

Etude d'une Installation à Base d'une Pile à Combustible pour l'Alimentation en Energie d'une Habitation

W.Bendaikha, K.Touafek et L.Serir

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables (URAER), BP 213 Belghanem- Ghardaïa – Algérie
E-Mail : khaledtouafek@hotmail.com

Résumé – L'énergie dans une habitation nécessaire pour l'éclairage, le chauffage ou la climatisation est obtenue en générale du réseau basse tension. Pour des raisons de l'impossibilité de se raccorder au réseau ou de son coût élevé, l'utilisation des énergies renouvelables est une alternative idéale.

En effet, l'énergie électrique et thermique nécessaire peuvent être obtenues à partir d'un système à base d'une pile à combustible, car cette dernière a un rendement supérieur à 40% [1], son fonctionnement est silencieux et de petite dimension. La présente communication traite l'étude de l'alimentation d'une habitation avec une installation basée sur la pile à combustible à membrane échangeuse de proton (MEP) qui fonctionne avec le gaz naturel, une pompe à chaleur ainsi qu'un réservoir de stockage thermique.

Abstract – Energy use for lighting, heating and air-conditioning is supplied from low-tension network. For the impossibility of the connection to the network or of its high cost, the use of renewable energies is an ideal alternative.

The necessary electric and thermal power can be obtained from a system based on a fuel cell, because its efficiency is higher than 40% [1], this operation is quiet and isn't bulky. The present communication treats the study of supplying a residential with an installation based on proton exchange membrane fuel cell (MEP) which functions with natural gas, a heat pump as well as a thermal storage tank.

Mots clés : Habitation – Pile à combustible – MEP – Pompe à chaleur

1. INTRODUCTION

Les piles à combustible, plus généralement, la “ filière hydrogène ”, est un moyen intéressant de valoriser l'énergie chimique contenue dans divers combustibles, avec un très bon rendement, sous la forme “ noble ” d'énergie électrique.

Aujourd'hui la pile à combustible a atteint une maturité technique la rendant opérationnelle dans deux domaines d'application, les transports où elle permet des autonomies de plusieurs centaines de kilomètres (piles de 10 à 50 KW [2]) et la production combinée d'électricité et de chaleur, encore appelée cogénération (piles de 200 kW et plus [2]) qui fait objet de notre communication. Pour cela nous avons défini une installation à base d'une pile à combustible pour l'alimentation en énergie d'une habitation.

2. PRESENTATION DE L'INSTALLATION

L'installation à base d'une pile à combustible assure les besoins électriques et thermiques d'une habitation (figure1). Cette installation est constituée d'un reformeur de carburant, d'une MEP pile à combustible, d'un réservoir de stockage thermique et d'une pompe à chaleur.

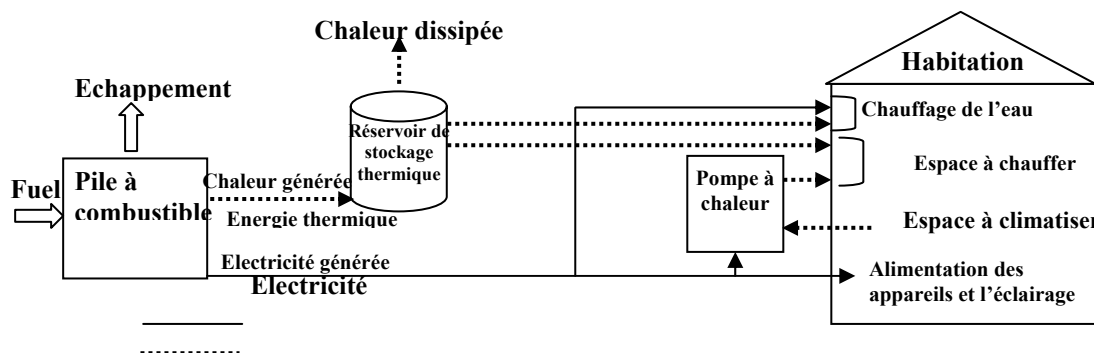


Fig. 1: schéma de l'installation à base de la pile à combustible

L'énergie thermique générée par la pile à combustible est d'abord transférée au réservoir de stockage thermique qui peut être utilisé pour le chauffage domestique de l'eau et de l'espace. Cependant, puisqu'il n'y a pas assez d'énergie thermique disponible à tout moment, l'eau et les charges thermiques qui ne peuvent pas être fournies thermiquement doivent être fournies électriquement.

Le rôle du réservoir de stockage thermique est de stocker l'énergie thermique pendant des périodes de basse demande et de la restituer pendant une demande élevée ce qui peut diminuer la consommation de l'énergie électrique.

La climatisation est fournie électriquement par la pompe à chaleur. Elle peut également fournir de la chaleur si la demande dépasse la quantité de chaleur offerte par le réservoir de stockage thermique.

3. LA MEP PILE A COMBUSTIBLE

Ce sont des piles à électrolyte polymère solide appelé Membrane Echangeuse de Proton (MEP) fonctionnant à la température ambiante, mais dans des conditions optimales autour de 80 °C, pour des pressions de 1 à 4 atmosphères, elles mettent en oeuvre des technologies moins délicates, et assez faciles à développer, avec les moyens actuels. Par contre, la teneur en eau des membranes doit être contrôlée soigneusement : celles-ci doivent être maintenues humides pour favoriser le transport des ions, ce qui nécessite un système spécifique d'humidification.

Le combustible le plus souvent employé est l'hydrogène, sous une forme très pure, nécessitant un reformage externe très poussé des carburants classiques (gaz naturel, méthanol...).

4. LE REFORMEUR DE CARBURANT

Pour que le système pile à combustible fonctionne avec du gaz naturel, il doit d'abord reformer le carburant en le transformant en hydrogène. Lorsque la pile est alimentée directement par le gaz naturel, le mécanisme de conversion d'énergie peut être empoisonné par le carbone, ce qui diminue l'efficacité de la pile à combustible et réduit sa durée de vie. Ces opérations sont accomplies dans le sous-système de traitement de carburant, ce dernier se compose d'un reformeur de carburant pour produire de l'hydrogène.

Il existe plusieurs méthodes de reformage du gaz naturel. La réformation de vapeur utilisant un brûleur fonctionnant aux températures au-dessus de 650°C avec une production d'un mélange de 80% H₂ et de 20% CO₂ à un rendement de 80 % [3].

Pour les systèmes MEP pile à combustible l'option n'est pas aussi simple puisque la température de fonctionnement n'est pas assez haute pour produire la vapeur. Cependant, une méthode appelée l'oxydation partielle peut être employée. Cette méthode consiste à chauffer le gaz naturel dans un milieu pauvre en oxygène à une température de 350°C mais produit seulement 50% de H₂.

Une méthode appelée la reformation autothermale semble particulièrement appropriée aux systèmes MEP pile à combustible [3]. Cette technologie tire profit du fait que l'oxydation partielle est une réaction exothermique et la chaleur produite peut être employée dans la reformation de vapeur qui est une réaction endothermique. Chacun de la reformation de vapeur et l'oxydation partielle utilise un catalyseur pour favoriser la réaction.

Ces catalyseurs sont habituellement des granulés faits à partir d'oxyde de cuivre/nickel qui résiste à des hautes températures, ils peuvent être de l'alumine, la magnésite, ou la céramique mélangée.

5. LE RÉSERVOIR DE STOCKAGE THERMIQUE

La réaction électrochimique permettant la génération d'électricité est exothermique, et, pour les piles fonctionnant à basse température, un système de refroidissement est nécessaire pour maintenir l'ensemble du réacteur à la température voulue. Suivant les conditions de fonctionnement, la puissance à dissiper peut être du même ordre de grandeur que la puissance électrique produite. Ce qui est bénéfique quand on dispose d'un puits de chaleur utile.

L'énergie ainsi évacuée peut être récupérée au moyen d'échangeurs vers une boucle primaire, elle-même échangeant avec une boucle secondaire qui amène les calories vers l'utilisation (système de chauffage, réseau de chaleur...), ou qui l'évacue vers l'atmosphère, quand la demande en chaleur est inférieure à la production.

La pompe à chaleur :

Les machines dynamothermiques transfèrent de la chaleur d'une source froide à une source chaude et de ce fait combinent deux fonctions essentielles :

- la production de froid au niveau de l'évaporateur, par absorption de calories à la source froide (machine frigo)

- la production de chaleur au niveau du condenseur, par dégagement de calories à la source chaude (pompe à chaleur)

On dispose donc, d'une machine capable d'assurer à la fois le chauffage et le refroidissement d'un local (climatisation) en utilisant une vanne d'inversion, qui échange le rôle des échangeurs selon les saisons été ou hiver.

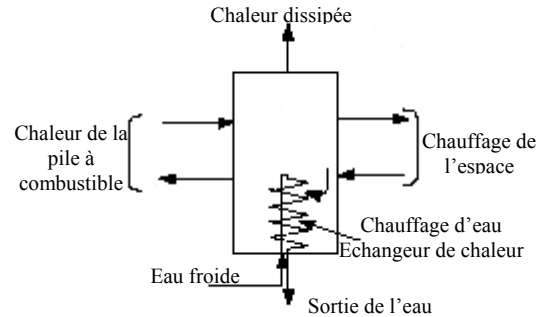


Fig. 2: principe de fonctionnement du réservoir de stockage thermique

6. CONCLUSION

L'installation à base d'une pile à combustible pour l'alimentation en énergie d'une habitation est très prometteuse du côté écologique et énergétique. La conception de ce système est faite de telle sorte d'éviter toutes pertes d'énergie.

La MEP pile à combustible insérée dans cette installation joue le rôle d'un régulateur car son énergie est utilisée sous forme d'électricité et de chaleur pour satisfaire les besoins de l'habitation. Pour mieux étudier cette installation une simulation est en cours de réalisation qui nous permettra d'évaluer l'énergie annuelle pour les différentes conditions climatiques et de faire une comparaison avec les systèmes conventionnels.

REFERENCES

- [1] J.H. Hirschenhofer, D.B. Stauffer, R.R. Engleman, and M.G. Klett : "*Fuel Cell Handbook*" fourth edition, November 1998.
- [2] Conseil Economique et Social de Lorraine – rapport 99/2 - « *Lorraine, terre d'énergies propres* ».
- [3] W.Bendaikha « *Développement d'un logiciel pour l'étude et le dimensionnement d'une PEMFC* » Rapport scientifique interne URAER 06/2003.