

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université du Colonel Hadj Lakhdar BATNA

Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département de l'Electronique

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de
Magister en Electronique
Option: Contrôle Industriel

Présenté par :

Nora Boumella

Optimisation H_∞ des Paramètres d'un Contrôleur PID

Soutenu le : **30 / 10 / 2002**

Devant le Jury :

Professeur Mohamed Boulemden	Université de Batna	Président
Professeur Khier Benmahammed	Université de Sétif	Rapporteur
Professeur Noureddine Bouguechal	Université de Batna	Examineur
Professeur Khaled Belarbi	Université de Constantine	Examineur
Docteur Lamir Saidi	Université de Batna	Examineur

Résumé

Ce travail présente d'abord un algorithme d'optimisation H_∞ des contrôleurs d'ordre complet, c'est-à-dire, l'ordre du contrôleur est équivalent à l'ordre du système. Dans le but d'atteindre les performances de la commande désirées, le système nominal est augmenté avec des fonctions de pondération. L'ordre du contrôleur est alors souvent plus grand que l'ordre du système nominal.

Dans la méthode d'optimisation H_∞ des contrôleurs d'ordre complet, toutes les contraintes auxquelles le processus d'optimisation est soumis sont convexes. Le problème peut alors être formulé en optimisation convexe et l'optimum global peut être aisément atteint. L'optimisation de tels contrôleurs se base essentiellement sur les inégalités matricielles linéaires LMIs.

L'optimisation des contrôleurs H_∞ d'ordre complet est générale et sa formulation en optimisation convexe fait d'elle une approche facile à résoudre. Il est néanmoins coûteux et compliqué d'implémenter de tels contrôleurs pour des systèmes de grand ordre. On propose alors une extension de cet algorithme en un algorithme de synthèse d'optimisation H_∞ d'un contrôleur d'ordre réduit. Autrement dit, l'ordre du contrôleur est strictement inférieur à celui du processus et ses paramètres sont indépendamment réglables.

Contrairement à la première méthode, l'approche de synthèse d'optimisation H_∞ des contrôleurs d'ordre réduit ne peut pas être formulée en optimisation convexe. Cette non-convexité est due essentiellement à la contrainte imposée sur l'ordre du contrôleur.

L'algorithme d'optimisation du contrôleur H_∞ d'ordre réduit s'applique en deux étapes. Dans un premier temps, le modèle du système en boucle fermée est reconstruit en utilisant les transformations fractionnelles linéaires (LFTs), de sorte que tous les paramètres du contrôleur soient extraits en tant que bloc constant complet. Le retour de sortie devient alors statique et une méthode de résolution locale y est appliquée.

Les applications de cet algorithme d'optimisation ont été particulièrement appliquées au réglage des gains k_p , k_i et k_d du contrôleur PID (Proportionnel Intégral Dérivatif).

Sommaire

Introduction Générale	1
1 Généralités sur la Commande	4
1.1 Introduction	4
1.2 Incertitudes et Perturbations	4
1.3 Excitation et Réponse	5
1.4 Fonction de Transfert	5
1.5 Réponse d'un Système à un Signal Electrique	6
1.6 Effets sur le Gain	6
1.7 Effets sur la phase	6
1.8 Réponse en Boucle Ouverte	7
1.9 Réponse en Boucle Fermée	7
1.10 Retour	8
1.11 Performance d'un Contrôleur	8
1.12 Robustesse d'un Contrôleur	8
1.13 Stabilité d'un Système	9
1.14 Prédiction de la Réponse du Système	9
1.15 Commande Proportionnelle	10
1.16 Commande Intégrale	11

1.17	Commande Dérivative	11
1.18	Commande PID	12
2	Commande Robuste	13
2.1	Introduction	13
2.2	Normes des Systèmes Linéaires	14
2.2.1	Norme H_2 d'un Système Linéaire	14
2.2.2	Norme H_∞ d'un Système Linéaire	14
2.3	Valeurs Singulières	16
2.3.1	Définitions	16
2.3.2	Décomposition en Valeurs Singulières	16
2.4	Incertitudes	17
2.4.1	Incertitudes non Structurées	17
2.4.2	Incertitudes Structurées	18
2.5	Notions de Robustesse	19
2.5.1	Stabilité	21
2.5.2	Stabilité Robuste	22
2.5.3	Sensibilité	23
2.5.4	Rejet des Perturbations	25
2.6	Problème Standard	25
2.7	Résolution du problème H_∞	29
2.7.1	Résolution du Problème Normalisé	29
2.8	Exemple d'Application	34
2.9	Conclusion	37
3	Optimisation H_∞ des Contrôleurs Basée sur les LMIs	38
3.1	Introduction	38
3.2	Optimisation Convexe et Problèmes SDP	38
3.2.1	Problèmes d'Optimisation Convexe	38
3.2.2	Contraintes LMI	40
3.2.3	Programmation Semidéfinie (SDP)	42
3.2.4	Dualité	43

3.2.5	Conditions d'Optimalité	44
3.3	Algorithmes pour la Résolution des SDPs	45
3.4	Algorithme des Synthèses des Contrôleurs Basés sur les LMIs	47
3.4.1	Formulation du Problème	47
3.4.2	Algorithme de Synthèse du Contrôleur H_∞ à Retour d'Etat Basé sur les LMIs	48
3.4.3	Algorithme de Synthèse du Contrôleur H_∞ d'Ordre Complet Basé sur les LMIs	49
3.5	Exemple d'Application	51
3.6	Conclusion	62
4	Optimisation H_∞ des Paramètres d'un Contrôleur PID	63
4.1	Introduction	63
4.2	Optimisation H_∞ des Paramètres du Contrôleur PID	64
4.2.1	Transformation en un Problème de Synthèse de Contrôleur PID à Retour Statique	64
4.2.2	Optimisation H_∞ du Bloc des paramètres du Contrôleur	70
4.3	Exemple d'Application (VCM)	73
4.4	Conclusion	90
	Conclusion Générale	98
	Bibliographie	
	Annexe A	
	Annexe B	