AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées a le plaisir d'informer le public qu'une soutenance de thèse de Doctorat en

«Sciences et ingénierie»

aura lieu le 14/11/2026 à 14H00 à l'ENSA, Kénitra

La Thèse sera présentée par Mr NASRI ELMEHDI

Sous le thème :

Commande intelligente de la chaîne de traction et estimation du SOC des batteries Li-ion pour les véhicules électriques : vers une implémentation embarquée

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
MHARZI HASSAN	Président	ENSA, Kénitra
EL MARKHI HASSANE	Rapporteur	FST, Fès
MANSOURI ANASS	Rapporteur	ENSA, Fès
OUADOUDI ZYTOUNE	Rapporteur	ENSA, Kénitra
SADOUNE ZOUHAIR	Examinateur	Faculté des Sciences, Kénitra
ABOUOBAIDA HASSAN	Examinateur	ENSA, Kénitra
JAROU TARIK	Directeur de thèse	ENSA, Kénitra

UNIVERSITE IBN TOFAIL ★ PÔLE DES ETUDES DOCTORALES ★ KENITRA

Nom et Prénom : NASRI ELMEHDI
Date de soutenance : 14/11/2026
Directeur de Thèse : JAROU TARIK

Sujet de thèse :

Commande intelligente de la chaîne de traction et estimation du SOC des batteries Li-ion pour les véhicules électriques : vers une implémentation embarquée

Résumé:

Dans le contexte de la transition énergétique et de la décarbonation du secteur des transports, les véhicules électriques constituent une solution prometteuse pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, leur déploiement à grande échelle nécessite le développement de stratégies avancées de commande et de gestion de l'énergie capables d'assurer simultanément des performances dynamiques élevées, une utilisation optimale de la batterie et une intégration efficace au sein des réseaux électriques intelligents. Cette thèse s'intéresse à la conception de stratégies intelligentes dédiées à la commande de la chaîne de traction et à l'estimation de l'état de charge des batteries lithium-ion des véhicules électriques, avec une orientation vers l'implémentation embarquée en temps réel.
Dans un premier temps, une architecture de commande orientée champ (FOC) est ensuite mise en œuvre afin de garantir un contrôle découplé du couple et du flux du moteur moteur synchrone à aimants permanents (PMSM). Afin d'améliorer les performances de la chaîne de traction électrique, plusieurs stratégies de commande avancées ont été étudiées et comparées. Sur cette base, un contrôleur intelligent hybride associant la commande NTSMC et un réseau de neurones RBFNN a été développé. L'analyse de stabilité basée sur la théorie de Lyapunov confirme la stabilité et la convergence du système. Dans un deuxième temps, cette thèse s'intéresse à l'estimation de l'état de charge (SOC) des batteries lithium-ion, un paramètre essentiel pour la performance, la sécurité et la gestion énergétique des véhicules électriques. Face aux défis liés aux non-linéarités, aux incertitudes paramétriques et au vieillissement des batteries, une stratégie hybride combinant modélisation dynamique et techniques d'intelligence artificielle est proposée afin d'améliorer la précision et la robustesse de l'estimation. Les performances de l'approche développée sont évaluées à partir de profils de courant dynamiques issus des essais HPPC, dans une perspective d'implémentation embarquée en temps réel. Le SOC estimé est ensuite intégré dans un modèle complet de micro-réseau DC comprenant des sources d'énergie renouvelable, un système de stockage par batteries lithium-ion et une station de recharge pour véhicules électriques. Une stratégie de gestion énergétique est développée afin d'assurer la stabilité du micro-réseau et d'optimiser les échanges de puissance entre les différentes sources d'énergie. Enfin, les algorithmes de commande et d'estimation proposés sont implémentés sur une plateforme embarquée STM32 Nucleo-F401RE selon une approche Model-Based Design. Les validations expérimentales réalisées en configurations Processor-in-the-Loop (PIL) et Hardware-in-the-Loop (HIL) démontrent la faisabilité temps réel, la robustesse et les performances des solutions développées, ouvrant ainsi la voie à leur intégration dans les futurs systèmes de mobilité électrique intelligente.
Mots-clés : Véhicule électrique, moteur PMSM, Commande intelligente, NTSMC-RBFNN, Commande orientée champ (FOC), État de charge (SOC), Batterie lithium-ion, Intelligence artificielle, Micro-réseau DC, STM32, PIL, HIL.

Abstract:

In the context of the energy transition and the decarbonization of the transportation sector, electric vehicles (EVs) represent a promising solution for improving energy efficiency and reducing greenhouse gas emissions. However, their large-scale deployment requires the development of advanced control and energy management strategies capable of simultaneously ensuring high dynamic performance, optimal battery utilization, and efficient integration into smart electrical grids. This thesis focuses on the design of intelligent strategies dedicated to electric vehicle traction control and lithium-ion battery State of Charge (SOC) estimation, with an emphasis on real-time embedded implementation.
First, a Field-Oriented Control (FOC) strategy is implemented to ensure the decoupled control of torque and flux in a Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM). To enhance the performance of the electric traction system, several advanced control techniques are investigated and compared. Based on this analysis, an intelligent hybrid controller combining Non-Singular Terminal Sliding Mode Control (NTSMC) and a Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) is developed. A Lyapunov-based stability analysis confirms the stability and convergence of the proposed control scheme.
Secondly, this thesis addresses the estimation of the State of Charge (SOC) of lithium-ion batteries, a key parameter for the performance, safety, and energy management of electric vehicles. To overcome the challenges associated with battery nonlinearities, parameter uncertainties, and aging effects, a hybrid approach combining dynamic modeling and artificial intelligence techniques is proposed to improve estimation accuracy and robustness. The performance of the developed method is evaluated using dynamic current profiles derived from Hybrid Pulse Power Characterization (HPPC) tests, with a view toward real-time embedded implementation. The estimated SOC is then integrated into a comprehensive DC microgrid model consisting of renewable energy sources, a lithium-ion battery energy storage system, and an electric vehicle charging station. An energy management strategy is developed to ensure microgrid stability and optimize power exchange among the different energy sources. Finally, the proposed control and estimation algorithms are implemented on an STM32 Nucleo-F401RE embedded platform using a Model-Based Design approach. Experimental validations performed through Processor-in-the-Loop (PIL) and Hardware-in-the-Loop (HIL) configurations demonstrate the real-time feasibility, robustness, and effectiveness of the proposed solutions, paving the way for their integration into future intelligent electric mobility systems.
Keywords: Electric Vehicle, PMSM, Intelligent Control, NTSMC-RBFNN, Field-Oriented Control (FOC), State of Charge (SOC), Lithium-Ion Battery, Artificial Intelligence, DC Microgrid, STM32, PIL, HIL.