

**DÉVELOPPEMENT ET ANALYSE DES PERFORMANCES DE FILS ÉMAILLÉS SOL-GEL / POLYMÈRE
EN VUE D'APPLICATIONS HAUTE TEMPÉRATURE DANS LES MACHINES ÉLECTRIQUES**

**DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF ENAMELED SOL-GEL / POLYMER
WIRES FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS IN ELECTRICAL MACHINES**

Établissement **Université d'Artois**

École doctorale **Sciences, Technologie, Santé**

Spécialité **Sciences pour l'Ingénieur Génie Electrique-25DSI3**

Unité de recherche **LSEE - Laboratoire Systèmes Electrotechniques et Environnement**

Encadrement de la thèse **Gabriel VELU**

Financement du 06-04-2020 au 02-04-2023 *origine* **Fonds Européens INTERREG** *Employeur* **Université d'ARTOIS**

Début de la thèse le **1 octobre 2020**

Date limite de candidature **1 novembre 2020**

C O N T A C T

VELU Gabriel

 gabriel.velu@univ-artois.fr

(mailto:gabriel.velu@univ-artois.fr)

 0675944348

Mots clés - Keywords

Haute température, émaillage, sol gel, vieillissent

High temperature, enameling, sol-gel, aging

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Master ou Diplôme d'ingénieur en Génie Electrique (idéalement en relation avec les matériaux diélectriques) ou dans le domaine des Matériaux.

approche expérimentale souhaitée

Master or Engineer diploma in Electrical Engineering (ideally in relation to dielectric materials) or in the field of Materials.

experimental approach is desired

Description de la problématique de recherche - Project description

L'objectif de cette étude est de proposer une solution innovante pour la conception de fils émaillés pour moteurs à base de sol gel associé à une extrusion sans solvant assurant une efficacité énergétique optimale et des tenue en température et en tension performantes.

Les principales phases prévues pour cette étude sont les suivantes :

- Analyse de la problématique de l'émaillage des fils électriques.
- Analyse du problème lié à la montée en température de l'utilisation des fils émaillés classiques.
- Etude bibliographique sur l'amélioration du rendement des machines électriques
- Identification des différentes combinaisons possibles de réalisation de fils émaillé à base de sol gel
- Définition des protocoles d'essais pour l'étude des caractéristiques diélectriques et mécaniques des nouveaux fils émaillés proposés.
- Réalisation des mesures des caractéristiques diélectriques et mécanique sur différentes combinaisons d'isolants puis sélection de l'isolant à conserver pour la suite de l'étude.
- Définition du protocole d'essai pour la détermination de l'indice de température du nouveau fil. Les températures de transition (fusion, transition vitreuse..) déterminées dans la phase précédente, fixeront la température maximale du cycle thermique et l'énergie d'activation sera utilisée pour la détermination de la durée de vie de l'isolant.
- Définition du protocole de vieillissement électrique du nouveau fil.
- Réalisation des essais de vieillissement électrique et détermination de la durée de vie.
- Réalisation du bobinage d'une nouvelle machine en utilisant le nouveau fil émaillé.
- Mesures des caractéristiques diélectriques du bobinage sous contraintes thermiques et/ou électrique et comparaison à l'existant.

- Etudes des performances d'une machine électrique réalisée avec ce nouveau bobinage et comparaison à l'existant.
- Analyse du cycle de vie et comparaison à l'existant.

The objective of this study is to propose an innovative solution for the design of enameled wires for motors based on sol gel combined with a solvent-free extrusion ensuring optimal energy efficiency and high temperature and voltage withstand.

The main phases planned for this study are as follows:

- Analysis of the problem of enameling electrical wires.
Analysis of the problem related to the rise in temperature of the use of conventional enameled wires.
- Bibliographic study on improving the efficiency of electric machines
- Identification of the different possible combinations of enameled wires based on sol gel
- Definition of test protocols for the study of the dielectric and mechanical characteristics of the proposed new enameled wires.
- Carrying out measurements of dielectric and mechanical characteristics on different combinations of insulators and then selecting the insulator to keep for the rest of the study.
- Definition of the test protocol for the determination of the temperature index of the new wire. The transition temperatures (melting, glass transition, etc.) determined in the previous phase, will set the maximum temperature for the thermal cycle and the activation energy will be used to determine the life of the insulation.
- Definition of the electrical aging protocol for the new wire.
- Carrying out electrical aging tests and determining the service life.
- Winding of a new machine using the new enameled wire.
- Measurements of the dielectric characteristics of the winding under thermal and / or electrical constraints and comparison with the existing one.
- Study of the efficiency of an electric machine made with this new winding and comparison with the existing one.
- Life cycle analysis and comparison with existing equipment

Thématique / Domaine / Contexte

Isolation des fils émaillés tenue en température et tension

1) électrique 2) matériaux isolants pour les conducteurs

Le LSEE est un laboratoire de génie électrique situé à BETHUNE et dépend de l'Université d'Artois. Ses principales actions portent sur les machines électriques et leur composants, dans ce cadre la thèse s'inscrit dans l'amélioration des performances des machines tant sur le plan de la tenue en température, de la tenue à la tension que de son rendement énergétique.

Depuis plusieurs années le LSEE contribue à améliorer la réduction de l'impact environnemental de la machine électrique.

C'est dans ce cadre qu'il a souhaité participer aux projet interreg HI-ECOWIRE.

plusieurs partenaires sont des concepteur de machines électriques, parmi eux un constructeur d'éolienne à axe verticale, dans le cadre de la thèse attention particulière se portée sur la génératrice de cette éolienne à attaque directe, l'étude de son bobinage permettra d'envisager qu'elle puisse fonctionner en acceptant de fortes accélérations liées aux bourrasques de vents et donc aux montées brutales des courants qui par la suite produisent l'augmentation de la température de la machine.

avant cela l'étude de l'isolant permettra de qualifier les matériaux mis ne oeuvre en fonction des normes existantes mais non définies pour les températures élevées.

dans cette phase de développement, le LSEE possède sa propre ligne d'émaillage et prévoit l'intégration de l'équipement complémentaire d'extrusion pour ce projet.

les études antérieures menées par le laboratoire ont montré l'intérêt apporté par les solutions sol gel en terme de tenue en température de l'isolation, l'extrusion apportera en seconde couche une meilleur tenue mécanique et diélectriques indispensable à l'industrialisation du bobinage. Enfin la thèse s'inscrit à la suite de travaux doctoraux finalisés ou en cours sur cette thématique en pointe pour le Laboratoire.

Objectifs

Développer un fil isolé permettant d'augmenter les performances des machines électriques et mise en application sur un prototype pour éolienne verticale.

Résultats attendus - Expected results

Process isolations de fils par sol-gel+extrusion
Prototype génératrice d'éolienne à attaque directe.
Analyse de cycle de vie associé au nouveaux fils

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Sonia Ait Amar (MCF) participe en qualité de co-encadrante dans un ratio de 50%

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Projet Financé par l'Europe, dans le contexte de soutien aux industries innovantes, le soutien financier comprend en plus du salaire du doctorant, les moyens expérimentaux et les besoins de fonctionnement.

Le laboratoire a pour politique de publication de permettre à ses doctorants de participer aux conférences nationales et internationales pour maintenir un rayonnement indispensable à la qualité de la thèse.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Le travail mené durant la thèse a pour objectif de démontrer la faisabilité de plusieurs fils innovants, ces nouvelles structures sont susceptible de mener à un dépôt de brevets, les résultats espérés seront quand à eux d'un point de vue diélectrique publiés dans les revues usuelles de la thématique.

Collaborations envisagées

Interne au projet avec :

MATERIA NOVA de l' Université de Mons (B),

National University of Ireland Galway (Ir),

Hochschule Esslingen, Institute für Nachhaltige Energietechnik und Mobilität (D).

Ouverture Internationale

Le sujet est proposé dans le cadre d'un projet INTERREG regroupants 12 partenaires, provenant d' Italie, d'Allemagne, de Belgique, d'Irlande et de France. le candidat sera amené à discuter avec plusieurs partenaires et à échanger sur le plan scientifique avec les principaux acteurs du projet.

Références bibliographiques

- 1) W. BOUGHANMI. 'Eco-conception des motorisations électriques'. Thèse de Doctorat en Génie Electrique de l'Université d'Artois, soutenue le 30 Nov. 2013. Partenaire Industriel : EDF R&D. Financement : ADEME – EDF R&D.
- 2) Serghei SAVIN. 'Nouvel indicateur de vieillissement de l'isolation inter-spires des machines électriques utilisées en aéronautique' Thèse de Doctorat en Génie Electrique de l'Université d'Artois, soutenue le 25 juin 2013. Financement : contrat ISS power & Control (AIRBUS).
- 3) W. BOUGHANMI, J.P. MANATA, D. ROGER, T. JACQ, F. STREIFF, " Intermittent duty of induction machine: Investigations of energy efficiency for environmental impact minimization ", 6th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2012), Page(s): 1 – 7, Bristol, United Kingdom, mars 2012.
- 4) S. AIT AMAR, D. ROGER, G. VELU, M. BEN FATALLAH, A. HABAS, J-P. HABAS, P. NOTINGHER, P. FREZEL, "Dielectric Parameters Study of insulation Wire Free of Volatile Organic Compound", CEIDP 2012 : IEEE Annual Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Montréal (Canada), october 2012, pp 866-869 2012.
- 5) G. VELU, S. DUCHESNE, D. ROGER, Windings friendly environmental, European Journal of Electrical Engineering, Vol 17/5-6, pp. 277-290, 2014.

Dernière mise à jour le 6 avril 2020