



Modélisation multiphysique d'un système {onduleur+machine+réducteur} pour une application aéronautique

Application aéronautique

Entreprise : Leroy-Somer

Laboratoire : Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance de Lille (L2EP)

Secteur d'application : Génie électrique

Encadrants : Abdelmounaim TOUNZI (abdelmounaim.tounzi@univ-lille.fr) , Ngac Ky NGUYEN (NgacKy.NGUYEN@ENSAM.EU), Dany PRIETO (dany.prieto@mail.nidec.com) , Mike MCCLELLAND (mike.McClelland@mail.nidec.com)

Profil recherché : ingénieur/master en génie électrique, connaissances en conception/modélisation de machines électriques/entraînements électriques

Contexte

La recherche d'une propulsion électrique d'avions à haute densité de puissance nécessite une approche holistique descendante. La taille et le poids du moteur électrique dépendent, dans un premier temps, du couple. Pour le même poids, un fonctionnement à grande vitesse permet d'augmenter la puissance du moteur mais au détriment d'un rapport de réduction plus élevé. Par ailleurs, à des vitesses élevées, les niveaux de tension risquent d'être élevés. Si la tension présente est plus faible, un courant plus élevé et un onduleur plus gros et plus lourd seront nécessaires.

Souvent, la tension du système est fixée par la source d'énergie principale telle que la batterie ou la pile à combustible. Dans ce cas, un compromis devra être trouvé entre la vitesse du moteur et la conception des enroulements. Cela aura inévitablement un impact sur le rapport de réduction final qui doit être convenu avec le partenaire aéronautique.

Une amélioration supplémentaire de la densité de puissance peut être obtenue en utilisant un moteur électrique à nombre de pôles plus élevé. Dans ce cas, les effets de la fréquence sur le circuit magnétique du moteur devra être atténué au travers d'un choix de la qualité des matériaux magnétiques et en utilisant une fréquence de commutation de puissance plus élevée et des dispositifs de commutation de puissance plus rapides tels que les MoSFET SiC. Ce dernier point peut alors conduire à un dépassement important des tensions aux bornes d'entrée du moteur et donc à la nécessité d'un système d'isolation qui évite les décharges partielles ou une réduction de la fiabilité et de la durée de vie. Ces tensions plus élevées entraînent des épaisseurs d'isolation plus importantes avec un échange thermique plus faible et une réduction conséquente de la densité de puissance.

La tolérance aux pannes est assurée par plusieurs onduleurs triphasés qui ont l'avantage supplémentaire de partager la puissance totale du moteur. Le nombre maximum d'onduleurs dépendra

également du nombre de pôles du moteur et du nombre d'encoches du stator, i.e le nombre d'étoiles triphasées obtenu avec un certain nombre d'enroulements.

Objectifs de thèse

Le sujet de thèse concerne la modélisation multiphysique et le dimensionnement d'une machine synchrone à aimants permanents (MSAP) pour une application aéronautique, en tenant compte de son intégration dans le système {onduleur + machine + réducteur}. Pour cela, les travaux de thèse doivent proposer des modèles adéquats pour les autres composants du système. Le dimensionnement, fortement dépendant des exigences de l'application ciblée, devra par conséquent respecter le cahier des charges suivant :

- Machine multi-phasée : N fois 3-phases
- N onduleurs 3-phasés
- Forte puissance mécanique

L'objectif de ce projet est d'étudier l'interaction des composants du système : les compromis entre le nombre de pôles du moteur (fréquence de commutation), la vitesse du moteur, le nombre d'onduleurs (le nombre de N fois 3-phases du moteur), la tension du système et le rapport de réduction. L'impact global sur le poids du système ne peut être obtenu qu'après une optimisation de la conception du moteur, du variateur et du réducteur. La conception et l'optimisation du moteur en tenant compte de l'onduleur seront incluses dans la portée du projet. Le dimensionnement du système doit assurer un choix optimal de tous les composants (onduleur, machine et réducteur) et une maximisation de la puissance massique du système machine - onduleur.

Bibliographie

- [1] M. McClelland, « *The Inverter-Fed Synchronous Reluctance Motor with Rotor-Position Feedback* », Thèse de doctorat, University of Leeds, soutenue en 1994.
- [2] D. Prieto, « *Modélisation et optimisation des machines synchro-réductantes à aimants permanents et de leur électronique* », Thèse de doctorat, Supélec, soutenue en 2015.
- [3] J. Marault, P. La Delfa, F. Gillon, M. Hecquet, A. Tounzi, "*Optimization of machine winding to mitigate the magneto motive force harmonic content*", OIPE 2018, 09/2018
- [4] T.J. Dos Santos Moraes, N.K. Nguyen, E. Semail, F. Meinguet, M. Guerin, "*Dual-Multiphase Motor Drives for Fault-Tolerant Applications: Power Electronic Structures and Control Strategies*", Transaction on Power Electronics , January 2018, Vol 33, n°1, pp572-580, issue 1941-0170; pp 572-580, DOI : 10.1109/TPEL.2017.2671907