

Optimisation par essais particuliers appliquée à la co-conception du circuit d'air d'une pile à combustible

SARI Ali, ESPANET Christophe, HISSEL Daniel

Laboratoire L2ES, Université de Franche-Comté, EA 3898,
Rue Ernest Thierry Mieg, 90010 Belfort Cedex, France
prenom.nom@univ-fcomte.fr

Résumé

Le travail présenté ici porte sur l'optimisation énergétique d'un système pile à combustible embarqué et plus particulièrement sur son auxiliaire le plus consommateur en énergie : le groupe moto-compresseur (GMC) du circuit d'air. Afin d'optimiser énergétiquement le GMC, trois modes d'action différents sont envisageables : agir sur la technologie de la tête de compression, agir sur la conception du moteur électrique, agir sur la loi de commande du système global. Dans ce contexte, ce travail porte sur l'optimisation par essais particuliers (OEP) appliquée au processus de conception du moteur électrique et au calcul de la loi de commande non-linéaire associée (ici basée sur la logique floue). L'originalité principale de ce travail est d'optimiser simultanément les paramètres de la loi de commande floue et les paramètres géométriques du moteur. En effet, l'approche classique consiste à réaliser, dans un premier temps, le dimensionnement du moteur puis, dans un second temps, à optimiser sa commande. Cette approche est principalement utilisée parce que ces deux travaux s'apparentent à deux disciplines différentes, respectivement l'ingénierie électrique et la commande des systèmes. Mais cette approche séquentielle ne permet pas de converger vers une solution énergétiquement optimale, parce que l'optimisation du système n'est pas équivalente à la superposition de la structure optimale de la machine et de sa commande optimale. Ainsi, les auteurs ont développé un modèle complet du moteur et de sa commande sous Matlab/Simulink et ont utilisé l'OEP [1] pour optimiser le système global.

L'algorithme utilisé se base sur une étude réalisée par M. Clerc [2], qui introduit un coefficient de constriction global. L'application concerne ici l'utilisation d'un essaim de 20 particules à voisinage global et dont les déplacements sont gérés par des coefficients d'accélération stochastiques. Le système présentant un grand nombre de variables (21), de type discret ou continu, et une dizaine de contraintes à prendre en compte, les auteurs ont introduit une fonction de « dispersion », permettant d'éviter la convergence vers un optimum local trop rapidement, en contrôlant l'accumulation des particules dans une hypersphère de rayon prédéfini. Le rayon de cette hypersphère est défini de telle manière qu'il ne soit pas préjudiciable à la recherche de l'optimum. L'introduction de cette notion d'accumulation des particules permet, en cas d'accumulation de toutes les particules dans un voisinage restreint, de relancer une exploration totale du domaine de recherche (en préservant néanmoins les coordonnées de la meilleure particule évaluée jusqu'alors – notion d'élitisme), ceci en dispersant aléatoirement selon une distribution normale toutes les particules.

Afin de valider l'efficacité de cette approche, les auteurs ont comparé les consommations énergétiques des différents GMC optimisés sur un cycle normalisé. Deux optimisations ont été conduites et comparées : les premiers résultats sont ceux de la solution séquentielle classique et les seconds sont ceux de l'optimisation simultanée. L'approche séquentielle conduit à un GMC avec une consommation énergétique de 9,7 kJ et fournissant la réponse de la figure 1 sur le cycle de fonctionnement normalisé considéré, tandis que l'optimisation simultanée conduit à un GMC ayant une consommation de 9,1 kJ et fournissant la réponse de la figure 2 sur le cycle normalisé. Ces résultats permettent de conforter l'approche originale de conception simultanée proposée par les auteurs et met en évidence l'intérêt de l'usage de l'OEP pour l'optimisation des systèmes.

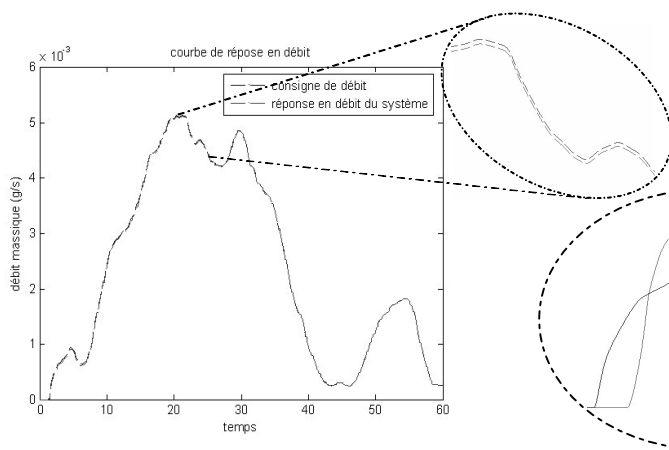


Fig.1. Réponse du système optimisé par l'approche séquentielle pour une consigne cyclique.

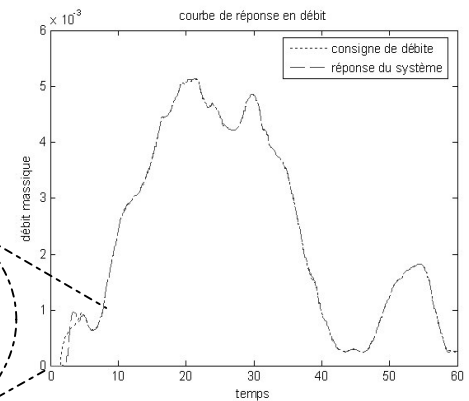


Fig.2. Réponse du système optimisé par l'approche simultanée pour une consigne cyclique.

- [1] J. Kennedy and R. C. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks* Perth, Australia, 1995, vol. IV, pp. 1942–1948.
- [2] M. Clerc, J. Kennedy, "The particle swarm-explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation.*, vol. 6, pp. 58–73, Feb. 2002.
- [3] A. Cabrera, S. Sanchez-Solano, R. Senhadji, A. Barriga, C.J. Jimenez, "Hardware/Software codesign methodology for fuzzy controller implementation", *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZY-IEEE'02*, Vol.1, pp. 464-469, 2002.
- [4] A. S. Elwer, S. A. Wahsh, M.O. Khalil and A.M. Nur-Eldeen, « Intelligent Fuzzy Controller Using Particle Swarm Optimization For Control Of Permanent Magnet Synchronous Motor For Electric Vehicle », *Industrial Electronics Society*, 2003. *IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE*, Volume 2, 2-6 Nov. 2003, Page(s):1762 - 1766.
- [5] M. Tekin, Ch. Espanet, D. Hissel, "Optimisation énergétique par essaims particulaires d'un groupe motocompresseur pour pile à combustible à membrane polymère", *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, vol. 8, n°9-10, pp. 1121-1140, 2005.
- [6] M. Tekin, D. Hissel, Ch. Espanet, "Application of particular swarm optimization methodology on a fuel cell system motor compressor group ", *IMACS 2005 17th Conference*, CD-ROM, Paris, 2005.
- [7] A. Sari, D. Hissel, Ch. Espanet, "Simultaneous optimal design of control and geometry of a fuel cell system motor compressor group", *ASMDO Conference*, Belfort, 2006.