

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÈRI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE



THÈSE DE DOCTORAT EN SCIENCE

Spécialité : Electronique

Présentée et soutenue par

Farida BANDOUD épouse AKSOUM

Thème :

CONTRIBUTION À L'ANALYSE DES PERFORMANCES ÉLECTRIQUES ET THERMIQUES DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES DE DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES

Devant le jury d'examen composé de :

Ziani Rezki	Professeur	UMMTO	Président
HADJ ARAB Amar	Directeur de recherche	CDER	Rapporteur
BELKAID Med Said	Professeur	UMMTO	Co-Rapporteur
Haddad Salah	Professeur	UMMTO	Examineur
Hamidat Abderrahmane	Directeur de recherche	CDER	Examineur
Haddadi Mourad	Professeur	ENPA	Examineur

Année universitaire 2015/2016

Résumé : Cette thèse traite des performances électriques et thermiques des modules photovoltaïques (PV) installés dans différentes conditions. Les modules PV ont usuellement une garantie avec un niveau de puissance acceptable pouvant aller jusqu'à 25 ans, mais il y a un manque de retours d'expériences permettant de valider cette durée de vie. Nous avons proposé de réaliser des procédures expérimentales basées sur des essais dans le milieu d'exposition et un essai accéléré sur différentes technologies de modules photovoltaïques pour mieux connaître l'évolution des performances électriques des modules PV dans le temps et dans un environnement donné.

Plusieurs études expérimentales ont d'abord permis d'évaluer l'impact de l'ombrage sur les performances électriques de différents modules PV au silicium, l'ombrage étant causé par différentes contraintes environnementales dans des sites urbain et saharien. Une perte de puissance de plus de 50% pour les modules ombragés dans le milieu urbain et d'environ 80% dans le milieu désertique est trouvée.

Le vieillissement de deux centrales PV dans un site saharien et méditerranéen après respectivement 28 ans et 10 ans de service a ensuite été étudié. L'identification des modes de dégradation avec le vieillissement naturel a été menée par des inspections visuelles sur site et la mesure des caractéristiques courant-tension a permis de déterminer les taux de dégradation engendrés. Les résultats obtenus montrent que les modules étudiés dans le site saharien présentent en moyenne un taux de dégradation de 1,22 %/an correspondant aux taux de dégradation moyens pour Tilonia en Inde et pour l'Arizona. Les modules étudiés dans le site méditerranéen présentent en moyenne un taux de dégradation de puissance de 1,36%/an après 10 ans, ce qui est en accord avec le taux de dégradation moyen des modules installés à Hamamatsu (Japon).

Enfin, dans le but de comprendre les modes de dégradation qui surviennent à différentes périodes de la vie d'une nouvelle technologie de modules PV, une campagne de tests accélérés en laboratoire a été menée. Les tests de chaleur humide 85°C/85% rh ont été conduits sur un ensemble de modules MWT (Metal Wrap Through) fabriqués par ECN (Energy Center of the Netherlands, Pays-Bas). Les résultats obtenus montrent que les modules ayant un encapsulant à base de polyoléfine ont une faible perte de puissance, de 0,3% après 2000 heures d'essai en chaleur humide, contrairement aux modules ayant un encapsulant EVA pour lesquels la réduction est de 1,6%.

Ce travail de thèse permet finalement de donner une base de données intéressante à exploiter pour améliorer la maîtrise du comportement et la durabilité des modules PV sur leurs cycles de vie.

Mots-clés : photovoltaïque, ombrage, dégradation, vieillissement, performances, module MWT.

Abstract: This Ph. D. Thesis deals with the electrical and thermal performances of photovoltaic (PV) modules operated under different conditions. PV modules usually have a guarantee on an acceptable power level up to 25 years, but there is a lack of experience feedback to validate this lifetime. Experimental procedures based on in situ testing and accelerated tests are made on different PV modules of different types to better understand the evolution of the electrical performance of PV modules in time and in a given environment.

Firstly, several experimental studies were performed to determine the impact of shading on the electrical production of different PV silicon modules. Various types of shading were considered in sundry surroundings in Saharan and urban sites. A power loss of more than 50% for shaded PV modules in urban areas and of about 80% in the desert environment was found.

The aging of two PV plants in Saharan and Mediterranean sites after 28 and 10 years of service respectively was then studied. Identification of the degradation modes with natural aging was conducted by visual inspections and measurements of current-voltage characteristics were acquired to determine the degradation rates. The obtained results display that the PV modules in the Saharan site undergo a mean power degradation rate of 1.22%/year in accordance with the average degradation rates found in Tilonia (India) and in Arizona. The modules studied in the Mediterranean place exhibit a mean power degradation rate of 1.36% / year after 10 years, which is consistent with the average degradation rate of modules installed in Hamamatsu (Japan).

Finally, in order to understand the degradation processes that occur on a new technology of PV modules, damp heat tests 85°C/85% rh were carried out on a set of MWT modules (Metal Wrap Through) manufactured by ECN (Energy Center of the Netherlands, the Netherlands). The results depict that modules with polyolefin encapsulant have a low power loss of 0.3% after 2000 hours of damp heat test, unlike the modules with EVA encapsulant for which the reduction is 1.6%.

This work ultimately provides a valuable data base which can be used to improve the electrical behavior and the sustainability of PV modules during their life cycles.

Keywords: Photovoltaic, shading, degradation, aging, performance, MWT module.

ملخص: هذه الأطروحة تدرس الأداءات الكهرو بائية والحرارية للألواح الشمسية المركبة في ظروف مختلفة. وعادة ما يكون ضمان الألواح الشمسية مع مستوى الطاقة المقبولة لمدة 25 سنة ، لكن هناك نقص الخبرة في ردود الفعل للتحقق من صحة هذا العمر. لهذا اقترحنا اجراء عمليات التجريبية على أساس اختبار في الأوساط المعرضة للاختبار واختبار المتسارع على التقنيات المختلفة للألواح الشمسية من اجل معرفة تطور الأداءات الكهرو بائية للوحدات الشمسية في زمن وفي بيئة معينة.

العديد من الدراسات التجريبية تمت أولا بتقييم تأثير الظل على الأداءات الكهرو بائية لمختلف الوحدات الشمسية السيلكونية ، هذا الظل سبب من مختلف العوامل البيئية في مواقع الحضرية والصحراوية. تم العثور على انخفاض الطاقة أكثر من 50% للوحدات المظلمة في المناطق الحضرية وحوالي 80% في المناطق الصحراوية.

تمت الدراسة على مدة عمل محطتين الكهروضوئية في موقعين: الصحراء والبحرية بعد 28 و10 سنوات على التوالي من الخدمة. وقد أجريت تحديد وسائط تدهور مع المدة الطبيعية بطريقة التقويم النظري في الموقع وقياس خصائص تيار-توتر. سمح بتحديد معدلات التلثيب المنتجة. وتظهر النتائج الموجودة ان الوحدات الشمسية المدروسة في موقع الصحراء لاهل معدل تدهور متوسط ب 1,22% / سنة مقابل لمعدل تدهور المتوسط بتاليونيا (الهند) واريزونا (أمريكا). الوحدات التي درست في المواقع البحرية بينت معدل تدهور المتوسط ب 1,36% / سنة بعد 10 سنوات ، وهذا يتفق مع معدلات متوسط للوحدات المركبة في الحمامات (اليابان).

وأخيرا من اجل فهم عوامل التدهور التي تحدث في أوقات مختلفة في حيات تكنولوجيا جديدة للوحدات الضوئية، تمت اجراء جملة اختبار متسارع في المخبر. الاختبار الحراري الرطب 85/ 85% اجري على مجموعة وحدات MWT (Metal Wrap Through)المنتجة من طرف ECN(مركز الطاقة في هولندا). أظهرت النتائج ان الوحدات التي لديها مغلف polyoléfine لها فقدان منخفض للطاقة بحوالي 0,3% بعد 2000ساعة من اختبار الحراري الرطب، على عكس الوحدات التي لديها مغلف EVA المنخفض ب 1,6%.

هذا العمل يساعد في نهاية المطاف على توفير قاعدة قيمة البيانات لاستخدامها في تحسين سلوك ومثانة الوحدات الكهروضوئية خلال مدة استخدامها.

كلمات مفتاحية: الكهروضوئية، الظل، التلف، مدة العمل، الأداءات ، وحدة MWT