

Prix de thèse CODEGEPR 2024

Etude numérique et expérimentale d'un cycle combiné de production de froid et d'électricité basé sur la technologie à absorption NH₃/H₂O

BRACCIO Simone

Docteur de l'Université Savoie Mont Blanc

Les systèmes à absorption, jusqu'à présent une technologie de niche, se prêtent bien à la valorisation d'énergie à basse température pour la production de froid. Les scientifiques se sont intéressés à l'amélioration des performances des systèmes de refroidissement tri-thermes (utilisant de la chaleur pour fonctionner) en combinant les cycles à absorption et les cycles de puissance. Ainsi, les performances du système sont améliorées par la production simultanée d'électricité et de refroidissement. En outre, un système à absorption combiné produisant de la réfrigération et de l'électricité pourrait être mieux adapté pour répondre à différents types de besoins, en fonctionnant en mode de production d'électricité seul ou réfrigération seul, ou dans des modes de fonctionnement intermédiaires produisant des ratios différents des deux productions.

Le travail mené dans cette thèse concerne l'étude expérimentale et numérique d'un cycle de production combiné de froid et d'électricité basé sur la technologie des machines à absorption utilisant de la chaleur à basse température (80-150°C).

L'architecture est celle d'une machine à absorption ammoniac-eau simple étage, auquel est intégrée une ligne de production d'électricité, comprenant une turbine pour la production de travail mécanique, en parallèle à la ligne de production de froid.

Une synthèse des principaux cycles thermodynamiques existants pour la production de froid et d'électricité a d'abord été dressée. Les machines à absorption et les cycles organiques de Rankine sont identifiés comme des technologies matures et efficaces et leur combinaison est envisagée pour atteindre des rendements plus élevés et augmenter la flexibilité opérationnelle. Sur la base de cette constatation, le développement d'un prototype a été entrepris en intégrant une turbine axiale à action dans une machine à absorption existante. Les caractéristiques très particulières de la turbine ainsi que l'architecture simplifiée du cycle à absorption rendent ce prototype unique. Malgré les difficultés rencontrées dans le développement du système, les premiers résultats expérimentaux ont été obtenus, donnant des informations importantes sur le fonctionnement du cycle. Les données expérimentales du prototype ont également été utilisées pour le développement de modèles numériques fiables. D'abord, un modèle détaillé de la machine à absorption a été développé, en utilisant des efficacités des échangeurs de chaleur, modélisé en utilisant des paramètres de fonctionnement adimensionnels, et ajusté sur les résultats expérimentaux. Ensuite, un modèle 1D gaz réel de turbine est développé. Ce modèle inclut une description de l'expansion supersonique dans l'injecteur et un modèle simplifié des pertes dans le rotor dont les coefficients ont été ajustés sur la base de simulations CFD réalisées sur la turbine. Des tests expérimentaux sur la turbine avec des fluides autres que l'ammoniac ont prouvé que le modèle est robuste et applicable à différents fluides de travail. Le modèle de la turbine a été intégré dans le modèle du cycle à absorption et utilisé pour effectuer une analyse paramétrique sur les conditions de fonctionnement. En particulier, puisqu'il y a deux produits utiles différents, une attention particulière a été accordée à l'étude du cycle d'un point de vue exergétique. La méthode de l'analyse exergo-économique a donc été utilisée pour calculer séparément le coût de chaque produit généré, comprendre le processus de formation des coûts et optimiser le système dans sa globalité. Finalement, les possibilités d'amélioration du système sont traitées. En particulier, sa mise à l'échelle et variations d'architecture qui pourraient augmenter sa flexibilité sont examinées. Parmi celles-ci, la possibilité d'intégrer un éjecteur dans le système a été considérée, en développant un modèle détaillé d'éjecteur et en le couplant au mode de cycle complet.