



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur

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



Titre : Méthodes d'analyse haute fréquence des contraintes inter-spires dans les bobinages des machines électriques.

Financement prévu : Contrat doctoral
Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Guillaume Parent

E-mail : guillaume.parent@univ-artois.fr

Co-directeurs de thèse : Christophe Geuzaine (Université de Liège – Belgique) - Stéphane Duchesne

E-mail : cgeuzaine@uliege.be - stephane.duchesne@univ-artois.fr

Laboratoires :

Laboratoire Systèmes Électrotechniques et Environnement (LSEE) – EA 4025

Applied and Computational Electromagnetics (ACE)

Equipes :

Descriptif :

Depuis plusieurs années le LSEE a mis au point des modèles Hautes Fréquences (HF) de bobinages des machines permettant de calculer la distribution des contraintes électriques à l'intérieur de ces derniers. Les modèles développés reposent sur l'utilisation d'éléments discrets R, L et C pour modéliser les phénomènes électromagnétiques. Ces éléments peuvent être mesurés directement avec une méthode d'étalonnage sur des bobines existantes, mais ils peuvent également être déterminés a priori à l'aide de modélisations par la méthode des éléments finis.

Ces modèles souffrent encore actuellement d'un défaut majeur : leurs éléments constitutifs ont une valeur fixe alors que l'amplitude des phénomènes qu'ils représentent varient en fonction de la fréquence. Cette problématique est encore plus critique dans le cas des effets capacitifs puisque ces derniers sont systématiquement évalués en statique.

Le travail proposé aura pour objectif de prendre en compte la dépendance à la fréquence des phénomènes résistifs, inductifs et capacitifs apparaissant dans un bobinage de machine électrique. En ce qui concerne les effets résistifs et inductifs, des travaux antérieurs ont mis en place des outils permettant de les évaluer à une fréquence donnée. Il s'agira donc, dans ce travail, de déterminer une loi d'évolution permettant la généralisation desdits outils à toutes les fréquences d'une bande donnée. En ce qui concerne les effets capacitifs, il s'agira de déterminer, d'une part, dans quelle mesure ils dépendent de la fréquence et, d'autre part, à partir de quelle limite ils deviennent prépondérants sur les effets résistifs et inductifs.

L'objectif final du travail est d'établir un outil permettant d'évaluer a priori les contraintes inter-spire apparaissant dans une bobine.

Objectifs :

Le premier objectif de ce travail concerne le développement d'outils permettant de prendre en compte la dépendance paramètres du modèle représentant les effets résistifs, inductifs et capacitifs par rapport à la fréquence. En ce qui concerne les deux premiers effets, les méthodes développées dans le cadre de travaux de thèse réalisés précédemment au LSEE et qui permettent déjà de les déterminer à une fréquence donnée. Il s'agit maintenant d'établir les lois régissant ce comportement en fonction de la fréquence.



Le deuxième objectif de ces travaux concerne les effets capacitifs. En effet, dans la littérature, ces derniers sont systématiquement évalués dans le cadre d'études statiques, c'est-à-dire sous excitation continue. Il s'agira, dans un premier temps, de déterminer dans quelle mesure ils sont influencés par la fréquence d'excitation puis, dans un second temps, de quantifier leur influence par rapport aux phénomènes résistifs et inductifs en haute fréquence.

Déroulement :

La thèse se déroulera en cotutelle entre les laboratoires LSEE de l'université d'Artois et ACE de l'université de Liège. Aussi, le travail sera mené à parts égales au sein des deux laboratoires.

Références bibliographiques :

- [1] P. Werynski, "Vieillessement des diélectriques et surveillance in situ des machines électriques", thèse de doctorat, Université d'Artois 2006.
- [2] S. Savin, "Nouvel indicateur de vieillissement de l'isolation inter-spores des machines électriques utilisées en aéronautique", thèse de doctorat, Université d'Artois, 2013.
- [3] J. Moenclay, "Méthode de conception des bobinages des actionneurs électriques adaptés aux nouvelles contraintes de l'avionique", thèse de doctorat, Université d'Artois, 2015.
- [4] M. Toudji, "Développement de méthodes d'analyse des contraintes sur les isolants inter-spores des bobinages des machines électriques", thèse de doctorat, Université d'Artois, 2017.
- [5] F. Paschen, "Ueber die zum Funkenübergang in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure bei verschiedenen Drucken erforderliche Potentialdifferenz," *Ann. Phys.*, vol. 273, no. 5, pp. 69–96, 1889.
- [6] M. Toudji, G. Parent, S. Duchesne and P. Dular, "Determination of Winding Lumped Parameter Equivalent Circuit by Means of Finite Element Method," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 53, no. 6, pp. 1–4, Jun. 2017.
- [7] S. Guenneau, A. Nicolet, F. Zolla, C. Geuzaine, and B. Meys, "A finite element formulation for spectral problems in optical fibers," *COMPEL - Int. J. Comput. Math. Electr. Electron. Eng.*, vol. 20, no. 1, pp. 120–132, Mar. 2001.
- [8] H. de Gersem, O. Henze, T. Weiland, and A. Binder, "Transmission-line modelling of wave propagation effects in machine windings," in *2008 13th International Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 2008*, 2008.