

Modélisation, contrôle et simulation d'un système pile à combustible destiné à une application stationnaire



Denis Candusso, Ianko Valero, Aurélien Walter, Seddik Bacha, Elisabeth Rullière

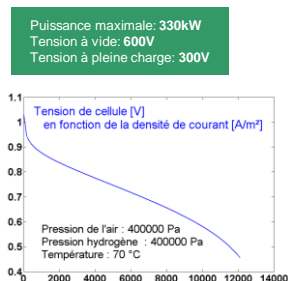
Laboratoire d'Electrotechnique de Grenoble
UMR 5529 INPG/UJF – CNRS
ENSIEG BP 46 – 38402 Saint Martin d'Hères Cedex France
candusso@leg.ensieg.inpg.fr

Mots clés : pile à combustible, électronique de puissance, commande, modélisation, simulation

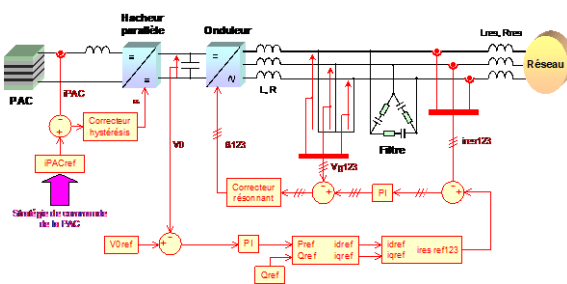
Résumé

Le travail réalisé porte sur le mode de connexion, via une interface électronique de puissance, d'une pile à combustible (PAC) au réseau basse tension. La topologie étudiée est basée sur l'association hacheur élévateur – onduleur de tension à MLI (Modulation de la Largeur d'Impulsion). Le modèle utilisé pour la PAC est statique ; sa courbe de polarisation est calculée à partir d'une relation semi-empirique liant la densité de courant, les pressions en oxygène et hydrogène, ainsi que la température du stack. Les convertisseurs sont représentés par des modèles topologiques et moyens. Deux algorithmes ont été développés pour faire fonctionner le groupe électrogène à pile à combustible (GE à PAC), suivant les besoins, soit à son maximum de puissance, soit à son rendement maximum. L'onduleur triphasé est commandé grâce à deux boucles de contrôle imbriquées. Le contrôle des puissances active et réactive est effectué dans le repère de Park. Les simulations ont été réalisées avec le solveur Matlab-Simulink.

1 La pile à combustible



2 Topologie et commande

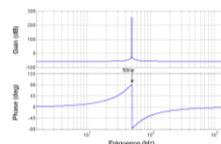


Mise en œuvre d'un correcteur résonnant

Fonction de transfert

$$C(s) = \frac{c_0 + c_1 s + c_2 s^2}{\omega_p^2 + s^2} \quad \text{avec} \quad \omega_p = 100\pi \text{ rad/s}$$

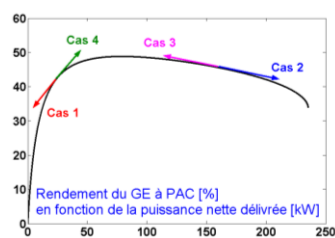
Diagramme de Bode



3 Stratégie de commande de la PAC

Un algorithme permet de déterminer le courant de consigne de la PAC tel que le groupe électrogène délivre un maximum de puissance ou bien tel qu'il fonctionne à son point de meilleur rendement.

Principe :

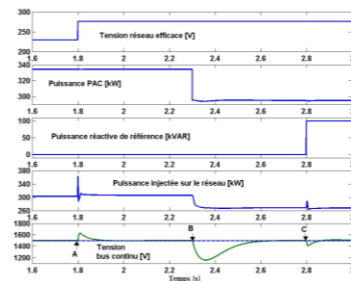


$\frac{dP_{GEaPAC}}{dt}$	< 0	> 0
$\frac{dI_{GEaPAC}}{dt}$	Augmenter iPAC (Cas 1)	Diminuer iPAC (Cas 2)
	Diminuer iPAC (Cas 3)	Augmenter iPAC (Cas 4)

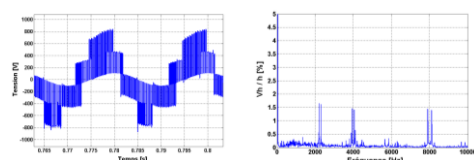
4 Régulation de la tension du bus continu

Dans le but de tester la topologie définie ci-dessus et la commande des différents convertisseurs, un profil de fonctionnement test est défini :

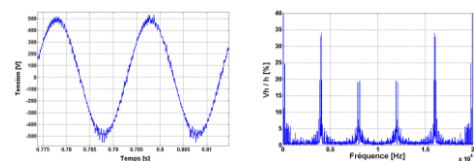
- A) La tension du réseau augmente de 20%,
- B) Les pressions d'hydrogène et d'oxygène décroissent,
- C) La consigne de puissance réactive donnée à l'onduleur augmente de 0 à 100kVAR.



5 Insertion d'un filtre passif



Tension V_g sans filtre – spectre fréquentiel



Tension V_g avec filtre – spectre fréquentiel

	THD Courant réseau	THD Tension V_g
Connexion sans filtre	6%	80%
Connexion avec filtre	1%	5%

Conclusion

L'outil de simulation développé permet d'étudier, d'un point de vue commande, la structure parallèle d'interfaçage de la PAC avec le réseau. Celle-ci, ainsi connectée, peut être utilisée par exemple comme source d'alimentation destinée à délivrer de la puissance sur un réseau faible. Elle pourrait également servir à assurer la compensation d'harmoniques présents sur le réseau, dus à une charge non linéaire. Dans cet article, l'accent a été mis sur la commande des convertisseurs (hacheur et onduleur). Nous avons ainsi montré qu'il était particulièrement intéressant d'utiliser des correcteurs de type résonnant pour asservir les grandeurs sinusoïdales. Ce type de correcteur possède en effet un très bon comportement à la fois en asservissement et en régulation. Nous avons également montré que la présence d'un filtre, entre le réseau et l'onduleur, est obligatoire si l'on souhaite respecter les normes relatives à la pollution harmonique. Cet outil de simulation sert à présent de base au développement et à la commande d'autres topologies d'électronique de puissance constituant une alternative à celle étudiée ici.