

Modélisation et optimisation thermodynamique du couplage entre un stockage thermique MCP et un moteur ERICSSON pour favoriser l'intégration des EnR sur le réseau électrique

Doha Kafeh¹, Samuel Mer^{1,2}, Nathalie Mazet², Régis Olives^{1,2}, Pierre Neveu^{1,2}, Maxime Perier-Muzet^{1,2}

¹ Université de Perpignan Via Domitita (UPVD), 52 av Paul Alduy – 66100 Perpignan

² Laboratoire PROMES-CNRS (UPR 8521) – Tecnosud Rambla de la thermodynamique – 66100 Perpignan

Ces dernières années, du fait de la nécessaire transformation du mix énergétique français, on constate un développement remarquable des énergies renouvelables (EnR) en France et plus généralement dans le monde. Une part non négligeable des EnR proviennent de sources d'énergies fluctuantes. Afin de stabiliser la production, le développement de procédés de stockage est indispensable à la pénétration des EnR sur le marché de l'énergie. Notre étude s'intéresse à un dispositif permettant la gestion des productions excédentaires d'électricité dans les centrales issues d'EnR (PV, éolien...). La solution proposée consiste à coupler un moteur Ericsson avec un système de stockage d'énergie thermique utilisant un matériau à changement de phase (MCP). Ainsi, l'électricité excédentaire est dissipée dans une résistance chauffante, noyée dans le MCP. Sous l'effet de ce flux de chaleur, ce dernier fond et la « *batterie thermique* » se charge. Le matériau utilisé dans cette étude possède une excellente stabilité thermique jusqu' à 600 °C avec une conductivité thermique supérieure à 10 W.m⁻¹K⁻¹, une chaleur latente supérieure à 1000 kJ.kg⁻¹ et une capacité thermique supérieure à celle de l'eau. Durant la phase de déstockage, cette énergie est valorisée dans un moteur Ericsson. L'air, issu du compresseur est chauffé à partir de l'énergie stockée dans le MCP avant d'entrer dans l'expandeur. Nous considérons ici, un moteur Ericsson à pistons liquides couplé à une génératrice électrique linéaire.

Pour modéliser et optimiser ce processus, nous avons créé un modèle dynamique 1D de la batterie thermique – reposant sur l'équation de la chaleur en 1D axi-symétrique - qui simule la phase de charge et de décharge. La chaleur latente de changement de phase est pris en compte au travers de la méthode de capacité thermique équivalente. Cette approche, peu coûteuse numériquement, permet de représenter le déplacement du front de fusion/solidification dans la « *batterie thermique* » durant son fonctionnement. Ce modèle est couplé à un modèle 0D du moteur Ericsson qui, à partir du déplacement et de la vitesse des deux pistons et en tenant compte des pertes de charges, permet de définir la puissance produite et la quantité d'énergie récupérée, ainsi que l'efficacité globale du système.

Cette étude vise à optimiser l'ensemble du système en combinant ces deux modèles pour minimiser l'entropie générée lors des transformations, notamment par les frottements visqueux et les transferts thermiques dans le système de stockage.