

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072

Titre : ETUDE DES PERTES EN EXTREMITÉ DE TURBO-ALTERNATEURS

Financement prévu : CIFRE EDF R&D

Directeur de thèse : Abdelkader Benabou

E-mail : abdelkader.benabou@univ-lille.fr

Co-directeur de thèse : Yvonnick Le Menach

E-mail : yvonnick.le-menach@univ-lille.fr

Laboratoire : Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance (L2EP) de Lille - EA 2697

Equipe : Outils et Méthodes Numériques

Descriptif :

L'efficacité énergétique des machines électriques repose en très grande partie sur les propriétés de leur circuit magnétique. En effet, celui-ci est le vecteur de la conversion électromagnétique de l'énergie et les propriétés des matériaux magnétiques qui le constituent doivent permettre une conversion optimale de l'énergie avec, en particulier, des pertes fer réduites. Les outils de conception et/ou d'étude des machines électriques permettent généralement d'avoir une bonne estimation de ces pertes fer dans la partie active d'une machine, à savoir dans la partie du circuit magnétique où le flux magnétique circule dans le plan des tôles. Dans ce cas, il est souvent possible d'avoir une approche bidimensionnelle du comportement magnétique. Néanmoins, pour réaliser une étude plus fine du comportement global du circuit magnétique, notamment pour prendre en compte des contraintes de fonctionnement sévères qui seront décrites par la suite, il est nécessaire de considérer les phénomènes d'extrémités (plateaux de serrage, têtes de bobines ...) qui n'entrent plus dans le cadre des hypothèses bidimensionnelles.

Ainsi, le travail de thèse proposé porte sur le calcul des pertes d'origine électromagnétique au niveau des extrémités du circuit magnétique des alternateurs de très forte puissance. Les méthodologies qui seront développées dans le cadre de cette thèse pourront être également exploitées pour les circuits magnétiques de matériels électriques soumis à une composante axiale de l'induction.

Contexte et problématique industrielle :

Le contexte d'exploitation des alternateurs de très forte puissance a fortement évolué ces dernières années. On notera notamment l'apparition d'un nouveau code du réseau électrique européen et l'intermittence des nouveaux moyens de production qui entraînent des contraintes thermiques supplémentaires sur les extrémités des alternateurs. Ces contraintes sont la conséquence de variations de tension et/ou de fréquence devenues plus importantes et plus récurrentes, entraînant ainsi une augmentation des flux de fuites aux extrémités des machines électriques et donc des pertes fer dans ces zones. Afin d'étudier et de prédire le comportement des équipements sollicités dans ces conditions de fonctionnement, il devient primordial de disposer d'outils numériques fiables et précis pour représenter les phénomènes électromagnétiques à l'origine de ces échauffements. Néanmoins, à l'aide des outils actuels, la modélisation des phénomènes d'extrémités reste difficile, notamment pour l'estimation de l'induction axiale et des pertes fer dans le circuit magnétique. Ceci est d'autant plus difficile que, d'une part, les matériaux présentent souvent un comportement magnétique fortement non-linéaire et anisotrope et, d'autre part, les phénomènes mis en jeu conduisent à une problématique de nature multi-échelle associée à la taille du problème à résoudre.

D'un point de vue industriel, il devient nécessaire d'accélérer la phase de mise au point et d'exploitation des modèles numériques tridimensionnels. Ceci doit s'accompagner d'une adaptation de la finesse de modélisation pour prendre en compte les principaux phénomènes physiques intervenant dans l'estimation des inductions et des pertes, en considérant l'aspect précision/temps de mise au point et de calcul. Il sera alors possible avec un tel outil numérique d'estimer la variation des pertes associées aux réglages tension/fréquence qui ont un impact direct sur la durée de vie des composants et sur les coûts de maintenance.

Objectifs :

Le programme de la thèse est divisé en quatre phases progressives permettant d'aboutir à la modélisation d'un alternateur de forte puissance répondant à l'objectif de fiabilité, précision et rapidité d'exploitation du modèle.

- Etude bibliographique sur les aspects loi comportement magnétique et pertes fer.
Ce travail sera réalisé à la fois pour une induction « classique » dans le plan des tôles mais devra également synthétiser les travaux existants pour une induction quelconque.
- Développement et exploitation du dispositif expérimental réduit.
L'objectif de ce travail est de définir, à partir des travaux antérieurs, une maquette expérimentale, permettant de représenter le comportement de tôles en présence de champ magnétique quelconque en direction et intensité, puis d'exploiter les mesures issues de ce moyen expérimental pour établir des modèles de loi de comportement matériaux et de pertes fer.
- Développement d'un modèle numérique.
Le code de calcul du laboratoire sera exploité pour mener à bien cette phase de travail. Plusieurs points seront abordés pour les aspects numériques, à savoir :
 - la mise en œuvre et la validation de méthodes numériques permettant d'accélérer les calculs, tout en conservant la représentativité des modèles d'un point de vue magnétique,
 - la validation du modèle dédié à partir du modèle fin et des mesures expérimentales.
- Modélisation de la machine complète.
La dernière phase du travail sera consacrée à l'application de la méthodologie et des outils développés au cas d'une machine complète. Une méthodologie sera mise en place afin de faciliter l'estimation de l'effet des régimes de fonctionnement sur les pertes en extrémité.