



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Research

جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
University of August 20th, 1955, Skikda

كلية التكنولوجيا
Faculty of Technology

قسم: الهندسة الكهربائية
Department of Electrical Engineering

Réf:D012121017D

THESIS

Presented to obtain

Doctoral Diploma

Option: Electrotechnic

THEME

Contribution to the Study and Modelling of Photovoltaic System Dynamic Behaviour

By :

Mohammed Salah BOUAKKAZ

Defended publicly at:

Discerned by jury members:

Z. AHMIDA	Professor	University of Skikda	Président
A. BOUKADOUM	Professor	University of Skikda	Supervisor
O. BOUDEBBOUZ	A. Professor	University of Skikda	Co-Supervisor
H. LABAR	Professor	University of Annaba	Examiner
D. DIB	Professor	University of Tebessa	Examiner
R. LALALOU	A. Professor	Université de Skikda	Examiner

Year : 2020/2021



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
Université - 20 Août 1955 - Skikda
كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie
قسم: الهندسة الكهربائية
Département : Génie Electrique

Réf:D012121017D

THESE

Présentée en vue de l'obtention du

Diplôme de Doctorat

Option: Electrotechnique

THEME

Contribution à l'étude et à la modélisation d'un système photovoltaïque en régime dynamique

Par :

Mohammed Salah BOUAKKAZ

Soutenue publiquement le :

Devant le jury composé de :

Z. AHMIDA	Professeur	Université de Skikda	Président
A. BOUKADOUM	Professeur	Université de Skikda	Rapporteur
O. BOUDEBBOUZ	M C A	Université de Skikda	Co-Encadreur
H. LABAR	Professeur	Université d'Annaba	Examineur
D. DIB	Professeur	Université de Tébessa	Examineur
R. LALALOU	M C A	Université de Skikda	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2020/2021

ملخص

تتعلق الاستطاعة التي توفرها أنظمة الطاقة الكهروضوئية (PV) بشكل أساسي على الظروف المناخية وحوادث الأعطال. إن خصائص تيار - جهد تحتوي على مناطق تشغيل يمكن أن تعبر على استجابات انتقالية متنوعة ومجهد في غالب الأحيان. الاستجابة الناتجة عن التظليل الجزئي تمثل إحدى هذه الحالات ذات الأهمية الخاصة في تقييم أداء الأنظمة الكهروضوئية. ضمن هذا المنظور، انحصر العمل البحثي لهذه الأطروحة والتي تم فيها تقييم الأداء الديناميكي لنظام كهروضوئي ثلاثي الألواح بحلقة مفتوحة و مغلقة.

إن النظام الكهروضوئي المدروس قد أخضع لزاما لتأثيرات ظروف بيئية مختلفة نتج على إثره إصدار أحكامًا مختلفة على مناطق التشغيل للتيار وللجهد وللإستطاعة.

في الواقع، لوحظ سلوك ديناميكي معقد تم تحسينه بفضل إستراتيجية تحكم مقترحة. أعتمد ضمن هذه الأخيرة على تعديل التيار الكهروضوئي باستخدام وحدة تحكم في الوضع المنزلق من جهة ، ومن جهة أخرى على تعديل جهد الخرج باستخدام منظم PID ذو رتب عشري (FOPID) الذي تم تعديل معاملاته باستخدام استمثال عناصر السرب (PSO). هذا الأخير سمح بتحديد وحدة التحكم المثلى لمختلف مناطق التشغيل ونماذج التظليل الجزئي. لم يتطلب تعديل النظام الكهروضوئي استخدام تعديل عرض النبضة (PWM).

لقد لوحظت بعض النقائص بسبب النهج المستخدم لوضع وسائط التعديل على مستوى خوارزميات البحث عن نقطة الاستطاعة القصوى (MPPT). معالجتها تمت بتحديث تقنية MPPT بإقحام خوارزمية استمثال عثة اللهب (MFO) ودمجها مع إستراتيجية التحكم المقترحة.

إن إستراتيجية تحسين الأداء الديناميكي المقترحة تظهر نتائج فعالة للغاية لدرجة أنها أظهرت استجابات عابرة ممتازة لسيناريوهات تشغيل مختلفة.

الكلمات المفتاحية : الكهروضوئية (PV), تتبع نقطة الاستطاعة القصوى (MPPT), استمثال عناصر السرب (PSO), استمثال عثة اللهب (MFO), تعديل عرض النبضة (PWM), متحكم تناسبي تكاملي تفاضلي ذو رتب عشري (FOPID)

ABSTRACT

The output power of Photovoltaic (PV) energy generation systems depends mainly on climatic conditions and the occurrence of faults. The current-voltage characteristics of PV systems have regions of operation with various, most often constraining, transient responses. Significantly, the presence of partial shading is a case of particular interest in performance evaluation. The research work of this thesis comes under this perspective. Thus, the dynamic evaluation of a PV system's performances composed of three panels was carried out in an open and closed loop.

The studied PV system had to undergo the effects of different environmental conditions, which gave different evaluations on the operating regions of current, voltage, and power.

Indeed, a complex dynamic behavior has been identified, the improvement of which was obtained thanks to a proposed control strategy. The latter was based on one hand on regulating the PV current using a sliding mode controller, and on the other hand on regulating the output voltage using a Fractional Order PID (FOPID) controller whose parameters have been adjusted using Particle Swarm Optimization (PSO). The last one was able to determine the optimal controller for different operating regions and partial shading patterns. The regulation of the PV system did not require the use of Pulse Width Modulation (PWM).

Certain imperfections due to the regulation parameterization approach were observed at the levels of the Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithms. To remedy this, the MPPT technique based on the Moth-Flame Optimization (MFO) algorithm was implemented and combined with the proposed control strategy.

The proposed dynamic performance improvement strategy is highly effective which shows excellent transient responses in various operating scenarios.

Keywords : Photovoltaic (PV), Maximum Power Point Tracking (MPPT), Particle Swarm Optimization (PSO), Moth-Flame Optimization (MFO), Pulse Width Modulation (PWM), Fractional Order Proportional-Integral-Derivative (FOPID).

RESUME

La puissance fournie par les systèmes photovoltaïques (PV) dépend, principalement, des conditions climatiques et de la survenance des défauts. Les caractéristiques courant-tension des systèmes PV ont des régions de fonctionnement susceptibles de contenir diverses réponses transitoires le plus souvent contraignantes. Notamment la présence d'ombrage partiel en est un cas qui intéresse, particulièrement, l'évaluation des performances. Le travail de recherche de la présente thèse s'inscrit dans cette optique. Ainsi, l'évaluation des performances dynamiques d'un système PV composé de trois panneaux a été effectuée en boucle ouverte et fermée.

Le système PV étudié a dû subir les effets de différentes conditions environnementales qui ont donné, à leur tour, différentes appréciations sur les régions de fonctionnement du courant, de la tension et de la puissance.

En effet, un comportement dynamique complexe a été relevé dont l'amélioration a été obtenue grâce à une stratégie de contrôle proposée. Cette dernière s'est articulée d'une part, sur la régulation du courant PV à l'aide d'un contrôleur à mode glissant et d'autre part, sur la régulation de la tension de sortie à l'aide d'un régulateur PID d'ordre fractionnaire (FOPID) dont les paramètres ont été ajustés en utilisant l'optimisation par essaim de particules (PSO). Ce dernier a pu déterminer le contrôleur optimal pour différents régions de fonctionnement et modèles d'ombrage partiel. La régulation du system PV n'a pas nécessité un usage de la modulation à largeur d'impulsion (PWM).

Certaines imperfections dues à l'approche utilisée pour le paramétrage de la régulation ont été observées aux niveaux des algorithmes de recherche de point de puissance maximale (MPPT). Pour y remédier, la technique MPPT basée sur l'algorithme d'optimisation Hétérocère - Flamme (MFO) a été implémentée et associée à la stratégie de contrôle proposée.

La stratégie d'amélioration des performances dynamiques proposée est très efficace jusqu'à même montrer d'excellentes réponses transitoires dans divers scénarios d'exploitation.

Mots Clés : Photovoltaïque (PV), Poursuit du point de puissance maximal (MPPT), Optimisation par essais particuliers (PSO), Optimisation par Hétérocère - Flamme (MFO), modulation à largeur d'impulsion (PWM), Proportionnel-Intégral-Dérivé d'ordre fractionnaire (FOPID).