



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072



Titre : Solutions compactes de convertisseurs statiques associés aux sources de stockage d'énergie hybrides.

Financement prévu : Centrale Lille

Cofinancement éventuel :

Directeur de thèse : Philippe Le Moigne

E-mail : philippe.lemoigne@centralelille.fr

Co-encadrant de thèse : Patrick Bartholomeus

E-mail : patrick.bartholomeus@centralelille.fr

Laboratoire : L2EP EA 2697

Equipe : Electronique de Puissance

Contexte:

L'un des défis majeurs auquel l'humanité doit faire face depuis la fin du siècle dernier est le développement de moyens de production d'énergie et de transport limitant l'impact sur le dérèglement climatique et la production de polluants atmosphériques. Les signes inquiétants sur l'état de notre planète et la pression démographique imposent de rapides changements dans nos modes de vie et dans les technologies. L'un des freins au développement de ces solutions alternatives est lié au stockage de l'énergie.

L'électrification des transports terrestres est un point crucial pour la diminution de la pollution en ville, mais les stockeurs actuels ne permettent pas d'atteindre à la fois une bonne autonomie et des puissances compatibles avec les besoins en accélération et freinage des véhicules. Des voies d'amélioration de leurs performances sont envisageables par utilisation de convertisseurs statiques dédiés.

En effet, une solution pour limiter ces lacunes peut être de faire appel à l'hybridation de sources d'énergie. Ces systèmes de stockage d'énergie hybrides ou Hybrid Energy Storage Systems (HESS) sont basés sur l'association d'un stockeur typé énergie et d'un autre typé puissance où la répartition de puissance est gérée par un ou des convertisseurs de puissance. On peut, en ajustant la proportion de ces deux types de sources et en développant des lois de gestion des flux de puissance, avoir des solutions qui sont plus performantes que les versions dites mono-sources, que ce soit d'un point de vue performance électrique, compacité, durée de vie ou coût global d'utilisation.

Le point crucial pour atteindre de bonnes performances, outre les stratégies de gestion des flux de puissance entre les sources, est le développement des convertisseurs légers et compacts avec de très bons rendements. Pour ces HESS, la masse des convertisseurs est en effet un « poids mort » pour le système. Il est donc primordial de la réduire au maximum.

A titre d'exemple, la figure 1 illustre cette problématique. Cette figure présente un diagramme de Ragone illustrant les limites actuelles des accumulateurs (en bleu), le potentiel d'une source hybride de même masse, sans prendre en compte la masse du convertisseur associé (en rouge) et en ajoutant une masse représentant 10% (en vert) et 20% (en violet) de la masse des batteries. Si on souhaite augmenter fortement la densité de puissance d'un stockeur hybride sans trop dégrader sa densité d'énergie, il est essentiel de limiter la masse de l'électronique de puissance réalisant l'interface entre les sources d'énergie.

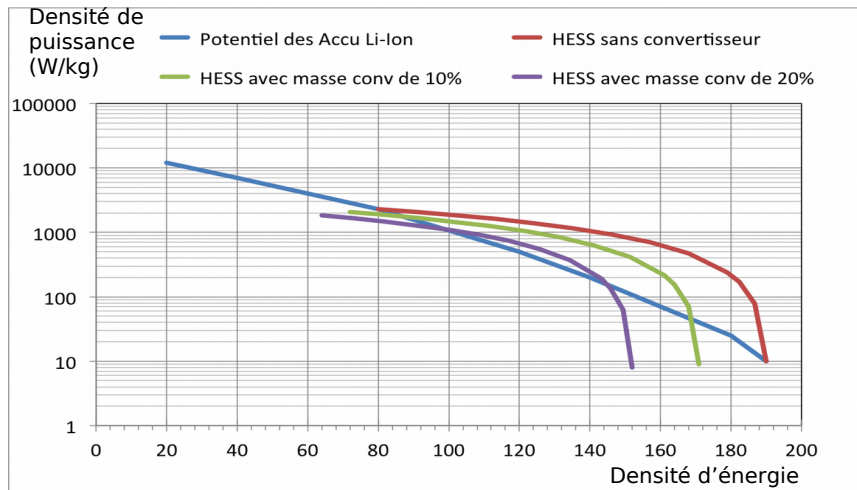


Figure 1 : Diagramme de Ragone présentant les limites actuelles des accumulateurs (en bleu), le potentiel des sources hybrides en prenant en compte ou pas la masse du ou des convertisseurs

Sujet:

L'objectif de cette thèse est donc de développer des solutions compactes, en se concentrant sur le ou les convertisseurs associés aux HESS. Pour cela, il est essentiel de travailler sur l'architecture globale du système car il existe différentes solutions pour coupler ces sources d'énergie [1]. Le choix de cette architecture dépend bien entendu de l'application et des contraintes du cahier de charges. On pourra ensuite évaluer le potentiel des technologies de convertisseurs très compacts et à haut rendement en agissant par exemple sur la fréquence de commutation afin de limiter la taille des éléments passifs. Ceci peut être obtenu en utilisant, par exemple, des solutions à base de commutation douce [2-4].

Un autre axe de recherche consiste à développer des architectures permettant de gérer des transits de d'énergie importants vers la chaîne de traction, tout en minimisant les puissances de dimensionnement du ou des convertisseurs. C'est, par exemple, ce type de démarche qui est abordé dans [5-7] pour des applications particulières. C'est également ce qui a été abordé au L2EP dans les travaux de thèse de Nicolas Allali [8] et doit être approfondi et enrichi grâce au savoir-faire acquis sur l'hybridation des sources [8-10].

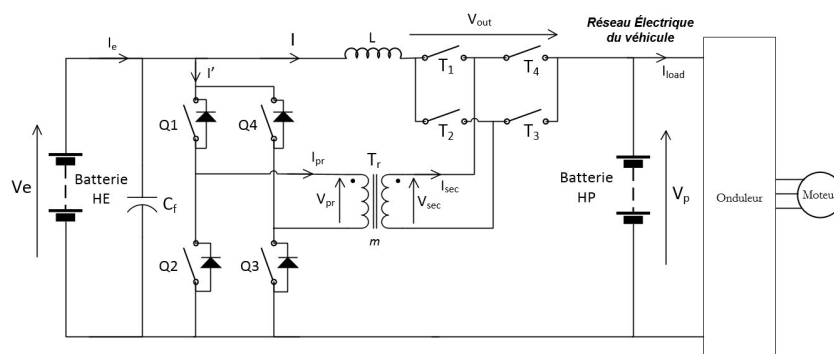


Fig.2: Source hybride avec son convertisseur (Thèse de Nicolas Allali)



Déroulement:

Cette thèse se déroulera au L2EP, au sein de l'équipe Electronique de Puissance (EP). Cette équipe travaille depuis plus de dix ans sur les stockeurs (supercondensateurs et accumulateurs) et plus récemment sur l'hybridation des stockeurs d'énergies (structures de conversion, dimensionnement et méthode de répartition des puissances).

Un travail de formalisation sur le choix des topologies a été initié. Celui-ci devra être approfondi et une réflexion sur les structures de conversion adaptées à la problématique devra être menée. Les méthodes et solutions proposées seront comparées à plusieurs cas tests correspondant à des applications de type véhicule électrique ou hybride. Ce travail se concrétisera par la mise en œuvre d'un prototype de laboratoire afin de valider et illustrer la démarche et l'étude globale de dimensionnement de convertisseur pour l'application définie.

References:

- [1] A. Ostadi, M. Kazerani and Shih-Ken Chen, "Hybrid Energy Storage System (HESS) in Vehicular Applications: A Review on Interfacing Battery and Ultra-capacitor Units", Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 2013 IEEE
- [2] Xi Zhang, Hua Bai and Xuan Zhou, "Soft Switching DC-DC Converter Control Using FBLSMC and Frequency Modulation in HESS Based Electric Vehicle", 8th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC-ECCE Asia), 2016 IEEE
- [3] Yong Zhang, Xu-Feng Cheng, Chengliang Yin, and Si Cheng, "A Soft-switching Bidirectional DC-DC Converter for the Battery Super-capacitor Hybrid Energy Storage System", Transactions on Industrial Electronics, Volume: PP, Issue: 99, 2018 IEEE
- [4] Gang Liu, Dan Li, Yungtaek Jang and Jianqiu Zhang, "Over 300kHz GaN device based resonant bidirectional DCDC converter with integrated magnetics", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2016 IEEE
- [5] G. Guidi, T. M. Undeland ; Y. Hori, "Optimized power electronics interface for auxiliary power buffer based on supercapacitors", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), September 3-5, 2008, Harbin, China
- [6] Jian Cao and Ali Emadi, "A new battery/ultra-capacitor hybrid energy storage system for electric, hybrid and plug-in hybrid electric vehicles", Transaction on Power Electronics, Vol 27, NO. 1. January 2012 IEEE
- [7] Chul-Jun Shin, Kwang-Min Yoo, Dong-Rak Kim and Jun-Young Lee, "Current limiting circuit for low-cost HESS", Electronics Letters (Volume: 52, Issue: 1, 1 8 2016)
- [8] N. Allali, "Convertisseur à dimensionnement réduit pour batteries hybridées puissance/énergie de véhicule électrique : principe de source de courant contrôlée" Thèse de doctorat, Centrale Lille, 2016.
- [9] R. Sadoun, "Intérêt d'une Source d'Energie Electrique Hybride pour véhicule électrique urbain – dimensionnement et tests de cyclage," Thèse de doctorat, Centrale Lille, 2013.
- [10] T. Mesbahi, "Influence des stratégies de gestion d'une source hybride de véhicule électrique sur son dimensionnement et sa durée de vie par intégration d'un modèle multi-physique," Thèse de doctorat, Centrale Lille, 2016.