

Contributions à l'étude de la production d'électricité d'un panneau de cellules photovoltaïques avec des polymères semi-conducteurs

Mihaela Miron¹, Ion Antonescu², Iulian Cucos³

¹doctorand, Facultatea de Construcții de Mașini și Management Industrial Iași, mironmihaela2@yahoo.com

²doctor inginer, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, ianton@tuiasi.ro

³doctorand, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, i_cucos@yahoo.com

Résumé

Ce papier vise à présenter les recherches entreprises par les auteurs pour détermination de la production de l'électricité produite par un panneau photovoltaïque menée de cellules photovoltaïques avec des polymères semi-conducteurs. Il est présente la structure d'un tel panneau expérimental. Elle est suivie la variation dans le temps de production d'énergie en fonction des paramètres contrôlés tels que la position des cellules du panneau et de l'angle du panneau.

Mots-clés: cellules photovoltaïques, polymères semi-conducteurs

1. INTRODUCTION

Au cours des dernières années, des progrès significatifs ont été accomplis dans le domaine des cellules photovoltaïques basées sur l'utilisation de matériaux semi-conducteurs organiques. Les cellules solaires classiques sont constituées de matériaux inorganiques tels que le silicium. Bien que le rendement de conversion de ces cellules soit relativement élevé, ils exigent des matériaux coûteux et des technologies de fabrication pour l'énergie intensive. Les principales raisons de l'intérêt accru sur les matériaux semi-conducteurs organiques [1] sont:

- facilité de traitement et de faible coût de fabrication;
- flexibilité;
- la capacité à produire en utilisant des sources d'énergie renouvelables et des matériels recyclables.

Les polymères conjugués sont particulièrement attractifs par rapport au silicium, car ils sont forts absorbeurs de lumière visible et peuvent être déposés dans des substrats flexibles sur de grandes surfaces à l'aide de technologies de traitement par voie humide telles que l'impression ou le revêtement couche par couche.

2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Nous avons développé un panel expérimental avec des cellules photovoltaïques à base de polymères semi-conducteurs [2] pour étudier la production d'électricité de ces cellules par des paramètres en fonction des paramètres contrôlés tels que la position des cellules du panneau et de l'angle du panneau. Le panneau solaire photovoltaïque expérimental se compose des éléments suivants (Fig. 1):

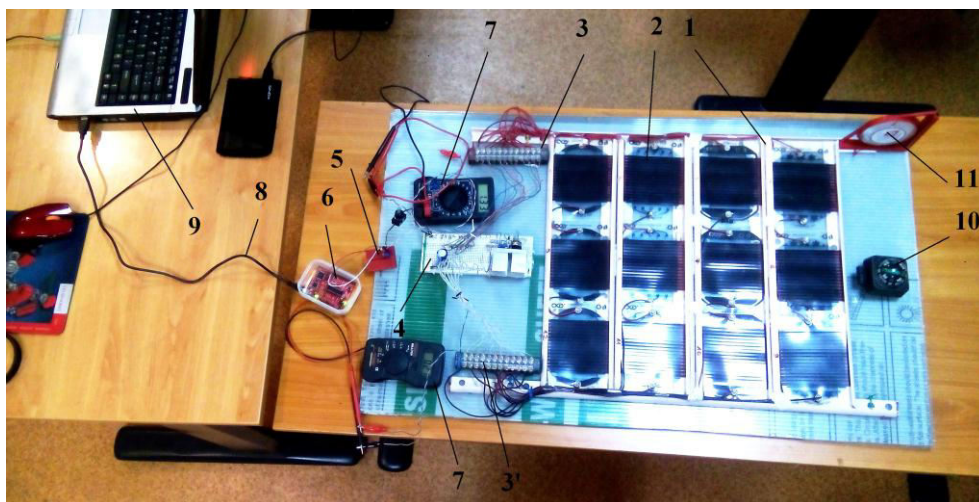


Fig. 1. Panel photovoltaïque expérimental

1 - châssis ultra-léger; 2 – cellules photovoltaïques avec de polymère semi-conducteurs; 3 - Connexion de câblage électrique dans les cellules photovoltaïques parallèles pour polarité positive; 3 ' - connexion de câblage électrique dans les cellules photovoltaïques parallèles pour polarité négative; 4 - régulateur de tension; 5 - dispositif de liaison avec la carte de développement au microcontrôleur; 6 - carte de développement Texas Instruments LaunchPad MSP - EXP430G2 avec microcontrôleur MSP430G2553; 7 - appareil de mesure de paramètres électriques (multimètre); 8 - câble de connexion USB entre la carte de développement et l'ordinateur; 9 - ordinateur portable avec interface de programmation et des programmes d'acquisition de données; 10 - boussole pour indiquer la direction d'orientation du panneau; 11 - clinomètre pour déterminer l'angle du panneau.

Afin d'obtenir une mesure dynamique des paramètres électriques sur le panneau photovoltaïque nous avons utilisé une carte de développement Texas Instruments Launchpad MSP-EXP430G2 [3]. Pour la programmation du microcontrôleur MSP430G2553 de la carte Launchpad nous avons utilisé la open-source plate-forme de programmation ENERGIA [4].

Pour le traitement graphique des données reçues de microcontrôleur MSP430G2553 nous avons développé un programme script MATLAB [5] qui permet la lecture de port USB, l'enregistrement des données dans fichiers texte et Excel, ainsi que la représentation graphique des données en temps réel et leur traçage.

Pour chaque mesure, nous avons utilisé un échantillon de 100 enregistrements. Le programme calcule les valeurs : moyenne, minimum, maximum et la déviation standard des résultats.

3. RÉSULTATS QUANTITATIVE, QUALITATIVE ET L'INTERPRETATION

Nous présentons deux cas des exemples d'échantillonnage réalise avec la carte Launchpad pour les valeurs des tensions électriques mesurées par le microcontrôleur: une mesure avec une variation relativement faible d'illumination des cellules photovoltaïques dans Fig. 2 et une mesure avec une variation prononcée d'illumination des cellules dans Fig. 3.

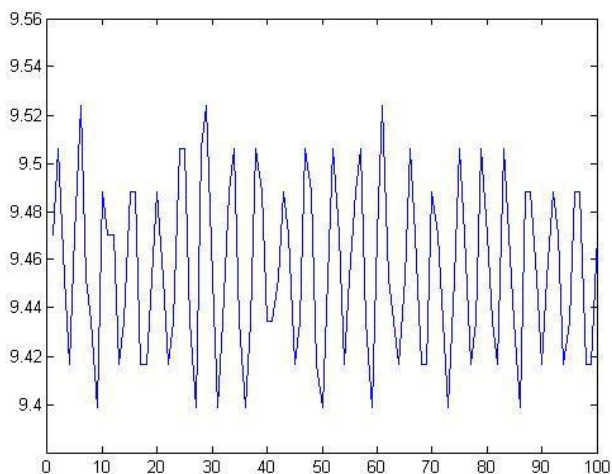


Fig. 2. Exemple de la mesure de l'énergie avec une variation de l'intensité du rayonnement solaire lente.

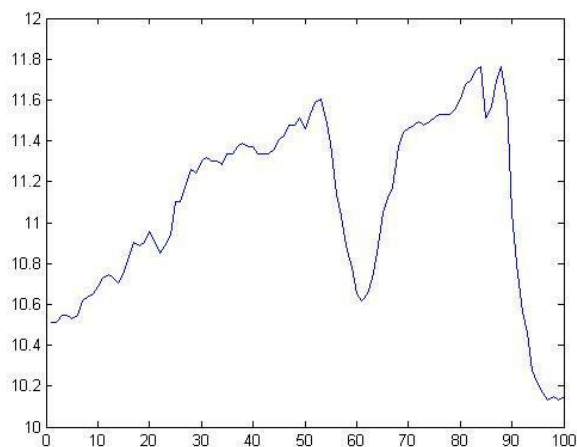


Fig. 3. Exemple de la mesure de l'énergie avec une variation de l'intensité du rayonnement solaire prononcé

Nous avons entrepris des mesures expérimentales réalisées tout au long d'une journée en enregistrant des tensions électriques horaires sur chaque cellule photovoltaïque d'un panel, la tension moyenne des cellules, la tension d'entrée dans le contrôleur et la tension de charge de la batterie fournie par le contrôleur, aux quatre angles d'inclinaison du panel : 0° (panel dispose horizontalement); 25°; 35° (angle optimal d'emplacement d'panneau) ; 45°.

Dans Fig. 4 nous présenterons une comparaison des variations des tensions électriques sur chaque cellule photovoltaïque d'un panel pour les angles d'inclinaison du panel de 0°; 25°; 35°; 45° à 12 heures.

Dans Fig. 5 nous présenterons les variations au long d'une journée de la tension moyenne des cellules, la tension d'entrée dans le contrôleur et la tension de charge de la batterie pour l'angle optimal d'emplacement d'panneau de 35°.

On a aussi modélisé statistique les données par la méthode de moindres carrés polynomiale d'ordre 3 [6], obtenant, par exemple, ces courbes de régression en temps pour l'angle optimal d'emplacement d'panneau de 35° :

Tension moyenne des cellules :

$$U_{mo\ cel} = -0.0079t^3 + 0.1073t^2 + 1.1917t - 4.7876 \quad (1)$$

avec le coefficient de corrélation $R^2 = 0.956$

Tension d'entrée dans le contrôleur :

$$U_{en} = -0.0096t^3 + 0.1638t^2 + 0.5896t - 3.4204 \quad (2)$$

avec le coefficient de corrélation $R^2 = 0.9706$

Tension de charge de la batterie :

$$U_{out} = 0.0113t^3 - 0.4933t^2 + 7.0452t - 25.765 \quad (3)$$

avec le coefficient de corrélation $R^2 = 0.9917$

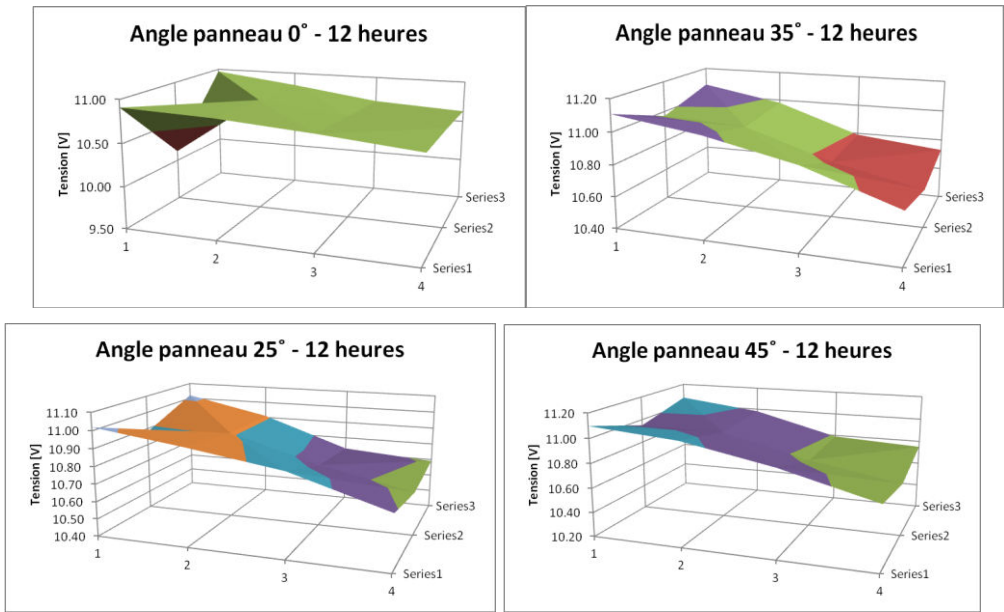


Fig. 4. Variation des tensions électriques sur chaque cellule photovoltaïque d’panel pour les angles d’inclinaison du panel de 0°; 25°; 35°; 45°, a 12 heures

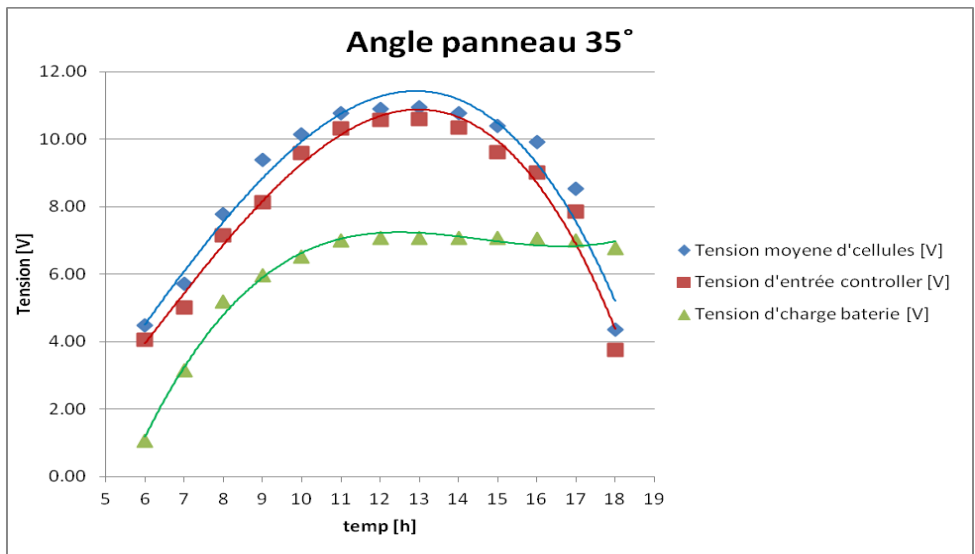


Fig. 5. Variation en temps de la tension moyenne des cellules, la tension d'entrée dans le contrôleur et la tension de charge de la batterie pour l'angle optimal d'emplacement d'panneau de 35°

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Avec cet ouvrage nous avons démontré que les cellules photovoltaïques avec des polymères semi-conducteurs organiques sont une alternative viable à les cellules classiques avec silicium.

Les expériences ont montré que l'angle optimal d'inclinaison du panneau solaire est de 35°, compatible avec les données de la littérature. Il a constaté une variation relativement importante dans la production d'électricité en fonction de l'emplacement des cellules sur le panneau, mais il n'a pas eu une influence significative sur la production énergétique totale.

À l'avenir, on pourrait mener des études sur la variation de la production d'énergie en fonction de la température ou des autres conditions météorologiques. On pourrait aussi réaliser le suivi automatisé des panneaux de la trajectoire solaire.

Bibliografie

1. Martin Helgesen, Roar Søndergaard, Frederik C. Krebs, Advanced materials and processes for polymer solar cell devices, *Journal of Materials Chemistry*, 2010, 20, 36–60.
2. Frederik C. Krebs, Markus Hçsel, Michael Corazza, Berenger Roth, Morten V. Madsen, Suren A. Gevorgyan, Roar R. Søndergaard, Dieter Karg, Mikkel Jørgensen, Freely available OPV—The fast way to progress, *Wiley-VCH Verlag GmbH& Co. KGaA, Weinheim Energy Technol.* 2013, 1, 378 – 381.
3. <http://www.ti.com/>
4. <http://energia.nu/>
5. <https://www.mathworks.com/products/matlab/>
6. Fowler A.C., *Mathematical Models in the Applied Sciences*, Cambridge Texts in Applied Mathematics, Cambridge University Press, 1997