

CERCETĂRI ASUPRA DEPENDENȚI TEMPERATURII CELULELOR FOTOVOLTAICE DE CONDIȚIILE DE MEDIU

Grigoriu Mircea¹, Preda Liliana¹, Dinu Doina¹,
Popescu Cristinel²

¹ Universitatea POLITEHNICA of București, 313
Spl.Independentei, district 6, București, CP 060042

²Universitatea Constantin Brancusi, Targu Jiu
Eroilor,nr.30

grigoriu.mircea@gmail.com,
lilianapreda@yahoo.com,
dinudoinacor@yahoo.com
cristi67pop@yahoo.com

RESEARCH ON TEMPERATURE DEPENDENCE UPON PHOTOVOLTAIC CELLS IN NATURAL CONDITIONS

Grigoriu Mircea¹, Preda Liliana¹, Dinu Doina¹,
Popescu Cristinel²

¹ University POLITEHNICA of Bucharest, 313
Spl.Independentei, district 6, Bucuresti, CP 060042

²Universitatea Constantin Brancusi, Targu Jiu
Eroilor,nr.30

grigoriu.mircea@gmail.com,
lilianapreda@yahoo.com,
dinudoinacor@yahoo.com
cristi67pop@yahoo.com

Rezumat

Această lucrare prezintă o propunere pentru estimare a dependenței temperaturii celulelor fotovoltaice de condițiile de mediu, uzual, reprezentate de parametrilor meteorologici în locul de exploatare.

Bazat pe cercetări în laboratoarele de Universitatea Politehnica Bucuresti, lucrarea concluzionează că temperatura relativă a suprafeței de celule solare poate fi corectată prin fluxul de aer care trece de-a lungul acestei suprafațe. Noutatea acestei cercetări este de a estima modul de corelare a temperaturii de debitul de aer respectiv.

Se iau în considerare mai multe tipuri de operare, având în vedere domeniile de funcționare ale celulelor fotovoltaice.

01. INTRODUCERE

Considerând dezvoltarea explozivă a aplicațiile industriale și domestice ale sistemelor fotovoltaice, concurând celelalte surse tradiționale de surse regenerabile de energie, problema optimizării exploatării lor a devenit acută.

Este cunoscut faptul că funcționarea eficientă a celulelor este puternic influențată de temperatură. În prezent se caută modalități de a reduce temperatura celulelor pentru a crește eficiența lor și modalități coernte pentru a estima fezabilitatea sistemelor propuse. Se știe de asemenea, că temperatura de lucru este mai mare decât temperatura mediului ambiant pentru că celula fotovoltaică absoarbe o parte

Abstract

This paper presents a proposal for estimating the correction photovoltaic cell temperatures environmental conditions outside, usually reprezentate of operational meteorological parameters in place cells.

Based on research in the laboratories of the University Politehnica Bucharest, concluded that the relative temperature of the surface of solar cells can be corrected through airflow passing along that surface. The novelty of this research is to estimate how representative the analyzed parameters, temperature and air flow rate respectively.

Take into account several types of work, given the operational areas of photovoltaic cells.

01. INTRODUCTION

Given the explosive expansion of industrial and domestic applications of photovoltaic systems, reaching compete other traditional sources of energy, put their acute problem of optimizing operation parameters as tall.

As is noted that efficient operation is strongly influenced by temperature, is currently looking for ways to reduce the temperature and to estimate the feasibility of currently looking for ways to reduce the temperature and to estimate the feasibility of proposed systems. We know also that temperatura operation is higher than the ambient temperature as photovoltaic cell itself absorbs a significant portion of heat energy

semnificativă de energie termică primită de la sursă, datorită calității și culoarea materialelor din care este fabricat stratul de la suprafața celulei.

În acest sens, este util să se estimeze corect interdependența de temperatură a suprafeței celulei și a parametrilor meteorologici, dintre care ponderea cea mai însemnată o are viteza curentului de aer la suprafața celulei fotovoltaice.

În prezent, calculul efectiv al randamentului celulelor fotovoltaice ignora efectul de răcire exercitat de factorii de mediu aleatori, printre care cel mai important este curentul de aer, manifestat chiar mai puternic în condițiile uzuale de exploatare, de clădiri sau de ansamblu orasele care reduc viteza aerului. De obicei, sistemele funcționează în atmosfera liberă, astfel încât influența condițiilor meteorologice este deosebit de important.

Această lucrare se bazează pe observația, cunoscut în literatura de specialitate, că temperatura suprafeței celulei fotovoltaice pot fi reduse prin intermediul unor soluții special amenajate (jet de apă de răcire) sau natural prin poziționarea favorabilă și sisteme fotovoltaice analizată, deopotrivă în ceea ce privește captura radiației incidente, precum și din punctul de vedere al asigurării suprafața de racire cu un consum minim de energie.

02. METODE DE ESTIMARE DE DEPENDENȚEI TEMPERATURII DE LUCRU A UNUI CELULE FOTOVOLTAICE DE VITEZA CURENTULUI DE AER

Analiza efectuată în lucrare, propune estimarea temperaturii de lucru a unei celule fotovoltaice, operând în condiții naturale, ținând seama de parametrii caracteristici funcționali ai celulei și de parametrii de mediu ambiant [1].

Modelul metematic al funcționării celulei se obține prin încercarea în laborator a celulei analizate, în condiții standard, măsurând puterea efectivă a radiației care ajunge la suprafața celulei, puterea electrică furnizată de celulă, temperatura la suprafața celulei.

Caracteristicile specifice ale materialelor

received from the source due to the quality and color of the materials it is made from the cell surface layer.

In this respect, it is useful to estimate the correct temperature dependence of cell surface and meteorological parameters, among which the most significant weight has current photovoltaic cell surface, which cools the surface.

Actual calculation of operating efficiency photovoltaic cells ignore the cooling effect exerted by random environmental factors, among which the most important is natural current of air, wind, manifested even more strongly, as the application is made in a isolated place, away from buildings or whole cities that reduce air speed. Typically, the systems function in free atmosphere, so the influence of weather conditions is especially important.

The analysis in this paper is based on the observation, known in the literature that the surface temperature of the photovoltaic cell can be reduced by means manufactured (cooling water jet) or naturally by favorable positioning as photovoltaic systems analyzed both in terms capture the incident radiation as well as from the point of view of ensuring surface cooling with minimum power consumption.

02. ESTIMATION METHODS OF WORKING TEMPERATURE DEPENDENCE OF A PHOTOVOLTAIC CELLS OF AIRFLOW SPEED

2.1. Description assumptions adopted for modeling the operation of a photovoltaic cell

The proposed method for estimating the operating temperature of photovoltaic cells under natural conditions is actually based on a mathematical model of cell operation model linking structural and functional parameters of cell parameters is exploited cell environment [1].

Metematic model of cell operation is achieved by testing laboratory cell analyzed under standard conditions, measuring the effective power of radiation that reaches the cell surface, the electrical power supplied to the cell,

determină și reacția celulei la viteze diferite ale curentului de aer, prin obținerea unor temperaturi specifice [4].

Se concluzionează că o funcție care modelează operarea unui anumit tip de celulă fotovoltaică este dependența temperaturii de la suprafața celulei de viteza curentului de aer $t^0 = f(v)$.

2.1. Parametrii funcționali ai celulelor fotovoltaice

Fiecare tip de celulă fotovoltaică este descrisă de caracteristici funcționale și constructive specifice, care o individualizează de alte tipuri de celule. Ca urmare, deși procedeul de modelare este același, corelațiile stabilite sunt specifice tipurilor constructive analizate. O parte dintre caracteristici sunt furnizate de fiecare producător, iar altele sunt determinate experimental în cadrul lucrării.

Întrucât scopul modelării celulelor este stabilirea corectă a parametrilor funcționali în condiții concrete de exploatare, se analizează doar corelarea acestor parametri pentru fiecărui tip de celulă în parte cu parametrii de mediu exterior, fără a lua în considerație caracteristicile constructive, precum dimensiunile sau tipurile și grosimea straturilor de materiale. Există situații în care se iau în considerație și unele fenomene interioare, caracteristice procesului propriu-zis de transformare a energiei, dar în calitate de restricții pentru parametrii funcționali considerați.

A. Parametrii funcționali

Scopul realizării celulelor fotovoltaice este transformarea directă a energiei radiante în energie electrică, fără a trece prin alte forme intermediare de energie.

Ca urmare, parametrii funcționali caracteristici celulelor fotovoltaice sunt, după cum urmează:

P_r - puterea consumată, reprezentată de puterea radiantă disponibilă la locul de amplasare a celulei;

P_{el} - puterea utilă, reprezentată de puterea electrică produsă de celulă în condițiile funcționale specifice;

the temperature at the cell surface.

Because cells normally work in large numbers, linked in various ways, the main functional parameter is the efficiency of the cell that yield assembly is the same as mentioned above, so you can analyze the performance of a single cell or an entire system. It is proposed to attempt an sistemcompus of several photovoltaic cells so that the power measured to have higher values, thus increasing the accuracy of the calculations.

Same material characteristics determine the cell response to changes in air flow, but in a different way, so compertării cell modeling has specific forms for different types of construction.

It is concluded that the temperature variation model a specific type of photovoltaic cell is of the form $t^0 = t^0(v)$.

In practice, photovoltaic cells work most of the time in much smaller areas and a detailed analysis of the temperature dependence of the airflow on normal operating areas show a close representation of a second degree curve.

It is noted that modeling consists of identifying analytical correlations between parameters describing the functional characteristics of the cells analyzed.

Conclusions obtained for a type of solar cells can be extrapolated to any other cell type with similar construction.

2.2. Parameters of the cells

Each type of photovoltaic cell is described by the functional and constructive characteristics that distinguish it from other types of cells. Therefore, although the modeling process is the same, the correlations established specific structural types analyzed. Some manufacturers are supplied by each distinct family, others are determined experimentally in this paper [2], [3].

A. Constructive parameters

Order to achieve photovoltaic cells transform radiant energy directly into electricity without going through other intermediate forms of energy.

As a result, operating parameters features photovoltaic cells are as follows:

η - randamentul celulei, reprezentat de randamentul transformării directe a energiei radiante în energie electrică $\eta = \frac{P_{el}}{P_r}$.

Aceștia sunt parametrii care stau la baza modelării funcționării celulelor.

B. Parametrii de mediu exterior

Pot fi luați în considerație mai mulți parametri care să caracterizeze mediul exterior, în funcție de scopurile studierii celulelor. Din punctul de vedere al modelării exploatarei, ținând seama de experimentele efectuate și de rezultatele cunoscute din literatura de specialitate, se identifică doi parametri:

t^0 - temperatura de exploatare, asimilată cu temperatura măsurată la suprafața celulei;

v - viteza curentului de aer în vecinătatea celulei.

Se observă, în urma măsurătorilor efectuate că eficiența celulelor fotovoltaice este semnificativ influențată de temperatura la suprafața acestora, precum și faptul că această temperatură se reduce odată cu creșterea vitezei curentului de aer care răcește suprafața celulei.

Pot exista și alte condiții speciale de lucru, create special pentru a reduce temperatura la suprafața celulei, cum ar fi răcirea forțată a acesteia cu jet de apă sau prin alte procedee, dar aceste soluții nu au încă o aplicație semnificativă în practică, în timp ce răcirea naturală de către curentul de aer este un fenomen spontan, favorizant exploatarei în natură celulelor.

2.3. Modele de aproximare a variației temperaturii relative a celulelor fotovoltaice de viteza curentului de aer la suprafața acestora

Se introduce o funcție de forma

$$t^0 = f_v(v). \quad (1)$$

Inconveniențele care pot să apară se referă la ecartul de variație a temperaturii și vitezei vântului la suprafața celulei care poate fi întâlnit în exploatarea practică.

Se poate utiliza o corelație între mărimi

P_r - power consumption, represented by the radiant power available at the location of the cell;

P_{el} - heat output, represented by the electrical power produced by the cell in specific functional requirements;

η - return cell, represented by direct transformation of radiant energy efficiency in electricity $\eta = \frac{P_{el}}{P_r}$.

B. Environmental parameters outside

May be taken into account several parameters that characterize the external environment, depending on the purpose of studying cells. From the point of view of modeling operations, taking account of experiments conducted and the results known from the literature, one important parameter identifies the external environment:

t^0 - operating temperature, treated with the temperature measured at the cell surface.

It is observed from the measurements that the efficiency of photovoltaic cells is significantly influenced by their surface temperature.

2.3. Approximate relative temperature characteristic of photovoltaic cell based on cell surface airflow speed

It is inserted a function of the form

$$t^0 = f_v(v). \quad (1)$$

Inconveniences that may arise concerns the spread of variation of temperature and wind speed at the cell surface that may be encountered in practical operation.

It can be used a partial correlation between type sizes adimensionalizate

$$t_r^0 = \frac{\Delta t^0}{t_{\max}^0} = f_t(v) \quad (2)$$

where

Δt^0 - temperature difference between the cell surface in the absence of air flow, maximum considered (Δt_{\max}^0) and cell surface

adimensionalizate parțial de tipul

$$t_r^o = \frac{\Delta t^o}{t_{\max}^o} = f_t(v) \quad (2)$$

unde

Δt^o - diferența dintre temperatura la suprafața celulei în absența curentului de aer, considerată maximă (Δt_{\max}^o) și temperatura la suprafața celulei la un moment dat, pentru o viteză oarecare (i) a curentului de aer (Δt_i^o)

$$\Delta t^o = t_{\max}^o - t_i^o \quad (3)$$

În această situație, modelul funcțional al celulei ar putea fi reprezentat de o funcție de randament de forma

$$\eta = f[t_{\max}^o \cdot (1 - f_t)] \quad (4)$$

unde

$$t_i^o = t_{\max}^o \cdot (1 - f_t). \quad (5)$$

Procedul este aplicabil în cazul sistemelor fotovoltaice exploatate în condiții meteorologice greu previzibile, existând posibilitatea apariției unor fenomene extreme. Rezultatele obținute pot avea o marjă largă de aproximare.

2.3. Modele de aproximare a variației diferenței de temperatură a celulelor fotovoltaice de viteza curentului de aer la suprafața acestora

Totuși, observând măsurătorile efectuate și concluziile unor lucrări de specialitate [2], se constată că dependența randamentului celulei de temperatura de lucru este suficient de bine conturată, fără puncte de inflexiune și variații importante pe domeniul uzual de exploatare, cuprins între valori precum

$$t^o \in [-25^o \dots 50^o],$$

respectiv

$$v \in \left[0 \dots 12 \frac{m}{s} \right], \quad (6)$$

temperature at a given time for a certain speed (i) of the flow (Δt_i^o)

$$\Delta t^o = t_{\max}^o - t_i^o \quad (3)$$

In this case, the functional model of the cell could be represented by a yield function of the form

$$\eta = f[t_{\max}^o \cdot (1 - f_t)] \quad (4)$$

where

$$t_i^o = t_{\max}^o \cdot (1 - f_t). \quad (5)$$

The method is applicable to photovoltaic systems operating in unpredictable weather conditions, with the possibility of extreme events.

Results may have a large margin of approximation.

2.3. Caracteristicii approximate temperatură diferență fotovoltaic cell based on cell surface airflow speed

However, noting the measurements and conclusions of the literature, it appears that the temperature dependence of cell efficiency is sufficiently well defined without inflection points and important variations on the typical operating range of the values of

$$t^o \in [-25^o \dots 50^o], \text{ with}$$

$$v \in \left[0 \dots 12 \frac{m}{s} \right], \quad (6)$$

astfel încât pentru evitarea utilizării unor extrapolări hazardate, se propune utilizarea unor corelații directe, între parametri exprimați în valori reale, pe baza mărimilor măsurate direct în laborator și în câmp.

Deci, este acceptabilă corelația de forma

$$\eta = f(t_{\max}^0 - \Delta t^0), \text{ cu } \Delta t^0 = f_v(v), \quad (7)$$

adică

$$\eta = f(t_{\max}^0 - f_v(v)). \quad (8)$$

În condiții de schimbare a anotimpului, vară-iarnă, se pot admite corelații identice cu dificultate, abaterile fiind mai mari decât cele obținute prin modelări individuale pe anotimpuri.

Funcția de modelare propusă este caracteristică unei anumite celule fotovoltaice care funcționează în condiții climatice stabile, la un regim al curenților de aer cunoscuți.

03. CONCLUZII DEPENDENȚEI TEMPERATURII CELULELOR FOTOVOLTAICE DE VITEZA CURENTULUI DE AER

Se constată pe baza rezultatelor experimentale, dependența temperaturii suprafeței celulei de viteza curentului spontan de aer care răcește această suprafață, adică de viteza vântului care mătură suprafața celulei, ceea ce era de așteptat.

Dar se evidențiază și o corelație, satisfăcătoare pe domenii normale de exploatare, între temperatura suprafeței celulei și viteza curentului de aer.

Pentru domenii largi ale valorilor temperaturilor de exploatare a celulelor fotovoltaice și ale vitezelor curenților de aer măsurate la suprafața celulelor, există posibilitatea utilizării unei expresii adimensionalizate a temperaturii, de forma

$t_r^o = \frac{\Delta t^o}{t_{\max}^o}$, denumită în lucrare temperatură relativă.

Pentru domenii ale valorilor temperaturii și curentului de aer la suprafața plăcii

in order to avoid the use of hazardous extrapolations, it is proposed the use of direct correlations between parameters expressed in real values, based on quantities directly measured in the laboratory and in the field.

So it acceptable correlation of the form

$$\eta = f(t_{\max}^0 - \Delta t^0), \text{ cu } \Delta t^0 = f_v(v) \quad (7)$$

then

$$\eta = f(t_{\max}^0 - f_v(v)). \quad (8)$$

In terms of changing seasons, summer and winter, it may hardly identical correlations, deviations are higher than those obtained by modeling individual seasons.

The proposed modeling function is characteristic of a particular photovoltaic cells operating in stable climate conditions, a system of air currents known.

03. CONCLUSIONS ON THE INTERDEPENDANCE OF PHOTOVOLTAIC CELLS TEMPERATURE WITH AIRFLOW SPEED

It appears based on experimental results, the temperature dependence of cell surface spontaneously current velocity air which cools the surface wind speed that is sweeping the cell surface, as expected.

Values for large areas of photovoltaic cells operating temperatures and air flow velocities measured at the cell surface, it is possible to use an expression adimensionalizate

temperature form $t_r^o = \frac{\Delta t^o}{t_{\max}^o}$, the relative temperature of work.

For fields of temperature and airflow values to the surface photovoltaic plate proposed to express the temperature difference between the temperature at the cell surface in the absence of air flow, maximum temperature considered, ie when uncooled surface.

fotovoltaice , se propune exprimarea temperaturii prin diferența dintre temperatura la suprafața celulei în absența curentului de aer, considerată temperatură maximă, adică în situația suprafeței nerăcite.

Pentru domenii uzuale de exploatare a celulelor fotovoltaice, viteza curentului de aer poate fi luată în considerație prin valoare sa normală și nu este cazul să fie adimensionalizată. Valorile de variație normale ale vitezei curentului de aer sunt cuprinse între $0...12\frac{m}{s}$. Procedul este acceptabil pentru domenii mai largi ale valorilor vitezei. Pentru domenii foarte largi, este posibilă utilizarea valorilor adimensionalizate, ca și în cazul temperaturilor.

Bibliografie

1. H. Andrei, V. Dogaru, G. Chicco, C. Cepisca, F. Spertino - *Photovoltaic Applications, Journal of Materials Processing Technology*, Elsevier, volume 181, Issue 1-3, 1 January 2007, pag. 267-273.
2. European Photovoltaic Industry Association - *Photovoltaics in 2010. Photovoltaics: Current Status and a Strategy for European Industrial and Market Development to the year 2010.*
3. T. Markvart, L. Castafier – *Practical handbook of photovoltaic: fundamentals and applications*, Elsevier 2003, ISBN-10: 1-85617-390-9.
4. H. Andrei, V. Dogaru, G. Chicco, C. Cepisca, F. Spertino - *Photovoltaic Applications, Journal of Materials Processing Technology*, Elsevier, volume 181, Issue 1-3, 1 January 2007, pag. 267-273.
5. European Photovoltaic Industry Association - *Photovoltaics in 2010. Photovoltaics: Current Status and a Strategy for European Industrial and Market Development to the year 2010.*
6. T. Markvart, L. Castafier – *Practical handbook of photovoltaic: fundamentals and applications*, Elsevier 2003, ISBN-10: 1-85617-390-9.

For usual operating areas of photovoltaic cells, airflow rate can be considered the normal value and we should not be adimensionalizată. Change values normal airflow velocity is between $0...12\frac{m}{s}$. The process is acceptable to broader areas of speed values. For very large areas, erste can use adimensionalizate values, as with temperature.

References

7. H. Andrei, V. Dogaru, G. Chicco, C. Cepisca, F. Spertino - *Photovoltaic Applications, Journal of Materials Processing Technology*, Elsevier, volume 181, Issue 1-3, 1 January 2007, pag. 267-273.
8. European Photovoltaic Industry Association - *Photovoltaics in 2010. Photovoltaics: Current Status and a Strategy for European Industrial and Market Development to the year 2010.*
9. T. Markvart, L. Castafier – *Practical handbook of photovoltaic: fundamentals and applications*, Elsevier 2003, ISBN-10: 1-85617-390-9.
10. H. Andrei, V. Dogaru, G. Chicco, C. Cepisca, F. Spertino - *Photovoltaic Applications, Journal of Materials Processing Technology*, Elsevier, volume 181, Issue 1-3, 1 January 2007, pag. 267-273.
11. European Photovoltaic Industry Association - *Photovoltaics in 2010. Photovoltaics: Current Status and a Strategy for European Industrial and Market Development to the year 2010.*
12. T. Markvart, L. Castafier – *Practical handbook of photovoltaic: fundamentals and applications*, Elsevier 2003, ISBN-10: 1-85617-390-9.