



Avis de Soutenance

Monsieur Yongchao LIU

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mercredi 16 décembre 2020** à 10h00
Lieu : UTBM, 13 Rue Thierry Mieg, 90010 Belfort Cedex, France
Salle : I102

Titre des travaux : Contributions à la commande basée sur les observateurs de perturbations: Application aux systèmes d'entraînement à vitesse variable avec moteurs synchrones

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 61

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Salah LAGHROUCHE

Codirecteur de thèse : Maurizio CIRRINCIONE HDR NON HDR

Codirecteur de thèse : Abdoul N'DIAYE HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Salah LAGHROUCHE	Maître de conférences	Université Bourgogne Franche-Comté	Directeur de thèse
M. Mohamed BENBOUZID	Professeur des Universités	Université de Bretagne Occidentale	Rapporteur
M. Marcello PUCCI	Professeur	Institute for Marine Engineering, Section of Palermo, National Research Council of Italy	Rapporteur
M. Maurizio CIRRINCIONE	Professeur des Universités	The University of the South Pacific	Co-directeur de thèse
M. Abdoul N'DIAYE	Ingénieur de recherche	Université Bourgogne Franche-Comté	Co-directeur de thèse
M. Patrice WIRA	Professeur des Universités	Université de Haute Alsace	Examineur
M. Daniel DEPERNET	Maître de conférences	Université Bourgogne Franche-Comté	Examineur
M. Alessandro LIDOZZI	Associate Professor	Roma Tre University	Examineur

Mots-clés : Commande basée sur l'observateur de perturbation, Commande par mode glissant, Commande adaptative à modèle de référence, Observateur de perturbations, Moteur synchrone à réluctance, Moteur synchrone à aimant permanent,

Résumé de la thèse (en français) :

Dans cette thèse, quatre nouveaux contrôleurs composites, dont chacun combine un contrôleur non linéaire avec un observateur de perturbation (OP), sont proposés pour la classe des systèmes non linéaires incertains monovarié de degré relatif 1. Ces contrôleurs sont ensuite appliqués pour la synthèse de nouvelles stratégies de commande robuste à orientation de champ (CROC), pour le système de variation de vitesse de la machine synchrone à réluctance (VV-MSR) et le système de variation de vitesse de la machine synchrone à aimant permanent à pôles lisses (VV-MSAPPL). Le premier contrôleur proposé est appelé contrôleur composite de type 1. Il est formé d'un contrôleur de type super-twisting (TST), d'un OP basé sur un réseau de neurones Hermite (OP-RNH) et d'un compensateur d'erreur. Une analyse rigoureuse de la stabilité de la dynamique du mode glissant avec ce contrôleur composite est présentée. Sur cette base, les lois d'apprentissage pour le OP-RNH et le compensateur d'erreur sont rigoureusement conduits. De plus, le contrôleur composite de type 1 est conçu comme un contrôleur de vitesse du rotor pour la construction d'une nouvelle stratégie de CROC robuste pour le système de VV-MSR, où deux contrôleurs de courant composites, dont chacun est composé de deux contrôleurs de TST standard, sont adoptés. Des tests comparatifs «hardware-in-the-loop» sont réalisés pour démontrer l'efficacité et la supériorité de la stratégie de CROC proposée. Le deuxième contrôleur composite proposé est appelé contrôleur composite de type 2, qui est formé d'un contrôleur de type TST modifié et d'un observateur d'état étendu du second ordre. Une analyse rigoureuse de la stabilité de la dynamique du mode glissant avec ce contrôleur composite est présentée. En outre, le contrôleur composite de type 2 est conçu comme un contrôleur de vitesse du rotor pour la construction d'une nouvelle stratégie de CROC robuste pour le système de VV-MSAPPL, où deux contrôleurs de courant linéaires proportionnels-intégral (PI) sont adoptés. Des tests expérimentaux comparatifs sont effectués pour démontrer l'efficacité et la supériorité d'une telle stratégie de CROC. Le troisième contrôleur composite proposé est appelé contrôleur composite de type 3, qui consiste en un contrôleur par mode glissant complémentaire et d'un observateur super-twisting (OST). Une analyse rigoureuse de la stabilité de la dynamique des erreurs de poursuite avec ce contrôleur composite est présentée. De plus, le contrôleur composite de type 3 est conçu comme un contrôleur de vitesse du rotor pour la construction d'une nouvelle stratégie de CROC robuste pour le système de VV-MSAPPL, où deux contrôleurs de courant PI linéaires sont adoptés. Des tests expérimentaux comparatifs sont effectués pour démontrer l'efficacité et la supériorité d'une telle stratégie de CROC. Le quatrième contrôleur composite proposé est appelé contrôleur composite de type 4, qui est formé d'une commande adaptative à modèle de référence, d'un OST et d'un compensateur d'erreur. Un modèle linéaire du premier ordre est sélectionné comme modèle de référence pour le système. Une analyse rigoureuse de la stabilité de la dynamique des erreurs de poursuite avec ce contrôleur composite est présentée. En outre, le contrôleur composite de type 4 est conçu comme un contrôleur de vitesse du rotor pour la construction d'une nouvelle stratégie de CROC robuste pour le système de VV-MSAPPL, où deux contrôleurs de courant PI linéaires sont adoptés. Des tests expérimentaux comparatifs sont effectués pour démontrer l'efficacité et la supériorité d'une telle stratégie de CROC.

Abstract (in English):

In this thesis, four novel composite controllers, each of which combines a nonlinear feedback controller with a disturbance observer (DO), are proposed for a single-input uncertain nonlinear system with relative degree one for the disturbance attenuation ability improvement and applied to the construction of novel robust field-oriented control (FOC) strategies for the synchronous reluctance motor-based variable speed drive (SynRM-VSD) system and the surface-mounted permanent-magnet synchronous motor-based VSD (SPMSM-VSD) system. The first proposed composite controller is named as the type-1 composite controller, which consists of a standard super-twisting sliding-mode (STSM) controller, a Hermite neural network-based DO (HNN-DO) and an error compensator. Rigorous stability analysis of the sliding-mode dynamics with this composite controller is presented. Based on that, the learning laws for the HNN-DO and the error compensator are rigorously derived. Moreover, the type-1 composite controller is designed as a rotor speed controller for the construction of a novel robust FOC strategy for the SynRM-VSD system, where two composite current controllers, each of which is composed of two standard STSM controllers, are adopted. Comparative hardware-in-the-loop tests are performed to demonstrate the effectiveness and the superiority of the proposed FOC strategy. The second proposed composite controller is named as the type-2 composite controller, which consists of a modified STSM controller and a second-order extended state observer. Rigorous stability analysis of the sliding-mode dynamics with this composite controller is presented. Furthermore, the type-2 composite controller is designed as a rotor speed controller for the construction of a novel robust FOC strategy for the SPMSM-VSD system, where two linear proportional-integral (PI) current controllers are adopted. Comparative experimental tests are performed to demonstrate the effectiveness and the superiority of such a FOC strategy. The third proposed composite controller is named as the type-3 composite controller, which consists of a sign-function-based complementary sliding-mode controller and a super-twisting sliding-mode observer (STSMO).

Rigorous stability analysis of the tracking error dynamics with this composite controller is presented. Moreover, the type-3 composite controller is designed as a rotor speed controller for the construction of a novel robust FOC strategy for the SPMSM-VSD system, where two linear PI current controllers are adopted. Comparative experimental tests are performed to demonstrate the effectiveness and the superiority of such a FOC strategy. The fourth proposed composite controller is named as the type-4 composite controller, which consists of a classic model reference adaptive controller, a STSMO and an error compensator. A stable first-order linear model is selected as the reference model for the system. Rigorous stability analysis of the tracking error dynamics with this composite controller is presented. Furthermore, the type-4 composite controller is designed as a rotor speed controller for the construction of a novel robust FOC strategy for the SPMSM-VSD system, where two linear PI current controllers are adopted. Comparative experimental tests are performed to demonstrate the effectiveness and superiority of such a FOC strategy.