

Proposition de sujet de thèse

Définition et conception d'un standard de convertisseur DC/DC d'interface entre une pile à hydrogène et une batterie 800V adapté pour les véhicules légers à lourds

Encadrement :

- Directeur de thèse : Daniel HISSEL (PR, Université de Franche-Comté)
- Co-directeur de thèse : Arnaud GAILLARD (MCF, UTBM)
- Co-encadrant de thèse : Frédéric GUSTIN (MCF, Université de Franche-Comté)
- Co-encadrant industriel : Nicolas ALLALI (Ingénieur de recherche, VALEO)

Mots clefs :

Convertisseur DC/DC, pile à hydrogène, batterie, véhicule électrique, industriel

Contexte générale de la thèse :

Une adoption massive de véhicules électriques est une condition essentielle pour atteindre l'un des objectifs du Green Deal de l'Union Européenne : rendre les transports durables pour tous. Pour que cette électrification devienne réalité, l'industrie automobile doit surmonter plusieurs obstacles technologiques et industriels qui limitent l'adoption généralisée des véhicules électriques (efficacité énergétique, efficacité de la recharge, rentabilité, etc.).

De plus et pour aider à décarboniser le secteur des transports, l'UE compte également sur le déploiement de véhicules électriques à pile à combustible (FCEVs) pour certaines applications tels que les véhicules utilitaires, les bus ou les camions où les solutions à batterie seule sont moins appropriées.

Les Projets Importants d'Intérêt Européen Commun (IPCEI) et en particulier celui sur la Microélectroniques et les Technologies de Communication (ME/CT) offrent le cadre nécessaire au chef de file VALEO, avec le support de partenaires et d'instituts de recherche comme l'institut FEMTO-ST (UMR CNRS), de poursuivre plusieurs objectifs ambitieux. Le projet de Valeo au sein de l'IPCEI ME/CT suit 5 axes d'électrification des véhicules et est organisé en 5 Travaux (WP) couvrant à la fois les activités de recherches et développements (R&D) et de développements préindustriels (FID). Le sujet de thèse proposé rentre dans le cadre de l'axe 4 sur les solutions électroniques pour les équipements des piles à combustible.

Objectif général de la thèse :

L'objectif de la thèse de doctorat est le dimensionnement et la conception d'un standard de convertisseur DC/DC d'interface entre une pile à hydrogène (plage de 200V à 350V) et une batterie 800V d'un véhicule tel que défini ci-dessus. Le choix de la topologie du convertisseur DC/DC est l'axe principal de recherche du projet en adressant des questions telles que :

- La technologie de semi-conducteurs permettant d'adresser le challenge d'un découpage très haute fréquence (GaN, SiC) et la maturité des technologies pour une mise sur le marché
- L'architecture du convertisseur DC/DC (isolé vs non-isolé, multi niveaux vs entrelacement)
- Les spécifications d'interfaces : interface technique avec la pile à hydrogène, quelle est la tension d'entrée ? la puissance unitaire ? les protections fusibles à mettre en place ?

- L'intégration de composants passifs et actifs innovants (bobines couplées ou non, transformateur haute fréquence, module de puissance à l'échelle d'une cellule de commutation)
- Un contrôle simple du convertisseur DC/DC qui soit adapté à un microcontrôleur de la famille Infineon Aurix TC3/4

Description des axes et travaux

- Mener une étude bibliographique sur les topologies existantes et sur les composants disponibles sur le marché
- Définir la spécification produit vis-à-vis du système intégrant la pile à hydrogène
Définir la topologie de la cellule de base (isolé / non-isolé, multi-niveaux, entrelacement) et l'architecture globale selon les contraintes de la masse, du volume et du rendement selon les spécifications en courant, tension, puissance et fréquence de commutation
- Développer des composants passifs innovants (bobine ou transformateur) selon la topologie retenue à partir des matériaux standards disponibles sur le marché
- Définir le type de semiconducteur (SiC / GaN) et leur module de puissance selon les produits disponibles sur le marché et par rapport aux contraintes tension/courant
- Définir le circuit de refroidissement (direct, indirect) et l'intégration mécatronique
- Définir les modes de contrôle simples pouvant s'implanter sur le microcontrôleur
- Fabrication d'un prototype (à l'échelle 1/50 soit 2,5 kW pour tests et validation du concept)
- Vérification CEM par rapport aux normes à la réglementation en vigueur.
- Intégration de fonctionnalités intelligentes (impédance, état de santé, détection dysfonctionnement ...) via le convertisseur

Plan de travail prévisionnel

Le plan du travail de la thèse de doctorat a pour finalité la mise au point (et l'évaluation à petite échelle de puissance en laboratoire) d'un convertisseur DC/DC pour pile à combustible embarquée, se basant sur des composants grand gap, et présentant des fonctionnalités avancées (mesure en ligne de la spectrométrie d'impédance électrochimique de la pile à hydrogène).

Les étapes clefs du travail s'articulent donc de la sorte :

- T0 à T0+6 mois : analyse bibliographique sur les topologies de convertisseurs DC/DC, répondant au cahier des charges spécifiques du couplage avec une pile à hydrogène, et sur les composants existants et disponibles sur le marché.
- T0+6 mois à T0+18 mois : en simulations, mise au point d'une topologie de convertisseur DC/DC répondant aux caractéristiques de cahier des charges recherchées
- T0+18 mois à T0+30 mois : mise en œuvre expérimentale à échelle de puissance réduite, essais expérimentaux de validation
- T0+18 mois à T0+36 mois : analyse de compatibilité électromagnétique, rédaction du manuscrit final de thèse.

A ces étapes-clefs, il convient d'ajouter la nécessaire rédaction de communications et publications scientifiques, en lien également avec la prise potentielle de brevets sur les approches scientifiques et /ou technologiques développées.

Salaire

Environ 2400 euros bruts mensuels

Profil

Master ou Ingénieur en Energie Electrique.

Compétences fortes en électronique de puissance avec un fort intérêt pour la mise en œuvre expérimentale.

Bon niveau d'anglais.

Dossier de candidature

Envoyez CV, lettre de motivation et relevé de notes Master 1 et 2 à : arnaud.gaillard@utbm.fr, daniel.hissel@univ-fcomte.fr, frederic.gustin@univ-fcomte.fr et nicolas.allali@valeo.com.