

Sujet de thèse – GeePs - EXXELIA

JOB DESCRIPTION

Nowadays with the wide band gap apparition on the market, switching frequency is drastically increased in power converter for an high power density. However intrinsic limitations such as saturation or core loss of the magnetic part are a challenge limiting the frequency expansion. That's why the proposed thesis is focused on the design of a new power air-core transformer. Several design are expected and the best one in terms of efficiency, reliability and volume will be selected for incorporating a power converter embedded in electric vehicle.

DESCRIPTION DU TRAVAIL DE RECHERCHE

Aujourd'hui avec la présence des semi-conducteurs grands gaps, la fréquence de commutation des convertisseurs, tels que les DC/DC embarqué, n'est limitée plus que par la présence de matériaux magnétiques lourds et présentant des pertes. Ainsi pour des applications aéronautiques, il est envisagé de se séparer des noyaux de transformateur afin de pouvoir utiliser le convertisseur à des fréquences importantes et ainsi augmenter la densité de puissance. Pour cela, une conception optimisée avec notamment un positionnement adéquat des spires est envisagé afin de garantir un fonctionnement du transformateur limitant le volume et le champs magnétique rayonné. Ce ou ces nouvelles structures seront comparés et sont envisagés en rupture technologique et nécessite de nombreux challenges tels que maximiser le rendement, maximiser la fiabilité et minimiser le poids du convertisseur. Pour cela, la réalisation de plusieurs transformateurs est envisagé au laboratoire GeePs, avant de les intégrer dans l'entreprise Sirepe, à Grenoble pour les besoins de l'entreprise Exxelia, à Nancy. Le début de la thèse est espéré pour octobre 2023. Plusieurs articles/brevets sont attendus à l'issue du travail de thèse.

LIEUX

-Laboratoire GeePs (Paris)

-Sirepe (Grenoble)

-Exxelia (Nancy)

CONTACT

Tanguy. Phulpin@centralesupelec.fr

Sujet de thèse – GeepS-Renault

Objectives and achievements expected

This thesis will be focused on model, conception and realization of a power converter through a specific power transformer design. This converter will be integrated in next Renault's vehicle development and a position is often proposed by the company after the thesis. For more details, please to contact tanguy.phulpin@centralesupelec.fr

Objectifs et innovations scientifiques de la thèse

Le travail de thèse portera sur la modélisation, la conception et la réalisation d'un transformateur à haute fréquence associé à un convertisseur bidirectionnel de puissance 22 kW pour la charge d'une batterie haute tension (400V).

Le contexte du développement de composants magnétiques avec de la forte puissance (de l'ordre du kW ou de la dizaine de kW) et de la fréquence élevée pose des contraintes particulières de thermique du fait de la mauvaise conduction du noyau magnétique et de CEM du fait des capacités parasites. Maîtriser ces deux paramètres pourrait apporter une grande influence sur le design optimum du point de vue topologie et fréquence de fonctionnement, au regard de l'impact sur le rendement et de la fiabilité du convertisseur.

L'objectif de la thèse sera donc de chercher l'optimum pouvant être atteint, en prenant en compte :

- Le cahier des charges de l'industrie automobile qui impose de convertir des puissances toujours plus importantes, de façon bidirectionnelle.
- Les topologies pouvant être considérées grâce aux composants grand-gap, dont le potentiel ne pouvait pas être exploité par des semi-conducteurs en silicium à cause de la limitation en fréquence ou en résistance de conduction. Un convertisseur à trois entrées/sorties, basé sur les travaux précédents, est donc envisagé, avec la possibilité de mise en parallèle pour atteindre une puissance de 22 kW.
- Le dimensionnement du transformateur, avec en particulier les pertes dans le noyau magnétique et dans les conducteurs, causées par les hautes fréquences de découpage. Les modèles de pertes utilisés dans ce cadre pourront être validés à l'aide d'un nouveau banc de mesure de pertes par calorimétrie développé au laboratoire. Une réflexion est également attendue sur la conception d'un transformateur triphasé dans le cadre de la mise en parallèle.
- L'évacuation des pertes pour garantir une température de fonctionnement raisonnable. Un modèle thermique du composant devra être développé.
- Les capacités parasites du transformateur, particulièrement importantes dans le cas de la haute fréquence et de la structure planar et en fonction de la topologie du convertisseur à résonance choisi pour l'intégration
- Chercher la meilleure solution entre le transformateur matriciel, le transformateur planar et un transformateur classique, en prenant en compte les aspects de pertes, dissipation thermique, densité de volume et coût.

Pour trouver l'optimum en prenant en compte ces éléments, le doctorant devra développer une méthodologie de conception intégrant potentiellement un algorithme d'optimisation et l'aspect éco-

conception. Le résultat obtenu à l'issue du dimensionnement sera validé par un prototype fonctionnant à différents points de charges.

Déroulement des travaux

Dans un premier temps, le doctorant devra réaliser un état de l'art des différentes topologies existantes, pouvant être pertinentes pour la réalisation d'un chargeur intégré dans un véhicule électrique fonctionnant à haute fréquence et intégrant un transformateur planar ou autre. Il devra prendre en compte les contraintes de fiabilité liée à ce type d'application. Il déterminera ensuite les facteurs clés qui limitent les possibilités de développement dans le cadre visé. Enfin, il étudiera les différentes possibilités de refroidissement des transformateurs et notamment de modélisation du comportement thermique dans le circuit magnétique.

Suite à cette première partie bibliographique, il aura pour tâche de proposer des solutions permettant d'améliorer le rendement du chargeur notamment pour un convertisseur avec 3 entrées/sorties et ce pour une puissance de charge et une fréquence de fonctionnement importante afin de garantir un encombrement minimal. Un travail de simulation circuit et par modélisations par éléments finis sera une étape nécessaire pour concevoir selon les objectifs fixés les composants magnétiques. Les choix technologiques au niveau de la conception du transformateur sont primordiaux pour la qualité du résultat final.

La réalisation de plusieurs prototypes sera attendue, avec la caractérisation électrique et thermique de plusieurs prototypes pour comparer les avantages et inconvénients de chaque technologie.

Date : before the le 01/10/2023

Profil : good knowledge in power electronics, enjoy to handle electronics, also a good approach of theoretical concept

Contact

Tanguy.phulpin@centralesupelec.fr

Sujet de thèse – GeepS-Wuth Elektronik

JOB DESCRIPTION (ENGLISH)

Due to the electrical power increase in our society and specifically with the increase of embedded power electronics, several progress were carried on the DC/DC topology linked to the battery. With the wide band gap semiconductors utilization, new topologies were developed and permits a high efficiency and a higher power density. Indeed, the CLLC development are specifically used for electrical vehicles but suffer of frequency variation, hence transformer oversizing and leakage current for low charge. Several improvements in planar transformer were recently updated at GeePs laboratory and a new configuration was developed, permitting the variation of the leakage inductance and of the magnetizing inductance.

Therefore, the adapted converter with its specific command is expected after a full model of the new power transformer. A better efficiency, a lower size and a better reliability in all electrical cars are possible.

DESCRIPTION DU TRAVAIL DE RECHERCHE

La conception de chargeurs embarqués en lien avec des batteries se fait actuellement nécessairement avec des convertisseurs isolés, donc incluant un transformateur. Ce dernier est l'objet de nombreuses études depuis un certain temps mais l'évolution des puissances en jeu avec l'apport des semi-conducteurs grands gaps a permis de changer de paradigme. Ainsi le déploiement de structure à résonance de type CLLC a conquis le marché afin de maximiser le rendement pour des plages de variations de tension de batterie importante. La contrainte de bidirectionnalité plaide également pour cette topologie mais une des contraintes provient du contrôle en fréquence de cette structure, ce qui oblige à surdimensionner l'installation. Une autre contrainte est lié au courant magnétisant à faible charge. Pour résoudre ces problématiques, un transformateur dont l'inductance de fuite et l'inductance de magnétisation serait réglable, ce qui permettrait de fonctionner pour n'importe quelle charge à la même fréquence.

La conception d'un convertisseur intégrant ce transformateur, ainsi que la commande lui permettant un fonctionnement idéal est imaginé. Il faudra dans un premier modéliser ce transformateur afin de pouvoir garantir un fonctionnement optimal permettant une nette amélioration des rendements et de la fiabilité de ces convertisseurs, intégrer à très large échelle dans les véhicules électriques

PROFIL DU CANDIDAT(E) RECHERCHE

DIPLÔME:

Ingénieur génie électrique ou énergie ou électronique

COMPETENCES:

Electronique de puissance

Systèmes de contrôle

CONTACT

Tanguy.phulpin@centralesupelec.fr
