

Sciences pour l'Ingénieur Génie Electrique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Machine électrique fonctionnant à haute température utilisant un fil de cuivre émaillé par voie sol-gel

dirigés par Monsieur Stéphane DUCHESNE et Monsieur Gabriel VELU

Soutenance prévue le **vendredi 03 décembre 2021** à 10h00

Lieu : Faculté des Sciences Appliquées Technoparc FUTURA, Rue Gérard Philippe 62400 Béthune

Salle : Prestige

Composition du jury proposé

M. Stéphane DUCHESNE	Université d'Artois	Directeur de thèse
M. Petru NOTINGHER	Institut d'Electronique et des Systèmes - UMR 5214, Université de Montpellier	Rapporteur
M. Guillaume KREBS	GeePs - CentraleSupélec	Rapporteur
Mme Sabrina AYAT	Safran Tech	Examinatrice
M. David MALEC	Université Paul Sabatier Toulouse III	Examineur
M. Melaine DESVAUX	Université Paris Saclay - Laboratoire SATIE	Examineur
M. Phillipe FREZEL	GREEN ISOLIGHT INTERNATIONAL	Invité
M. Gabriel VELU	Université d'Artois	Invité

Résumé :

L'une des solutions pour améliorer la puissance massiques et volumique des machines électriques tournantes est d'augmenter la densité de courant qui parcourt leur bobinage, ce qui, par conséquent, accroît significativement les températures de fonctionnement. Les matériaux isolants organiques (polymères) ne sont utilisables durablement qu'à des températures inférieures de 240°C, ce qui limite la marge de manœuvre offerte. Les matériaux isolants inorganiques ont, quant à eux, une capacité à travailler dans des environnements thermiques très contraints jusqu'à des températures de l'ordre de 500°C. Malheureusement, leurs caractéristiques mécaniques, indispensables à l'opération de bobinage, sont assez médiocres. Cela impose de repenser la machine électrique en profondeur et de changer la structure des bobines afin d'obtenir des moteurs compacts capables de travailler à des températures élevées. Ce travail de thèse porte sur l'application d'un nouveau procédé de synthèse des isolants, le sol-gel, à l'émaillage d'un fil de cuivre destiné au bobinage d'une machine électrique. Le principal atout est de conserver une structure de machine relativement classique tout en permettant d'augmenter significativement les températures de travail. Ce procédé permet d'obtenir des composants hybrides (organiques et inorganiques), d'augmenter la tenue de température et de garantir la souplesse mécanique indispensable aux opérations de bobinage. Des expérimentations ont été réalisées afin de valider le processus de dépôt de la couche isolante sur le cuivre via le procédé sol-gel. Divers prototypes de fils, utilisant différents composés sol-gel, ont été analysés et plusieurs caractéristiques mécaniques, électriques, et thermiques ont été relevées. Des comparaisons de ces caractéristiques avec celles obtenues sur un fil organique classique (PEI, PAI), permettent de conclure quant à l'efficacité du procédé sol-gel pour le développement de machines hautes-températures. Les résultats montrent que la technologie est prometteuse, les produits testés ont permis d'envisager un fonctionnement continu dans une gamme de 300°C à 350°C. Le compromis entre les caractéristiques diélectriques, mécaniques et thermiques est délicat à trouver mais les essais réalisés ont montré la faisabilité tant au niveau du processus de fabrication qu'au niveau des performances obtenues. La seconde partie du travail a été consacrée à une étude théorique permettant de quantifier l'impact de l'utilisation de ce nouveau fil sur la puissance massique d'une machine montant en température, l'objectif étant de trouver un optimum permettant de ne pas dégrader le rendement. Une analyse de dimensionnement à la fois électrique et thermique a été menée sur plusieurs topologies de machines électriques afin de tester la capacité de chacune à travailler à température élevée. Une machine asynchrone, une machine synchrone, ainsi qu'une machine à réluctance variable ont donc été étudiées. A partir de ces études, nous avons pu établir une classification des topologies pertinentes pour une montée en température et nous avons confirmé l'importance de la prise en compte des effets de la température durant la phase de conception.