

Изследване влиянието на някои фактори върху изходната мощност на PV модул

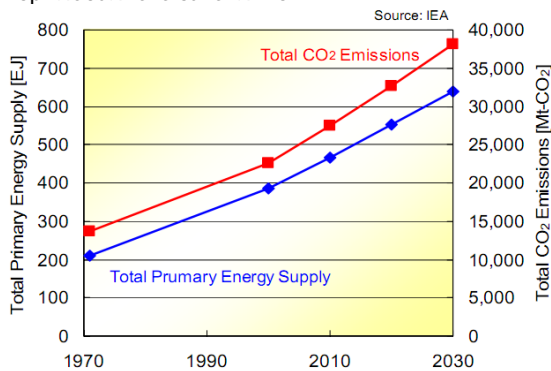
Фахми Алкатири, Лидия Георгиева

Investigation influence of some factors on PV module output power: There are several kinds of photovoltaic (PV) systems mounted on the roof constructions. For their installation is required a long-term measurements and fully information of solar radiation. The generated power from PV module strongly depends on factors like tilt angle, temperature of PV module. This paper analyze the relationship between solar radiation power output with tilt angle and temperature of PV module by using actual measurement data at Rouse University "Angel Kunchev"- Rouse.

Keywords: PV System, Solar Radiation, Tilt Angle, PV Module Temperature, PV module cooling.

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години непрекъснато се увеличава търсенето на нови енергийни източници в световен мащаб поради редица фактори като бързият икономически растеж и увеличаване на населението, особено в развиващите се страни. Според годишния доклад на Международна Енергийна Агенция (IEA) от 2002 г. емисиите на CO₂ и общото количество първична енергия ще се увеличат около два пъти в сравнение с нивата, наблюдавани през 2000 г. (фиг. 1) [1]. Установено е, че огромната консумация на енергия води до редица сериозни проблеми, например глобалното затопляне.

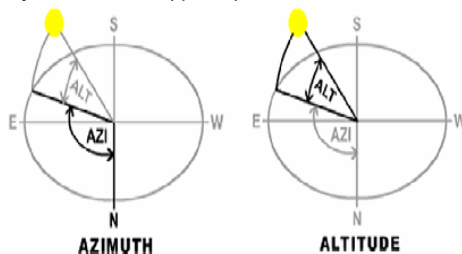


Фиг.1. Тренд на емисиите на CO₂ и първичната енергия в световен план

Важна мярка за да ограничаване на глобалното затопляне е намаляване на емисиите на парниковите газове. Затова, замяната на традиционните изкопаеми източници с нови такива увеличава интереса към използването на възобновяеми енергийни източници (ВЕИ). Това са подкрепя и от факта, че ВЕИ са дългосрочни, неизчерпаеми и надеждни източници на енергия, които не замърсяват околната среда [2, 3]. Като особено перспективни се оказват и все по-широко приложение в редица области намират фотоволтаичните (PV) системи за директно преобразуване на слънчевата енергия в електрическа [4].

Поради тази причина, усилията на редица изследователи са насочени към непрекъснато увеличаване на ефективността на PV системите. Ефективността е основен показател на една соларна клетка. Установено е, че тя зависи най-силно от работната температура на клетката и наклона на фотоволтаичния панел спрямо слънчевите лъчи[5, 6].

Слънцето непрекъснато променя позицията си през деня и различните годишни сезони. Позицията на слънцето също зависи и от местоположението, затова е важно е да се знае географска ширина и дължина. Позицията на слънцето обикновено се дава като ъгли по азимут и алтитюд (фиг.2).



Фиг.2. Ъглите, определящи позицията на слънцето

Азимута представлява хоризонталния ъгъл на слънцето относно север. Той е винаги положителен по посока на часова стрелка от север и има стойност в диапазон $(-180^\circ < Azi < 180^\circ)$. Докато алтитюд представлява вертикалния ъгъл, който слънцето прави с хоризонталната повърхност, и има стойност $(0^\circ < Alt < 90^\circ)$

В настоящата работа са използвани няколко метода за оптимизиране на ефективността на генерираната мощност от PV модул и са представят резултатите от изследване влиянието на температурата на фотоволтаичен панел и ъгъла на наклона върху изходната му мощност.

МЕТОДИ И СРЕДСТВА

Предложени и използвани са няколко метода за измерване на някои енергийни величини, характеризиращи фотоволтаична система (табл. 1).

Таблица1

Основни измервани величини

Параметър	Описание
$G, W.m^{-2}$	Слънчева радиация
I_n, A	Номинален ток
U_n, V	Номинално напрежение
$T_{mod}, ^\circ C$	Температурата на панела
$T_{amb}, ^\circ C$	Температурата на въздуха

Изследванията са проведени в район на Русенски университет. На фиг.3 е показана опитната установка на измервателна система. Тя се състои от следните елементи:



Фиг. 3. Опитна измервателната система

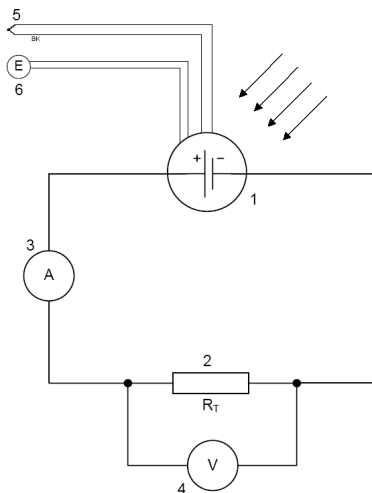
- Монокристален PV модул, тип SUNSET AS 110 (табл. 2);
- Цифров волтметър за измерване на номинално напрежение (U_n) и напрежението на празен ход (U_{oc});
- Цифров амперметър за измерване на номинален ток (I_n) и ток на късо съединение (I_{sc});
- Цифров луксметър тип PU550 за измерване на осветеността. Използва се определяне на перпендикулярността на слънчевите лъчи спрямо повърхността на панела;
- Термодвойка тип DT838 за измерване температурата на панела;
- Термометър за измерване на температурата на въздуха;
- Специализиран ъгломер за определяне наклона на PV модул.

Таблица 2

Технически параметри на монокристален PV модул тип, SUNSET AS 110

Описание	Стойност
Тип	SunSet
Максималната мощност, P_{max} , W	110
Номинален ток, I_n , A	6.6
Номинално напрежение, U_n , V	16.7
Ток на късо съединение, I_{sc} , A	7.5
Напрежение на празен ход, U_{oc} , V	20.7

На фиг.4 е показана схемата на уредба, използвана при изследването.



Фиг.4. Схема за свързване:

1 – PV модул, 2 – товарно съпротивление ($R_T = 2,5 \Omega$),
 3 – амперметър, 4 – волтметър, 5 - термодвойка, 6 – сензор на луксметъра.

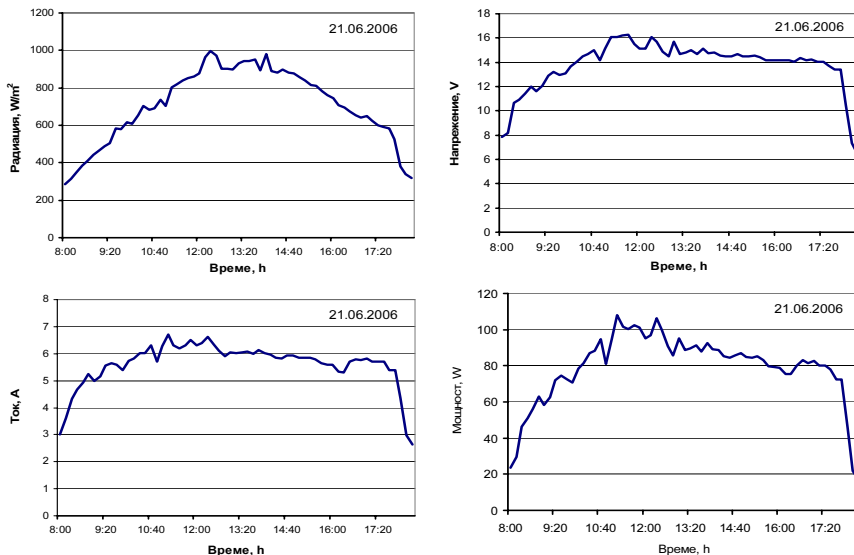
Стойката на панела дава възможност промяна наклона на PV модула. Проведени са опити, при:

- Фиксирано положение: модула се ориентира на юг с наклон 30° ;

- Едноосно въртене (изток-запад): следвайки азимута на Слънцето;
- Двусно въртене:
 - Едноосно въртене (изток-запад) с охлаждане на панела.
 - Двусно въртене с охлаждане на панела.

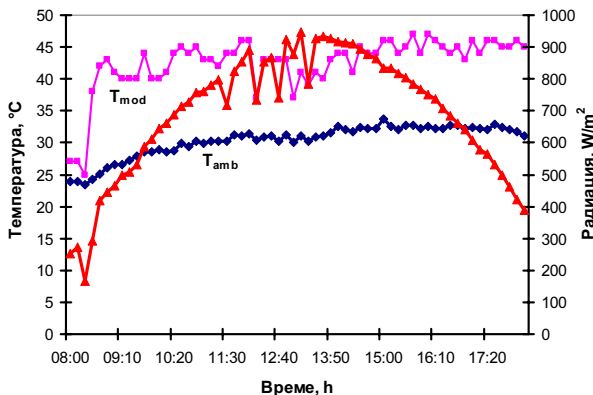
Резултати от изследването.

На фиг. 5 са показани типичния характерна слънчевата радиация и дневният ход на измерваните напрежението, тока и произведената от системата мощност 21.06.2006г.



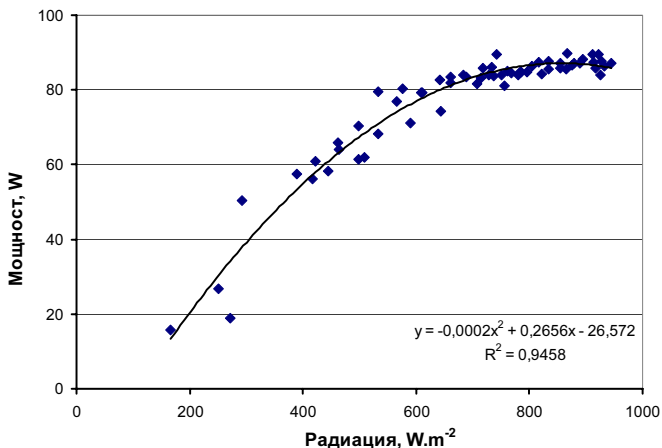
Фиг. 5. Графично представяне на основни измервани величини

На фиг. 6 са показани типови криви на изменение на температурата на модула (T_{mod}), температурата на въздуха (T_{amb}) и слънчевата радиация за ясен слънчев ден. Слънчевата радиация има характер на изменение, следващ азимута на Слънцето.



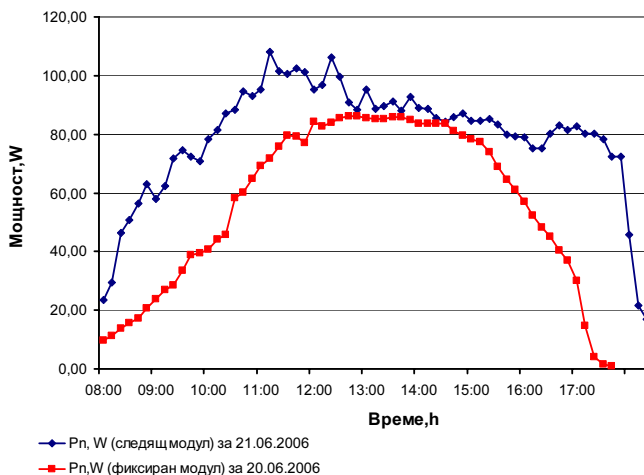
Фиг. 6. Изменение на слънчевата радиация и температурата на модула и на въздуха при ясен слънчев ден за 21 юни 2006 г.

На фиг. 7 е илюстрирано отношението между интензивността на слънчева радиация и дневна генерирана мощност. Както се вижда от фигурата, че мощността има силна връзка със слънчевата радиация.



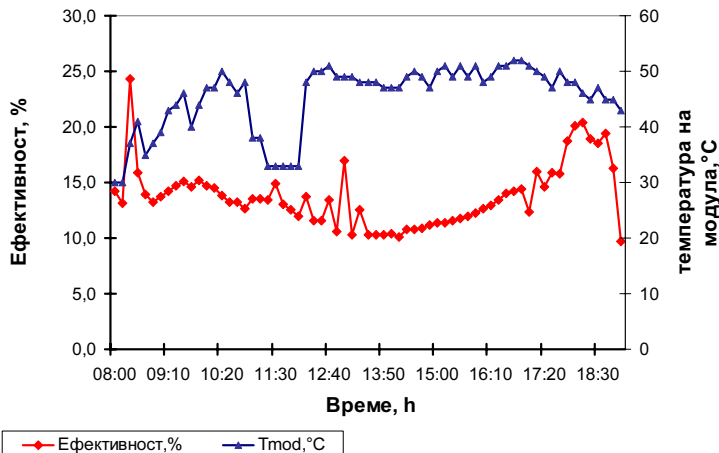
Фиг.7. Зависимост на генерираната мощност от слънчевата радиация

Максималната мощност на изводите на фотоволтаичния панел се получава между 10,30 и 16,30 h (фиг.8). Нейната стойност е в интервала (80 – 107,96) W и остава сравнително постоянна във времето, при което слънчевата радиация се изменя от 700 до 998 W.m⁻². На фигурата са показани резултати от измерванията при фиксиране и следене на Слънцето от модула. При сравняването на получената мощност от PV модула със и без следяща система се вижда, че при наличие на такава получената мощност е значително по-голяма за по-продължителен период от деня.



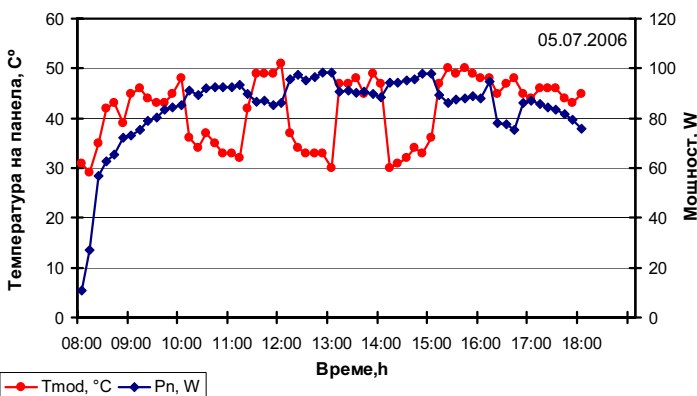
Фиг. 8. Дневен ход на получената мощност от PV панела при стационарен и следящ режим на работа за 20 и 21 юни 2006 г.

Като цяло изменението на мощността има подобен характер, но при наличие на следяща система се получава значително повече мощност (енергия). Това се обяснява с факта, че фиксираните системи се монтират под ъгъл, съответстващ на обедно слънце, а през останалата част от деня слънчевите лъчи падат върху PV генератора под по-малък ъгъл [7, 8]. Това води до намаляване на ефективността и продължителността на работа на PV генератора (фиг. 9).



Фиг. 9. Дневен ход на ефективността от температурата на панела PV панела на 23 юни 2006 г.

Охлаждането на панела е направено през час в интервал от 10:00 до 15:00 часа, като измерванията се отчитат през 10 минути. Анализът на изменението на ефективността показва, че тя е най-висока в началото и в края на деня. Този факт се обяснява със силната температурната зависимост на PV модула (фиг.10). В резултат от охлаждането температурата на модула се намалява средно с 10 до 14°C, при което се увеличава генерираната мощност от 10 до 13,9 %. Това е определено от направения анализ на данните.



Фиг. 10. Изменение на изходната мощност в зависимост от температурата на панела

Получените времедијаграми и за останалите дни имат сходен характер на изменение. Визуализацията на данните за отделните летни дни предполага

интензивността на слънчевата радиация да е с много близки стойности на основните параметри, определящи положението и формата на кривата на разпределение (летен период).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От извършените изследвания и получените резултати могат да се правят следните основни изводи:

1. Оптималния ъгъл на наклона на модула спрямо хоризонта силно влияе върху стойността на генерираната мощност;
2. През летните ясни дни слънчевата радиация увеличава бързо температурата на модула, което има отрицателно влияние върху генерираната мощност от модула;
3. Охлаждането на модула дава значителен ефект и повишава мощността с 12%. Направеното изследване може да бъде използвано при прогнозиране на електропотреблението за захранване на потребители с малка мощност от автономни PV системи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ito, M., K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, Hiroyuki Sugihara and K. Kurokawa. An analysis of very large-scale tracking pv (VLS-PV) systems in the Gobi desert. 2nd MOPVC in Ulan Bator, Sep 4-6, 2003.
- [2] Shu, N., N. Kameda, Y. Kishida and H. Sonoda. Experimental and theoretical study on the optimal tilt angle of photovoltaic panels. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, November 2006/405.
- [3] Castro, U., N. Velázquez, M. Mora, I. O. Hernández and J. A. Cantú. Development of a cheap and simple sensor-based polar tracking system. Proceedings of ES2007 Energy Sustainability 2007, June 27-30, Long Beach, California, 2007.
- [4] Maheshwari, A., C. S. Solanki, and V. Agarwal. Field measurements of PV module performance using a handy tool. National Conference on Advances in Energy Research, 4-5 Dec, 2006.
- [5] El-Adawi, M. K. and I. A. Al-Nuaim. The temperature functional dependence of VOC for a solar cell in relation to its efficiency new approach. Desalination 209, (2007), 91-96.
- [6] Tamizhmani, D. Theveenard and D. G. Howell. Influence of low-light module performance on the energy production of Canadian grid – connected PV systems. Renewable Energy technologies in cold Climates '98 Conference, Montreal, May 1998.
- [7] Стоянов, И. Обследване характеристиките на фотоволтаичен елемент при директно преобразуване на слънчевата енергия в електрическа. Трудове на научната сесия РУ'2006, том 45, серия 3.1, Русе, 2006.
- [8] Stoyanov, I. Determination of the Electrical Energy, Obtained From Direct Transformation of Solar Energy from a PV Generator. Proceedings of Twelfth International Conference On Electrical Machines, Drives And Power Systems, ELMA2008, 16 – 18 October, 2008, Sofia, Bulgaria, 336-340.

За контакти:

- Fahmi Alkathiri, Computer Systems & Technology Department (PhD student), Rouse University, e-mail: faam0@yahoo.com
- Lidia Georgieva, Computer Systems & Technology Department (PhD student), Rouse University, e-mail: lgeorgieva@ecs.ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.