



Ampère

Unité Mixte de Recherche du CNRS - UMR 5005

Génie Électrique, Automatique et Bio-Ingénierie

Observateurs pour les machines à réluctance variable

Offre de thèse de doctorat : Début 1^{er} Octobre 2023

Mots-clefs : Automatique, Machines Electriques, Observateurs, Sliding Mode

Etablissement d'inscription :	INSA Lyon	https://www.insa-lyon.fr/
École doctorale :	ED 160 EEA de Lyon	https://edeea.universite-lyon.fr/
Unité de recherche :	Laboratoire Ampère UMR 5005	http://www.ampere-lyon.fr/
Intitulé du doctorat :	Automatique	
Directeur de thèse :	BRUN Xavier	xavier.brun@insa-lyon.fr
Co-directeurs de thèse :	LECHAPPE Vincent	vincent.lechappe@insa-lyon.fr
	DELPOUX Romain	romain.delpoux@insa-lyon.fr

Domaine et contexte scientifiques : Transport / Electromobilité

L'électromobilité est un des leviers d'une évolution vers la mobilité durable. Le véhicule électrique est une des solutions incontournables pour atteindre les objectifs fixés en Europe pour 2030.

Scientifiquement de nombreux compromis restent à trouver et le choix du meilleur moteur est loin d'être effectué au regard des nombreuses variantes proposées et des nombreuses contraintes scientifiques et écologiques. Le moteur sans aimant avait été abandonné sous prétexte de problèmes d'oscillations de couple mal maîtrisées. Ceci est devenu caduque aujourd'hui mais demande des lois de commandes plus complexes et plus sûres. La redondance capteurs logiciels (observateurs) et capteurs physiques est nécessaire et permet l'essor de la mise en œuvre sous contraintes hardware et software de nombreuses techniques d'observation issues de l'Automatique dite moderne.

Objectifs de la thèse :

Après une étude bibliographique conséquente sur les moteurs électriques avec moins d'aimants qui s'intéressera à leur conception, leur commande et la reconstruction de la position angulaire de l'axe de rotation (observateur). L'objectif principal de cette thèse sera d'être capable de proposer des algorithmes d'observation le plus en adéquation possible avec une technologie de moteurs proposée selon un cahier des charges prenant en compte des critères de performances et des contraintes technologiques de mise en œuvre.

Le Graal serait de converger vers l'algorithme universel capable de s'adapter en fonction du moteur à piloter mais les contraintes sont nombreuses et un compromis sera à trouver en fonction des critères hardware et software imposés par les ECU (Electronic Control Unit) et les normes (ASIL :

Automotive Safety Integrity Level ...) utilisées dans le domaine de l'Automobile afin d'assurer un niveau d'intégrité optimal en termes de sécurité automobile.

Verrous scientifiques :

Les moteurs électriques étant non linéaires, les preuves de stabilité des lois de commande et d'observation sont en général basées sur des hypothèses simplificatrices qui sont parfois difficiles à vérifier en pratique. Un des verrous est donc de relâcher ces hypothèses et de proposer des commandes et des observateurs non-linéaires dont on puisse prouver théoriquement la stabilité.

Un autre verrou important est celui de prendre en compte la nature discrète et la puissance de calcul limitée des calculateurs dans le développement des lois de commande. En effet, le choix de la période d'échantillonnage, les retards de calcul et la quantification dégradent fortement les performances des algorithmes. Il est donc nécessaire de prendre en compte ces contraintes au plus tôt dans le développement des lois de commande et d'observation.

Contributions originales attendues :

Répondre à une question très complexe : quel observateur pour quel moteur électrique ? Au-delà du choix de l'observateur il faudra être capable de spécifier comment régler ses paramètres en fonction des performances attendues et des contraintes imposées par les performances du calculateur.

Cette réponse nécessite une approche système prenant en compte des modèles dynamiques fins de moteurs électriques avec peu d'aimants.

Profil du candidat recherché (prérequis) :

Afin de mener à bien ce sujet de thèse, des connaissances théoriques en Automatique et en Génie Electrique sont requises. Une culture technique générale sur les moteurs électriques sera particulièrement appréciée.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche :

Effectuer une preuve de concept, un prototype en vue de trouver des partenaires industriels pour intégrer les algorithmes d'observation développés/adaptés dans les calculateurs industriels de demain pour piloter les moteurs électriques et participer à une électromobilité durable.

Compétences qui seront développées au cours du doctorat :

Compétences pluridisciplinaires en Commande, en Observation, Programmation, Simulation, Génie Électrique et une bonne connaissance des moteurs électriques utilisés pour le développement de l'électromobilité.

Perspectives professionnelles après le doctorat :

Poste à responsabilité dans un service R&D dans le domaine du Transport.

Enseignant / Chercheur en Automatique et Génie Electrique

Références bibliographiques sur le sujet de thèse :

[Ali Awan] H. A. Ali Awan, M. Hinkkanen, R. Bojoi and G. Pellegrino, "Stator-Flux-Oriented Control of Synchronous Motors: Design and Implementation," 2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Portland, OR, USA, 2018, pp. 6571-6577, doi: 10.1109/ECCE.2018.8557667.

[Bernard 2020] P. Bernard, A-K Jebai, Robust sensorless estimation of the position and magnet flux of PMSMs, IECON, 2020

[Credo2022] Credo, M. et al., "Adoption of the Synchronous Reluctance Motor in Electric Vehicles: a Focus on the Flux Weakening Capability," in IEEE Transactions on Transportation Electrification, 2022, doi: 10.1109/TTE.2022.3204435.

[Hetzl2016] Hetzel et al. "Les enjeux stratégiques des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques", Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

[Husain2021] I. Husain et al., "Electric Drive Technology Trends, Challenges, and Opportunities for Future Electric Vehicles," in Proceedings of the IEEE, vol. 109, no. 6, pp. 1039-1059, June 2021.

[Islam2020] J. Islam et al. "Different Traction Motor Topologies Used in E-mobility : Part I: Solutions without magnet", 2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM), 2020, pp. 131-137, doi: 10.1109/ICEM49940.2020.9270776.

[Riba2016] J-R Riba et al., Rare-earth-free propulsion motors for electric vehicles: A technology review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 57, 2016, Pages 367-379, ISSN 1364-0321, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.121.

[Schuller2022a] L. Schuller et al., "Dynamical Model of Residual Magnetism for Synchronous Reluctance Machine Control," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 69, no. 11, pp. 10926-10934, Nov. 2022, doi: 10.1109/TIE.2021.3127050.

[Schuller2022b] L. Schuller et al., "Voltage Control Based on a Non-Linear Load Observer for Synchronous Reluctance Generator," 2022 European Control Conference (ECC), 2022, pp. 1024-1030, doi: 10.23919/ECC55457.2022.9838259.

[Tinazzi2019] F. Tinazzi et al., "Classification and review of MTPA algorithms for synchronous reluctance and interior permanent magnet motor drives," 2019 21st European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '19 ECCE Europe), 2019, pp. P.1-P.10, doi: 10.23919/EPE.2019.8915144.

[Varatharajan] A. Varatharajan, G. Pellegrino and E. Armando, "Direct Flux Vector Control of Synchronous Motor Drives: Accurate Decoupled Control With Online Adaptive Maximum Torque Per Ampere and Maximum Torque Per Volts Evaluation," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 69, no. 2, pp. 1235-1243, Feb. 2022, doi: 10.1109/TIE.2021.3060665.

[Wang2022] Wang, Y. et al. "Comparative Study of Non-Rare-Earth and Rare-Earth PM Motors for EV Applications. Energies 2022, 15, 2711. doi: 10.3390/en15082711.

Informations pratiques

Le doctorant ou la doctorante sera hébergé au bâtiment Saint Exupéry à l'INSA de Lyon.

Le doctorat a une durée de 3 ans avec un financement de l'école doctorat EEA de l'Université de Lyon

Montant de la rémunération du doctorant contractuel à compter du 1^{er} octobre 2023 : 2 044,12 euros brut;

à compter du 1^{er} janvier 2024 : 2 100 euros brut ;

à compter du 1^{er} janvier 2025 : 2 200 euros brut ;

à compter du 1^{er} janvier 2026 : 2 300 euros brut.

Possibilité de cumuler avec des heures enseignements à effectuer au sein de l'INSA Lyon

Pour candidater envoyer CV + lettre de motivation à xavier.brun@insa-lyon.fr