

PROPOSITION D'UN SUJET DE THESE #26-10

Titre : Commande Avancée des Actionneurs Électriques via les Algorithmes Twisting et Super-Twisting : Approches Théorique, Expérimentale et Intégration de l'Intelligence Artificielle

Directeur de la Thèse : Pr. Moez Ghariani moez.ghariani@enetcom.usf.tn
Dr. Kais Jammoussi kais.jammoussi@enetcom.usf.tn

Structure d'Accueil : Le laboratoire des Systèmes Électroniques Avancés et de l'Energie Durable (ESSE), ENETcom

1. Contexte et Problématique

Les actionneurs électriques sont au cœur des systèmes industriels modernes, notamment dans les applications robotiques, les véhicules électriques et les systèmes de conversion d'énergie. Cependant, ces systèmes sont souvent soumis à des perturbations externes, des incertitudes paramétriques et des conditions de fonctionnement variées, ce qui nécessite des stratégies de commande robustes.

La commande par mode glissant d'ordre supérieur, notamment les algorithmes Twisting et Super-Twisting, s'est imposée comme une solution efficace pour garantir la robustesse et réduire l'effet du chattering. Toutefois, ces méthodes nécessitent une sélection fine des paramètres et une adaptation en temps réel aux variations du système.

L'intelligence artificielle (IA), notamment l'apprentissage automatique et les réseaux de neurones, offre aujourd'hui une opportunité d'optimiser la mise en œuvre de ces algorithmes en ajustant dynamiquement les gains et en améliorant la performance globale du système.

2. Objectifs de la Recherche

L'objectif de cette thèse est de :

- Développer et analyser la commande robuste des actionneurs électriques en utilisant les algorithmes Twisting et Super-Twisting.
- Optimiser la mise en œuvre de ces commandes via l'intégration d'algorithmes d'apprentissage automatique.
- Valider expérimentalement les approches proposées sur un banc de test réel.

3. Contributions Attendues

- Conception et analyse mathématique des algorithmes Twisting et Super-Twisting appliqués aux actionneurs électriques.
- Développement d'une approche hybride combinant commande robuste et intelligence artificielle (réseaux de neurones, algorithmes génétiques, reinforcement learning).

- Étude comparative des performances en simulation et en expérimentation sur un banc d'essai.
- Proposition d'une architecture adaptative permettant une commande en temps réel des systèmes sous incertitudes.

4. Méthodologie

Phase 1 : Modélisation et Analyse

- Modélisation dynamique des actionneurs électriques avec perturbations et incertitudes.
- Implémentation des algorithmes classiques Twisting et Super-Twisting en simulation.

Phase 2 : Intégration de l'Intelligence Artificielle

- Développement de réseaux de neurones pour l'ajustement dynamique des gains de la commande.
- Utilisation d'algorithmes d'apprentissage pour améliorer la robustesse et l'adaptabilité du contrôle.

Phase 3 : Validation Expérimentale

- Mise en œuvre sur un banc de test équipé de capteurs et d'un microcontrôleur/FPGA pour le calcul en temps réel.
- Comparaison des performances des approches classiques et hybrides (avec IA).

5. Applications et Perspectives

- Industrie 4.0 : commande optimisée des actionneurs électriques pour les robots industriels et les machines intelligentes.
- Véhicules électriques : amélioration de la performance des moteurs sous différentes conditions de charge.
- Conversion d'énergie : commande avancée des générateurs électriques utilisés dans les systèmes à hydrogène.
- Élargissement à d'autres systèmes dynamiques nécessitant robustesse et adaptabilité (aéronautique, médical, etc.).

6. Conclusion

Cette thèse vise à apporter une avancée majeure en commande robuste en intégrant l'intelligence artificielle pour une adaptation en temps réel des actionneurs électriques. L'approche proposée pourrait être généralisée à de nombreux domaines où la robustesse et la précision du contrôle sont critiques.