



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique-
Laboratoire de Recherche en Electrotechnique
<http://lre.enp.edu.dz>



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Electrique
Laboratoire de Recherche en Electrotechnique

Thèse de Doctorat en Sciences

présentée par :

KAABECHE Abdelhamid

**Etude comparative entre le stockage à hydrogène et les
batteries au plomb dans un système hybride
(Photovoltaïque / Eolien) autonome**

Soutenue le 16 / 02 / 2012 devant le jury composé de:

Président du jury :

O. TOUHAMI Professeur ENP

Directeurs de thèse :

M. BELHAMEL Directeur de Recherche CDER

R. IBTIOUEN Professeur ENP

Examineurs :

A. REZZOUG Professeur Université Henri Poincaré
Nancy (France)

M. HADDADI Professeur ENP

A. HADJ ARAB Directeur de Recherche CDER

Invité :

A. MALEK Directeur de Recherche CDER

Année universitaire 2011/2012

Résumé

ملخص

مستقبل الطاقة ينبغي أن يستند على طاقات نظيفة ذات موارد كبيرة. الطاقات المتجددة هي أفضل المرشحين لذلك ولكن طبيعة إنتاجها المتقطع يحتاج إلى إيجاد وسائل فعالة للتخزين وحافطة للبيئة. عادة ما تستخدم البطاريات كوسيلة لتخزين الطاقة نظرا لنضجها التكنولوجي وتكلفتها المنخفضة. إلا أن هناك مخاوف بيئية مرتبطة باستخدامها. لذا يتم البحث عن بدائل لهذا التطبيق. وحدة تتألف من محلل كهربائي، وخزان الغاز وخلايا الوقود، وتعد وسيلة لتخزين الطاقة، تماما كالبطارية الكهربائية، وذلك دون أن تنبعث منها غازات مسببة للاحتباس الحراري. في هذا السياق، نقدم في هذه الأطروحة بحث يتلخص في وضع منهجية للتحليل والتقييم التقني والاقتصادي للنظام الهجين المتكون من الطاقة الكهروضوئية/طاقة الرياح/خزان للهيدروجين. و النتائج المتحصل عليها يتم مقارنتها مع تلك التي تحصلنا عليها مع النظام الهجين الكلاسيكي المتكون من الطاقة الكهروضوئية /طاقة الرياح/بطاريات كهربائية. يتم وصف هذه المنهجية من قبل نموذجان، النموذج الاعتمادي الذي وضع في إطار مفهوم احتمال عجز الطاقة (DPSP) والنموذج الاقتصادي القائم على تكلفة النظام. تجري دراسة حالة لتحليل نظام هجين متكون من الطاقة الكهروضوئية /طاقة الرياح و ذلك لتزويد منزل فردي بالطاقة الكهربائية في موقعين من الجزائر (الجزائر العاصمة و غرداية). الكلمات الرئيسية: نظم هجينة، التصميم الأمثل، احتمال عجز الطاقة (DPSP)، تكلفة النظام، الطاقة الكهروضوئية، طاقة الرياح، البطارية، محلل كهربائي وخلايا الوقود.

Résumé

L'avenir énergétique doit être axé sur les énergies non polluantes et renouvelables. Toutefois, l'intermittence de la production de l'énergie éolienne rend nécessaire la recherche de moyens de stockage efficaces et respectant l'environnement. Au niveau des faibles puissances, traditionnellement, ce sont les batteries au plomb qui sont utilisées comme moyen de stockage de l'énergie car cette technologie est testée sans omettre son faible coût. Cependant, l'utilisation des batteries n'est pas recommandée pour la préservation de l'environnement. Il faut donc rechercher d'autres alternatives comme moyens de stockage de l'énergie électrique. Ainsi, une unité constituée d'un électrolyseur, d'un réservoir de gaz et d'une pile à combustible, constitue un moyen de stockage de l'énergie, au même titre qu'un accumulateur électrochimique et ce, sans émissions de gaz à effet de serre.

Dans ce contexte, le travail de recherche, présenté dans le cadre de notre Thèse, porte sur le développement d'une méthodologie d'analyse et d'évaluation technico-économique effectuée pour un système hybride PV /éolien/ chaîne hydrogène où les résultats sont comparés à ceux d'un système hybride PV/éolien classique utilisant les accumulateurs électrochimiques comme moyen de stockage. Cette méthodologie est décrite par deux modèles; le modèle de fiabilité développé selon le concept de la probabilité de déficit d'énergie (DPSP) et le modèle économique basé sur le coût du système.

Une étude de cas est conduite pour l'analyse d'un système hybride photovoltaïque/éolien destiné à alimenter un habitat individuel, localisé dans deux sites en Algérie (Alger et Ghardaïa).

Mots clés: *Systèmes hybrides ; dimensionnement optimal ; probabilité de déficit d'énergie (DPSP) ; coût du système ; photovoltaïque ; éolien ; batterie ; électrolyseur ; pile à combustible.*

Abstract

Our energy future should be based on clean energies with significant resources. Renewable energies are the best candidates but the intermittent nature of their production needs to find effective means for storing and protecting the environment. Traditionally, lead-acid batteries are used as a means of energy storage. The maturity of this technology demonstrated and low cost are the main reasons. However, there are environmental concerns associated with the use of batteries, so alternatives are sought for this application. A unit consists of an electrolyzer, a hydrogen storage tank and a fuel cell, is a way to store energy, just as a battery, without emission of greenhouse gas.

In this context, the research presented in this thesis is the development of a methodology of analysis and techno-economic assessment carried out for a hybrid PV/wind/hydrogen chain and the results are compared with those of a traditional hybrid energy system with battery storage. This methodology is described by two models; the reliability model developed under the concept of the deficiency of power supply probability (DPSP) and the economic model based on system cost.

A case study is conducted for the analysis of a hybrid PV/wind system for an individual household, located in two sites in Algeria (Algiers and Ghardaïa).

Keywords: *hybrid systems, optimal design, the probability of energy deficit (DPSP), system cost, photovoltaic, wind, battery, electrolyzer, fuel cell.*