

STRUCTURES NON CONVENTIONNELLES, CONCEPTION ET APPLICATIONS DANS LE GÉNIE ÉLECTRIQUE

Les avancées technologiques dans le domaine du génie électrique s'accroissent, portées par des innovations structurelles et matérielles. Les structures non conventionnelles redéfinissent les approches traditionnelles de conception des systèmes électriques, offrant des solutions adaptées aux défis actuels tels que l'optimisation des performances énergétiques, la durabilité et la compacité. Parmi les innovations notables, la fabrication additive ouvre la voie à des conceptions inédites, notamment pour les cœurs magnétiques ou les bobines isolées, rendant possible une personnalisation et une complexité géométrique inégalées.

En parallèle, l'exploitation des tôles magnétiques à grain orienté (GO), traditionnellement utilisées dans les transformateurs, étend son potentiel aux machines électriques grâce à des configurations optimisées. Enfin, la quête d'efficacité englobe également les méthodes numériques comme l'Optimisation par Répartition de Matières, une stratégie innovante pour maximiser le rendement des machines tout en tenant compte des contraintes mécaniques et thermiques. Ces travaux témoignent de la synergie entre recherche académique et besoins industriels, pour imaginer les systèmes électriques de demain.

Structures adaptées à l'intégration de tôles à grain orientés

Par J. Lecoite, enseignant-chercheur à l'Université d'Artois



Du fait de leur propriété magnétique très anisotrope, les aciers électriques Fer-Silicium à Grains Orientés (GO) sont parfaitement adaptés aux circuits magnétiques de transformateurs car le champ magnétique s'y établit de manière unidirectionnelle. Utiliser de telles tôles dans les machines électriques tournantes dans lesquelles le champ présente une orientation variable requiert de concevoir des structures adaptées. Les machines conventionnelles dont le circuit magnétique est composé d'un empilement de tôles statoriques peut être réalisé en décalant spatialement les tôles découpées d'une seule pièce.

D'autres configurations consistent à segmenter le circuit magnétique afin de magnétiser les différentes portions du circuit dans la direction de facile aimantation. Des modifications topologiques plus profondes sur les machines radiales ou axiales sont possibles pour optimiser l'intégration des tôles. Par exemple, les circuits magnétiques de machines à flux axial offrent la possibilité de bénéficier des propriétés excellentes des tôles GO en termes de pertes fer, de perméabilité et d'induction à saturation, ce qui peut conduire à une amélioration des performances des moteurs en termes de couple électromagnétique ou de rendement. Atout fort intéressant pour les applications de mobilité : l'induction à saturation élevée rend possible la réduction des masses et des volumes, ce qui a un impact sur la puissance massique et sur le couple volumique.

Enfin, ces matériaux sont capables de fonctionner à des températures élevées en maintenant de bonnes performances : ils sont donc adaptés à des besoins nécessitant une montée en température imposée soit par l'environnement ou par l'augmentation de la densité de courant, cette dernière contribuant également à améliorer la puissance massique.

Le mot du Comité

par A. Ammar, co-responsable de l'axe
Convertisseurs d'énergie intelligents



Dans ce MEDEE FOCUS, nous mettons en avant la thématique des actionneurs électromagnétiques non conventionnels, au cœur de l'axe 2 « Convertisseurs d'énergie Intelligents » du comité scientifique du pôle MEDEE.

Le développement de structures innovantes représente un levier essentiel pour répondre à des besoins spécifiques liés à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la réduction des matières premières dans les systèmes de conversion d'énergie. Des défis relevés depuis des années par les membres de MEDEE, avec des innovations allant du petit actionneur de volet roulant au grand générateur éolien !

Conception Générative et Fabrication Additive : Vers des Designs Innovants pour les Machines Électriques

Par S. Vivier, maître de conférences



La fabrication additive connaît un développement actuel important et bien concret. Dans le contexte des machines électriques, elle permet de créer des volumes de toutes formes, et de toutes matières comme notamment les noyaux ferromagnétiques, les cœurs conducteurs des bobines et leur isolation électrique extérieure. Malgré quelques limitations, les procédés d'impression 3D permettent la fabrication d'objets de formes complexes, souvent impossibles à réaliser par des moyens classiques. Pour exploiter ces nouvelles possibilités, les méthodes numériques de conception des machines doivent être adaptées.

Des travaux actuels réalisés au laboratoire Roberval, proposent de générer le plus librement possible de nouvelles structures d'actionneurs, grâce à l'optimisation par « Répartition de Matières » (ORM).

L'ORM est une variante de l'optimisation topologique (OT) qui cherche à répartir spatialement les différents matériaux constitutifs des machines électriques (fer, cuivre, aimants), afin d'améliorer le plus possible ses performances (rendement, refroidissement, tenue mécanique, ...).

Cette approche d'optimisation est donc utilisée ici dans un contexte de conception générative, afin de créer ex nihilo des designs potentiellement novateurs et « non conventionnels » de machines électriques.

Utilisation de bobinages dentaires pour des machines asynchrones à cage d'écureuil

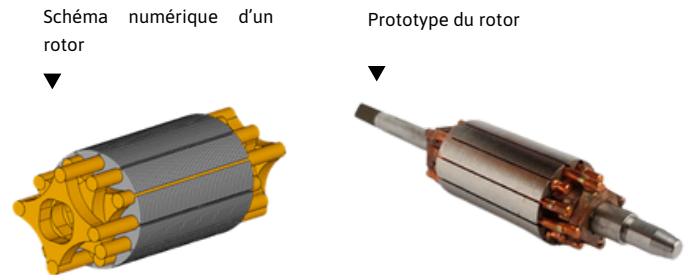
Par A. Tounzi, enseignant-chercheur à l'Université de Lille



Les machines asynchrones à cage sont bien connues pour leur robustesse et leur fiabilité. Les bobinages dentaires sont, quant à eux, très attractifs dans une optique de réduction des têtes de bobines de machines électriques et par la même de la quantité de cuivre utilisée et des pertes Joule. Si l'utilisation de ce type de bobinage devient courante dans diverses topologies de machines synchrones, le contenu harmonique de la force magnéto motrice qu'il génère n'est pas compatible avec un fonctionnement efficace de machines à cage. Cela crée plusieurs courants harmoniques au rotor qui grèvent de manière forte les performances de la machine.

Une solution consiste à éliminer l'harmonique le plus problématique ainsi que ses multiples. Dans cette optique, des travaux sur l'investigation de l'utilisation de bobinages dentaires dans des machines asynchrones à cage ont été menés au L2EP avec une collaboration avec la société SOMFY.

Il a été montré que l'utilisation de plusieurs cages rotoriques imbriquées, avec un nombre de barres égal au rang de l'harmonique à éliminer, aboutit à des performances quasi-identiques à celles d'une machine classique à bobinage distribué de même géométrie statorique. Les images ci-dessous montrent la machine conçue, dimensionnée et testée avec de très bonnes performances



RelAxGO et NSCE P3 : collaboration et interdisciplinarité pour l'avenir des systèmes énergétiques

Dans un contexte où la transition énergétique s'impose comme une priorité mondiale, des projets tels que RelAxGO et NSCE P3 témoignent de la capacité de la recherche collaborative à répondre aux enjeux technologiques et environnementaux contemporains. Soutenus par des structures comme MEDEE et la Région, ces projets illustrent non seulement l'importance d'une approche partenariale forte, mais aussi l'impact des outils collaboratifs pour faire progresser l'innovation au service des systèmes énergétiques de demain.

• RelAxGO - Reliable and Accelerated Grid Optimization

Le projet RelAxGO, vise à optimiser la fiabilité et les performances des réseaux électriques grâce à des méthodes avancées de simulation et de modélisation. Reposant sur une collaboration étroite entre plusieurs laboratoires académiques et universités, RelAxGO s'inscrit dans une dynamique visant à renforcer l'efficacité énergétique tout en répondant aux exigences croissantes des réseaux modernes.

Les différents partenaires de RelAxGO apportent leurs compétences spécifiques pour relever des défis complexes. L'interaction entre universités et laboratoires permet de créer des synergies uniques, facilitant le transfert de technologies depuis les environnements académiques vers des applications industrielles concrètes. Ce projet incarne la force de la collaboration dans la résolution des problématiques liées à l'énergie et offre des opportunités clés pour accélérer la mise en œuvre de solutions à fort impact technologique.

• NSCE P3 : Nouveaux Systèmes de Conversion d'Énergie

Le projet NSCE P3 se distingue par une approche intégrée et interdisciplinaire, réunissant les travaux sur les matériaux innovants et les systèmes intelligents de conversion d'énergie. La transversalité entre ces deux axes constitue l'essence même de NSCE P3. Les travaux menés sur les matériaux et composants trouvent une application directe dans le développement des convertisseurs intelligents.

En retour, les besoins identifiés lors de la conception des convertisseurs nourrissent les recherches amont sur les matériaux. Cette boucle d'innovation, inspirée par une collaboration interdisciplinaire, garantit une optimisation globale, depuis la performance des composants jusqu'à leur intégration dans des systèmes complexes.

Les projets RelAxGO et NSCE P3 illustrent pleinement la pertinence des projets collaboratifs soutenus par des structures comme MEDEE. Ces initiatives créent un cadre propice à l'innovation et au transfert technologique. En soutenant ces initiatives, MEDEE joue un rôle déterminant dans la structuration des filières de recherche en génie électrique, renforçant la compétitivité territoriale et positionnant la région comme un acteur clé de l'innovation énergétique.

Grâce à une articulation fluide entre différents acteurs ces projets ouvrent la voie à des solutions innovantes capables de transformer durablement les systèmes énergétiques de demain

Défis et perspectives : Lever les freins pour révolutionner la conception des machines électriques

Pour exploiter pleinement le potentiel des structures non conventionnelles en génie électrique, plusieurs verrous doivent être levés. Parmi eux, l'amélioration des outils de simulation pour mieux intégrer les comportements anisotropes des matériaux comme les tôles GO, l'optimisation des topologies complexes en tenant compte des contraintes électromagnétiques et thermiques, et le développement de méthodes de fabrication adaptées.

L'un des défis majeurs réside dans la compatibilité entre ces avancées et les procédés industriels, notamment la fabrication additive, qui impose des limites en termes de précision, de reproductibilité et de choix de matériaux. Une ouverture prometteuse consiste à explorer comment ces contraintes de fabrication pourraient être intégrées dès la phase de conception, afin d'optimiser simultanément la performance des machines électriques et leur faisabilité industrielle.

JANVIER
2025

MEDEE FOCUS

La lettre de veille scientifique du Pôle Medee

Conception : Studio CAD
Réalisation : MEDEE

PLUS D'INFOS : POLE-MEDEE.COM

