

Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Electronique
Laboratoire des Dispositifs de Communication et de Conversion
Photovoltaïque

Thèse de Doctorat en Science

Présenté par :

TEBIBEL Hammou

Ingénieur d'Etat en Electronique, Université de Jijel
Magister en Energies Renouvelables, ENP

Contribution à l'optimisation des systèmes photovoltaïques à hydrogène

Soutenance le 29 / 10 / 2015 devant le jury composé de:

M S. AIT CHEIKH	Professeur ENP	Président du jury
S. LABED	Directeur de Recherche CDER	Directeur de thèse
M. HADDADI	Professeur ENP	Examineur
C. LARBES	Professeur ENP	Examineur
A. HADJ ARAB	Directeur de Recherche CDER	Examineur
A. MELLIT	Professeur U. de Jijel	Examineur

ENP 2015

ملخص:

تتطرق هذه الأطروحة لدراسة الأنظمة الكهروضوئية المستقلة لإنتاج الهيدروجين من نوع SAPV/H₂Fuel , SAPV/BAT/PAC و SAPV/BAT/PAC/H₂ حيث أن غاز الهيدروجين يستعمل في النظام الأول كحامل وناقل للطاقة، كعنصر في الوقود HCNG في النظام الثاني و كناقل للطاقة وعنصر كيميائي في النظام الثالث. مساهمتنا وضعت الضوء على العناصر المهمة التي تساهم في تحسين نجاعة استغلال الطاقة وديمومة مثل هذه الأنظمة وهي : تصميم النظام، طريقة حساب قدرة العناصر المكونة للنظام و إستراتيجية التحكم في تدفق الطاقة و الهيدروجين (EHMS). دراسة الحالة الأولى مكنت من مقارنة المعطيات الحقيقية لجهاز SAPV/BAT تم انجازه في تمارنست من جهة مع نتائج محاكاة لنظام SAPV/BAT/PAC مقترح كحل للقضاء على أوجه القصور الملاحظة في النظام المستقل. أما دراسة الحالة الثانية فقد خصصت لمحاكاة نظام SAPV/H₂Fuel الذي يمول طلب الهيدروجين المستعمل في إنتاج الوقود HCNG. وقد سمحت هذه الدراسة في تبيين مدى تأثير بعض معاملات الأمان المستعملة في حساب قدرة العناصر المكونة للنظام من خلال دراسة كميتين من الهيدروجين 30% و 20% في الوقود HCNG. أما في الحالة الأخيرة فقمنا بتبيين مدى تأثير درجة ميل الألواح الكهروضوئية و تكنولوجيا تخزين الطاقة ذات الأولوية على سعة النظام PV/BAT/PAC/H₂ المطلوب. يمكن الاستنتاج انه في ظل الظروف المعتبرة في لأحوال الطاقة الشمسية ونمط الاستهلاك، فإن تخزين الطاقة الكهربائية على المدى الطويل في البطاريات لا يمكن أن ينافس تكنولوجيا الهيدروجين اقتصاديا. كما يمكن لـ EHMS أن تساهم بشكل فعال في تحقيق الاستفادة المثلى من سعة النظام، لاسيما البطارية، وبالتالي التقليل من تكلفة الاستثمار الأولي.

كلمات مفاتيح : النظام الكهروضوئي المستقل ، إنتاج الهيدروجين ، تصميم النظام، طريقة حساب قدرة العناصر المكونة للنظام ، إستراتيجية التحكم في تدفق الطاقة و الهيدروجين.

Résumé

La présente thèse s'est focalisée sur l'étude des systèmes photovoltaïques autonomes hydrogène de type SAPV/BAT/PAC, SAPV/H₂Fuel et SAPV/BAT/PAC/H₂ où le gaz d'hydrogène est utilisé comme vecteur énergétique dans le premier système, élément de carburant mélange HCNG au second système et vecteur énergétique et élément chimique au troisième système. Notre contribution a mis la lumière sur les éléments clés pouvant améliorer l'efficacité énergétique et la durabilité du système tels que: conception du système, méthode de dimensionnement et la stratégie de gestion du flux d'énergie et d'hydrogène (EHMS). Dans le premier cas d'étude nous avons comparé les performances d'un système SAPV/BAT installé à Tamanrasset aux résultats de la simulation du système SAPV/BAT/PAC proposé comme solution pour éliminer les défaillances relevées dans le fonctionnement du système installé. Le second cas d'étude a été consacré à la simulation du système PV/H₂Fuel approvisionnant une demande d'hydrogène pour la production du HCNG. Cette étude a permis de visualiser l'impact des coefficients de la méthode de dimensionnement à travers deux fractions d'hydrogène dans le mélange 20% et 30%. Dans le dernier cas nous avons étudié l'impact de l'inclinaison du panneau PV et la technologie du stockage prioritaire sur la capacité du système SAPV/BAT/PAC/H₂. Dans les conditions de profils météorologiques et de consommation considérées, le stockage à long terme de l'énergie dans les batteries ne pourra pas concurrencer économiquement la technologie d'hydrogène. Il est conclu que l'EHMS pourra contribuer efficacement à l'optimisation du système, particulièrement la batterie, et par conséquent la réduction de l'investissement initial.

Mots clés : Système photovoltaïque autonome, production d'hydrogène, conception du système, méthode de dimensionnement, stratégie de gestion d'énergie et hydrogène.

Abstract

This thesis has focused on the study of standalone photovoltaic hydrogen systems SAPV/BAT/PAC, SAPV/H₂Fuel and SAPV/BAT/PAC/H₂ where hydrogen gas is used as an energy carrier in the first system, element of the mixture of the HCNG fuel in the second and as an energy carrier and chemical element in the third system. Our contribution has put the light on the key elements that can increase the system's energy efficiency and sustainability, i.e.: system design, component sizing method and energy and hydrogen management strategy (EHMS). In the first case study performance data from the monitoring of an installed SAPV/BAT in Tamanrasset is compared to the simulation results of SAPV/BAT/PAC system proposed as a solution to eliminate the operation shortcomings of the installed system. The second case study was devoted to the simulation of PV/H₂Fuel system supplying hydrogen for HCNG fuel preparation. This study allows visualizing the impact of the proposed sizing method coefficients through two HCNG hydrogen fractions 20% and 30%. In the last case study we illustrated the impact of PV panel tilt and storage technology priority on the capabilities of SAPV/BAT/PAC/H₂ system. Under the considered conditions of weather and consumption profiles in the case study, long term electrical energy storage in batteries cannot economically compete with the hydrogen technology. It is concludes that the EHMS can contribute effectively in optimizing the system size, particularly the battery, and therefore decrease the initial cost investment.

Keywords: Standalone photovoltaic system, hydrogen production, system design, sizing method, energy and hydrogen flow control strategy.