

Thèse préparée à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard

AVIS DE SOUTENANCE

Monsieur Feng YANG

Candidat au DOCTORAT Informatique

de l'Université Bourgogne Franche-Comté

Soutiendra sa thèse

Le lundi 03 avril 2017 à 10h00

Amphithéâtre A204 - BELFORT

Sur le sujet suivant :

« An agent based approach to battery management system with balancing and fault tolerance capabilities »

Le jury est composé de :

**Monsieur Taha BOUKHOBZA, Professeur Des Universites
Universite Lorraine, Rapporteur**

**Monsieur Jaroslaw KOZLAK, Professeur Associe
University Of Science And Technology - Cracovie - Pologne, Rapporteur**

**Monsieur Franck GECHTER, Maitre De Conferences Des Universites, HDR
Univ Techn Belfort Montbeliard**

**Monsieur Robin ROCHE, Maitre De Conferences Des Universites
Univ Techn Belfort Montbeliard**

**Monsieur Abderrafiaa KOUKAM, Professeur Des Universites
Univ Techn Belfort Montbeliard**

**Monsieur Patrice WIRA, Professeur Des Universites
Universite Mulhouse Haute Alsace**

**Monsieur Lhassane IDOUMGHAR, Professeur Des Universites
Universite Mulhouse Haute Alsace**

Les avancées scientifiques et technologiques en matière de stockage d'énergie ont permis le développement d'appareils mobiles énergétiquement autonomes, tels que les smartphones et les véhicules électriques (EVs). Dans ces dispositifs, l'énergie est habituellement stockée sous forme électrochimique, souvent dans des batteries au lithium.

Par rapport aux batteries au plomb classiques, les piles au lithium ont une densité d'énergie élevée, un faible taux d'auto-décharge et sont plus respectueuses de l'environnement. Cependant, ces batteries doivent être couplées avec des systèmes électroniques de gestion des batteries (SGBs), chargés d'en assurer la performance et la sécurité. En effet, la performance du « pack » batterie peut être affectée par de multiples mécanismes liés, par exemple, au vieillissement, aux défauts ou aux conditions de fonctionnement et ayant pour impact une réduction importante de l'autonomie du système. Grâce à un contrôle approprié de la structure de la batterie, un SGB est capable de compenser certains de ces mécanismes. De même, d'un point de vue sécurité, un SGB peut aider à prévenir les incendies et d'autres risques en isolant les éléments défectueux du reste du pack.

Le sujet de cette thèse porte sur le développement d'un SGB innovant et adaptatif capable de prendre en compte des attentes des utilisateurs en matière de performance et de sécurité. Le SGB proposé s'appuie sur un mécanisme décisionnel distribué basé sur le paradigme des systèmes multi-agents (SMA), dans lequel chaque cellule est considérée comme un agent. Le mécanisme décisionnel proposé repose sur une topologie de câblage dédiée associée à des stratégies de communication et de contrôle adaptées. L'approche proposée améliore l'adaptabilité, la résilience et les performances du système et permet la reconfiguration de la topologie du paquet pour isoler des cellules défectueuses et, le cas échéant, utiliser des cellules de rechange pour recréer une structure de paquets complète ou équilibrer l'énergie entre les cellules. Le SGB permet ainsi une meilleure tolérance aux pannes de l'ensemble, ainsi que l'augmentation de son endurance démontrant ainsi une performance plus élevée que celle obtenue par des SGB classiques.

Afin d'évaluer la validité des travaux proposés, une plate-forme de co-simulation est développée afin de valider expérimentalement la solution proposée. Trois catégories des tests ont été réalisées pour valider la fonction d'équilibrage des cellules, la fonction de tolérance aux pannes, et l'intégration de ces deux fonctions dans un système unique. Les tests ont également été exécutés avec un pack batterie de grande taille afin d'évaluer l'évolutivité de l'approche. Les résultats des simulations montrent que la méthode proposée est opérationnelle et fonctionne comme prévu. Bien que les coûts attendus soient plus élevés que pour les méthodes traditionnelles, l'approche proposée pourrait être utilisée pour des applications spécifiques où une fiabilité et une performance élevées sont nécessaires, comme pour les applications militaires par exemple.

ABSTRACT

Progress in energy storage science and technology enables the development of mobile devices, such as smartphones and electric vehicles (EVs). In these devices, energy is usually stored in electrochemical form, often in lithium-based batteries.

Compared to classical lead-acid batteries, lithium batteries have a high-energy density, a low self-discharge rate and are environmental friendly. However, such batteries must be coupled with electronic Battery Management Systems (BMSs), aimed at ensuring the performance and the safety of the battery pack. The performance of the pack may be affected by multiple mechanisms, for example related to aging, faults, or operation conditions. Through appropriate control of the battery pack structure, a BMS is capable of compensating some of these mechanisms. Similarly, a BMS can help prevent fires and other risk hazards by isolating problematic portions of the pack.

This thesis is concerned with the development of a novel and smart BMS, taking into account the concerns of users about performance and safety. The proposed BMS is made of distributed decision-making based on a multi-agent system, in which each cell is considered as an agent. A dedicated pack wiring topology is presented, together with the corresponding communication and control strategies. This approach improves the adaptability, resilience and performance of system, and enables the reconfiguration of the pack topology to either isolate cells and use spare cells to recreate a complete pack structure, or balance energy among cells. The BMS thus enables a better fault-tolerant operation of the pack, as well as increasing its endurance through a higher performance, compared to classical BMSs.

In order to evaluate the validity of the proposed work, a co-simulation platform is developed to run multiple tests. Three categories of tests are used to validate the cell balancing function, the fault-tolerant control function, and the integration of both balancing and fault-tolerant functions in a single system. Tests are also run on a larger pack to evaluate the scalability of the approach. Simulation results show that the proposed method is operational and performs as expected. Although the expected costs are higher than those of traditional methods, the results of this work could benefit specific applications where high reliability and performance are required, such as military applications for instance.