



Sujet de thèse

Convertisseurs d'électronique de puissance VHF à base de composants distribués

Domaine et contexte scientifique :

L'augmentation constante de la consommation d'énergie électrique imposent des besoins toujours plus importants de miniaturisation, et par conséquent d'augmentation de densité de puissance, pour les convertisseurs d'électronique de puissance (CEP). Durant ces dernières décennies, l'émergence de nouvelles technologies de composants a permis la montée en fréquence des CEP. Ce gain en fréquence de fonctionnement se traduit par un gain en termes de compacité des convertisseurs, du fait de la réduction du poids et du volume des composants passifs nécessaires aux fonctions de stockage d'énergie et de filtrage. Alors que les convertisseurs haute fréquence (autour du MHz) semblent limités en densité de puissance par les pertes dans les matériaux magnétiques et diélectriques, les convertisseurs fonctionnant aux très hautes fréquences (VHF : 30 MHz – 300 MHz) ouvrent une nouvelle voie pour l'électronique de puissance en combinant des topologies à commutations douces et des technologies de composants magnétiques et diélectriques avancées, efficaces et compactes ([1], [2]). Les domaines d'application actuels des convertisseurs VHF se situent principalement dans des applications de transfert de puissance sans fil, de chargeurs et d'alimentations LED ([3], [4], [5], [6]).

Dans ce contexte, il devient alors intéressant de poser la question de la pertinence de l'utilisation de composants passifs discrets au profit de composants passifs distribués pour lesquels l'utilisation des différents couplages magnétiques et capacitifs ainsi que l'utilisation des éléments parasites pourraient être utilisés de manière fonctionnelle. Dans le domaine des radio-fréquences, l'utilisation de composants distribués est très répandue et couvre de nombreux domaines d'applications tels que la synthèse de filtres, la réalisation d'amplificateurs de puissance ou bien encore la mise au point de réseaux d'adaptation d'impédances ([7], [8]). Dans le domaine de la conversion de puissance, quelques travaux font état de l'utilisation de composants distribués pour la réalisation de fonctions hautement spécifiques ([9]) mais aucun convertisseur de puissance entièrement basé sur des composants distribués n'existent à proprement parler, bien que des preuves de concept pour de très faibles puissances uniquement aient été réalisées ([10], [11]).



Objectifs de la thèse :

Les travaux de thèse ont pour objectifs de contribuer à l'élaboration d'une nouvelle famille de convertisseur DC/DC de moyennes puissances ($100 \text{ W} < P < 1000 \text{ W}$) ne nécessitant l'emploi d'aucun élément passif discret. Une réflexion globale au niveau système devra être menée pour ensuite conduire plusieurs actions : choix d'une topologie de convertisseur (plusieurs voies pourront être étudiée : entrelacement, multi-phases...) fonctionnant à des fréquences de commutation élevées à base de composants GaN, développement d'interposeurs passifs en se basant sur les technologies PCB et jouant le rôle de connexion électrique et de composants passifs, association de l'ensemble. Ces travaux nécessiteront des connaissances en électromagnétisme, topologie de convertisseurs, simulation EM et circuit.

Compétences qui seront développées au cours du doctorat :

Conception de convertisseurs, modélisation haute fréquence, techniques radiofréquences, prototypage, simulation multiphysique.

Perspectives professionnelles après le doctorat :

Carrière universitaire ou R&D dans le secteur privé

Lieu de déroulement

Laboratoire Ampère, Lyon
Déplacements ponctuels envisageables selon nécessité

Encadrement

Christian Martin, Charles Joubert, Fabien Sixdenier, Baptiste Daire

Contact

Baptiste Daire (baptiste.daire@univ-lyon1.fr)



Bibliographie :

- [1] D. J. Perreault et al., "Opportunities and Challenges in Very High Frequency Power Conversion," 2009 Twenty-Fourth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009, pp. 1-14
- [2] Wang, Y., Lucia, O., Zhang, Z., Guan, Y. and Xu, D. (2020), Review of very high frequency power converters and related technologies. IET Power Electronics, 13 : 1711-1721. <https://doi.org/10.1049/iet-pel.2019.1301>
- [3] Jungwon Choi, D. Tsukiyama, Y. Tsuruda and J. Rivas, "13.56 MHz 1.3 kW resonant converter with GaN FET for wireless power transfer," 2015 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC), 2015, pp. 1-4
- [4] J. Choi, D. Tsukiyama and J. Rivas, "Evaluation of a 900 V SiC MOSFET in a 13.56 MHz 2 kW resonant inverter for wireless power transfer," 2016 IEEE 17th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL), 2016, pp. 1-6
- [5] L. Gu, K. Surakitbovorn and J. Rivas-Davila, "High-Frequency Resonant Converter with Synchronous Rectification for High Conversion Ratio and Variable Load Operation," 2018 International Power Electronics Conference (IPEC-Niigata 2018 -ECCE Asia), 2018, pp. 632-638
- [6] H. Mahdi, A. M. Ammar, Y. Nour and M. A. E. Andersen, "A Class-E-Based Resonant AC-DC Converter With Inherent PFC Capability," in IEEE Access, vol. 9, pp. 46664-46673, 2021
- [7] S. Jeong, T. Lee and J. Lee, "Absorptive Filter Prototype and Distributed-Element Absorptive Bandpass Filter," 2018 IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization (NEMO), 2018, pp. 1-4
- [8] J. Lee, S. Nam and J. Lee, "Distributed-Element Absorptive Bandpass Filter with A Broadband Impedance Matching," 2020 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (IMS), 2020, pp. 912-915
- [9] J. W. Phinney, D. J. Perreault and J. H. Lang, "Radio-Frequency Inverters With Transmission-Line Input Networks," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. no. 4, pp. 1154-1161, July 2007
- [10] S. Djukic, D. Maksimovic and Z. Popovic, "A planar 4.5-GHz DC-DC power converter," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 47, no. 8, pp. 1457-1460, Aug. 1999
- [11] I. Ramos and Z. Popović, "A fully monolithically integrated 4.6 GHz DC-DC converter," 2016 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), 2016, pp.