

Proposition de sujet de thèse

Centrale Nantes – Groupe Renault

Sujet : Optimisation du Contrôle par MLI pour les Convertisseurs de Puissance dans les Groupes Motopropulseurs EV / HEV

Contexte et objectifs :

Les convertisseurs d'électronique de puissance sont largement utilisés dans les groupes motopropulseurs de véhicules électriques (EV) et hybrides EV (HEV). Comme les exigences des applications automobiles repoussent les limites des composants électriques (densité de puissance plus élevée, réduction des coûts, réduction du bruit et des vibrations, etc.), les algorithmes de contrôle des convertisseurs de puissance sont remis en question, incluant notamment l'optimisation des stratégies MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion).

Le sujet de thèse proposé traite de l'optimisation des stratégies MLI pour deux principaux convertisseurs de puissance dans un groupe motopropulseur électrique : l'onduleur du moteur de traction avec source de tension et le chargeur de batterie (redresseur bidirectionnel). Idéalement, ces convertisseurs sont conçus pour fournir des tensions et des courants avec des formes d'onde AC ou DC pures. Cependant, en raison de leur fonctionnement en mode commuté, ils génèrent des harmoniques qui dépendent de leur fréquence de commutation et de la fréquence d'onde fondamentale du système. Ces harmoniques, dans certains cas, comme le contrôle du moteur électrique à haute vitesse, peuvent interférer avec l'onde fondamentale et dégrader les performances du système. De plus, le choix de la fréquence de commutation est soumis à plusieurs contraintes, principalement :

- échauffement (pertes) : la fréquence de commutation ne peut pas dépasser un certain maximum,
- réduction du bruit et des vibrations acoustiques,
- compatibilité électromagnétique (CEM),
- minimisation des harmoniques basse fréquence pour les performances de contrôle.

L'étude inclura des convertisseurs à deux niveaux et à trois niveaux. Les algorithmes MLI seront développés en utilisant l'environnement de simulation Matlab / Simulink, et validés en utilisant l'outil de prototypage rapide dSPACE sur un banc d'essai.

Ce travail sera mené dans le cadre de la chaire entre Renault et Centrale Nantes. Des interactions avec d'autres thèmes (optimisation de la charge du véhicule par exemple) de la chaire sont possibles. Ce sujet s'inscrit également dans les thèmes majeurs retenus dans le cadre de l'action nationale du groupe de travail CSE (Commande des Systèmes Electriques) de l'inter GDR MACS/SEEDS du CNRS <http://www2.irccyn.ec-nantes.fr/CSE>.

Compétences requises :

- Contrôle des convertisseurs de puissance
- Algorithmes d'optimisation
- Commande des machines électriques AC
- Matlab/Simulink, prototypage rapide dSPACE.

Profil du candidat :

- Automatique : connaissances et compétences en algorithmes d'optimisation.
- Systèmes électriques : connaissances et compétences en convertisseurs statiques de puissance, machines électriques
- Le candidat doit être titulaire d'un Master Recherche 2 dans les domaines suivants : Commande des systèmes, Mathématiques Appliquées (optimisation), Systèmes électriques.

Contacts, financement, durée et début de la thèse :

Pr. Malek GHANES. Directeur de la chaire. Centrale Nantes, LS2N, CNRS UMR 6004

Tel : 02 40 37 69 13, Email : Malek.Ghanes@ec-nantes.fr

Le financement est disponible par la chaire.

Durée : 3 ans.

Début : 01/10/2019.

Références bibliographiques non exhaustives :

[1] D. G. Holmes et T. A. Lipo, *Pulse Width Modulation for Power Converters: Principles and Practice*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2003.

[2] J. Holtz et B. Beyer, « Optimal synchronous pulsewidth modulation with a trajectory-tracking scheme for high-dynamic performance », *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 29, n° 6, p. 1098-1105, nov. 1993.

[3] J. Holtz, « Pulsewidth modulation for electronic power conversion », *Proceedings of the IEEE*, vol. 82, n° 8, p. 1194–1214, août 1994.

[4] A. Bouarfa, « Méthodes de commande par allocation de convertisseurs statiques polyphasés, multi-niveaux —De la modélisation à la mise en œuvre temps-réel— », thèse de doctorat, Université de Toulouse, Université Toulouse III - Paul-Sabatier, Toulouse, France, 2017.

PhD Proposal

Centrale Nantes – Groupe Renault

Optimized PWM Control for Power Electronic Converters in EV/HEV Powertrains

Context and objectives:

Power Electronic Converters are widely used in electric vehicle (EV) and hybrid EV (HEV) powertrains. As the automotive application requirements are pushing the limits of the electrical components (higher power density, cost reduction, noise/vibration reduction, etc.), the control algorithms of the power converters are being challenged on several aspects, including the Pulse-Width Modulation (PWM) optimization.

The proposed thesis deals with the optimization of the PWM strategies of the two main power converters in an electric powertrain: the traction motor voltage source inverter (VSI), and the battery charger (bidirectional rectifier). Ideally, these converters are intended to deliver voltages and currents with pure AC or DC waveforms. However, due to their switched-mode operation, they generate harmonics that depend on their switching frequency and the system's fundamental wave frequency. These harmonics, in some cases such as high-speed electric motor control, can interfere with the fundamental component and degrade the performance of the system. Furthermore, the choice of the switching frequency is subject to several constraints, mainly:

- Heat (losses) constraint: switching frequency cannot exceed a certain maximum.
- Acoustic noise and vibration reduction.
- Electromagnetic compatibility (EMC) compliance.
- Minimization of the low-frequency harmonics for control performance.

The study will include two-level and three-level converters. The PWM algorithms will be developed using Matlab/Simulink simulation environment, and validated using rapid prototyping tool on the test bench.

This work will be carried out within the framework of the Chair between Renault and Centrale Nantes. Interaction with others topics of the chair (for instance, optimization of electric vehicle charging) is possible. It is one of the relevant scientific area addressed in the working group of the French CNRS GDR MACS and GDR SEEDS (Control of the Electrical Systems) <http://www2.irccyn.ec-nantes.fr/CSE>.

Required Skills:

- Power Electronic Converters Control
- Optimization Algorithms
- AC Machine Drives Control
- Matlab/Simulink, Rapid Prototyping

Candidate Profile:

- Automation: Knowledge and skills about optimization algorithms.
- Electrical systems: Knowledge and skills about power electronic converters and electric machines.
- The candidate must have a MS degree in Applied Mathematics (optimization), Control Systems, Electrical Systems.

Contacts:

Pr. Malek GHANES

Head of the Renault-CN Chair. Ecole Centrale Nantes (CN), LS2N, CNRS UMR 6004, Nantes, France

Tel: + 33 2 40 37 69 13. Email: Malek.Ghanes@ec-nantes.fr

Salary: Funding is available through the Chair.

Duration: 36 months.

Starting from 1/10/ 2019.

References:

- [1] D. G. Holmes and T. A. Lipo, *Pulse Width Modulation for Power Converters: Principles and Practice*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2003.
- [2] J. Holtz, “Pulsewidth modulation for electronic power conversion,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 82, no. 8, pp. 1194–1214, Aug. 1994.
- [3] J. Holtz and B. Beyer, “Optimal synchronous pulsewidth modulation with a trajectory-tracking scheme for high-dynamic performance,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 29, no. 6, pp. 1098–1105, Nov. 1993.
- [4] A. Bouarfa, “Méthodes de commande par allocation de convertisseurs statiques polyphasés, multi-niveaux —De la modélisation à la mise en œuvre temps-réel—,” phd thesis, Université de Toulouse, Université Toulouse III - Paul-Sabatier, Toulouse, France, 2017.