer le degré de $P_c(s)$ à l'aide des résultats du cours.
- 2 Utiliser la fonction « **bezou()** » pour calculer $R_n(s)$ et $R_d(s)$
- 3 Stocker la fonction de transfert du régulateur dans la variable *reg*.

I.b Analyse des performances fréquentielles

- Réaliser une analyse fréquentielle du système bouclé en réalisant les mêmes mesures qu'au TP 1
- La condition sur la fonction de transfert reliant la sortie à la perturbation de sortie permettant d'annuler asymptotiquement les perturbations de sortie de type échelon est-elle vérifiée ?

I.c Analyse des performances temporelles

Réaliser une analyse temporelle du système bouclé à l'aide du schéma « *simulation_regulation.mdl* » en réalisant les mêmes mesures qu'au TP 1 et en comparant les résultats obtenus à l'analyse fréquentielle précédente.

Bilan

Quel bilan tirez-vous des performances de ce système de commande ? En particulier,

- 1 les spécifications S_1 et S_2 sont-elles réalisées ?
- 2 quelles sont les performances statiques ?
- 4 quel est l'effet du bruit de mesure sur la commande ?

II. 2nd Régulateur : prise en compte des perturbations

Pour améliorer les performances du système de commande, le cahier des charges est maintenant constitué de quatre spécifications à réaliser

- S_1 le système en boucle fermé doit être asymptotiquement stable.
- S_2 la rapidité du système en boucle fermée est fixée par un mode dominant du second ordre d'amortissement unitaire et de pulsation naturelle $w_r = 1.5w_0$ et des pôles auxiliaires situés en $-\mu * w_r$ avec $\mu = 10$.
- S_3 une perturbation de type échelon en sortie $v_y(t)$ doit être rejetée asymptotiquement (**rejetée et non atténuée !!**) sur la sortie.
- S_4 Le bruit de mesure $\eta(t)$ généré par le capteur doit être atténué sur la commande.

Le système de commande précédent ne permettait pas de rejeter une perturbation de type échelon de sortie. En effet, la condition sur les zéros de la fonction de transfert entre $v_y(t)$ et $y(t)$ n'est pas réalisée. Pour réaliser cette condition, nous allons imposer la structure suivant au polynôme $R_d(s)$

$$R_d(s) = D(s)S(s)$$

où le polynôme $D(p)$ représente la nature des perturbations que l'on désire éliminer. Il est donc fixé **a priori** par le cahier des charges. Dans ces conditions, le polynôme caractéristique $P_c(s)$ s'écrit

$$P_c(s) = A(s)D(s)S(s) + B(s)R_n(s)$$

que l'on peut aussi écrire

$$P_c(s) = \bar{A}(s)S(s) + B(s)R_n(s)$$

avec $\bar{A}(s) = A(s)D(s)$

Les inconnues de cette équation sont $S(s)$ et $R_n(s)$

II.a Compléter la fonction « calcul_regulateur2() » selon la démarche suivante

- 1 Déterminer le degré du polynôme caractéristique $P_c(s)$ à l'aide des résultats du cours et de la spécification S_4
- 2 Créer le polynôme caractéristique $P_c(s)$ en fonction de w_r et μ à partir de la spécification S_2 .
- 3 Synthétiser le polynôme $\bar{A}(s) = A(s)D(s)$
- 4 Utiliser la fonction « bezou() » pour calculer $R_n(s)$ et $S(s)$
- 5 Calculer le polynôme $R_d(s)$
- 6 Stocker la fonction de transfert du régulateur dans la variable reg

II.b Analyse des performances fréquentielles

- Réaliser une analyse fréquentielle du système bouclé en réalisant les mêmes mesures qu'au TP 1
- La condition permettant de rejeter les perturbations échelon de sortie est-elle vérifiée ? Est ce le régulateur ou le système à commander qui permet dans ce cas de remplir cette condition ?

II.c Analyse des performances temporelles

Réaliser une analyse temporelle du système bouclé à l'aide du schéma « *simulation_regulation.mdl* » en réalisant les mêmes mesures qu'au TP 1 et en comparant les résultats obtenus à l'analyse fréquentielle précédente.

Bilan

Quel bilan tirez vous des performances de ce système de commande ? En particulier,

- 1 les spécifications S_1 et S_2 sont-elles réalisées ?
- 2 quelles sont les performances statiques ?
- 3 quel est l'effet du bruit de mesure sur la commande ?

III. 3^{ème} Régulateur : résolution d'un problème de poursuite et régulation

Le cahier des charges est maintenant le suivant

- S_1 le système en boucle fermé doit être asymptotiquement stable.
- S_2 la rapidité du système en boucle fermée est fixée par un mode dominant du second ordre d'amortissement unitaire et de pulsation naturelle w_r , et des pôles auxiliaires situés en $-\mu^*w_r$.
- S_3 une perturbation de type échelon en sortie $v_y(t)$ doit être rejetée asymptotiquement (rejetée et non atténuée !!) sur la sortie.
- S_4 Le bruit de mesure $\eta(t)$ généré par le capteur doit être atténué sur la commande.
- S_5 la sortie doit réaliser une poursuite parfaite (**si possible**) d'une séquence de référence de type échelon avec une dynamique caractérisée par un mode dominant d'amortissement unitaire et une pulsation naturelle w_p généralement plus petite que w_r .

Les spécifications S_1 , S_2 , S_3 et S_4 (spécifications en régulation) sont déjà réalisées à l'aide du régulateur calculé précédemment. Il reste à calculer le polynôme $R_p(s)$ et le modèle de référence pour répondre à spécification de poursuite S_5 .

III.a Compléter la fonction « calcul_regulateur3() » pour répondre au cahier des charges

Cette fonction doit maintenant renvoyer également le polynôme $R_p(s)$.

III.b Compléter le programme principal « tp_synthese.m »

Cette fonction doit générer la fonction de transfert du modèle de référence $\frac{B^*(s)}{A^*(s)}$ et stocker cette fonction de transfert dans la variable *modele_reference*.

III.c Analyse des performances temporelles

Réaliser une analyse temporelle du système bouclé à l'aide du schéma « *simulation_poursuite.mdl* » et vérifier que le cahier des charges est réalisé.