

ОЦЕНКА К.П.Д. НА ФОТОВОЛТАИЧНИ ПАНЕЛИ ПРИ ПРОДЪЛЖИТЕЛНА ЕКСПЛОАТАЦИЯ

Румен Исталиянов¹, Николай Лаков¹, Венцислав Спасов¹

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail rgi@mgu.bg

РЕЗЮМЕ: В статията са показани и анализирани резултати от изследване на фотоволтаични панели BP Solar в продължение на 17 години в Лабораторията по възобновяеми източници на енергия на Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски".

Ключови думи: гарантирана производителност, ефективност на фотоволтаични модули, слънчева радиация

EVALUATION EFFICIENCY PHOTOVOLTAIC MODULES IN CONTINUOUS SERVICE

Rumen Istalianov¹, Nikolay Lakov¹, Ventsislav Spasov¹

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Republic of Bulgaria, E-mail rgi@mgu.bg

ABSTRACT: The report presents and analyses the results of research efficiency photovoltaic modules BP Solar for 17 years in Laboratory of Renewable Energy, University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski".

Keywords: cells performance warranty, PV module efficiency, photovoltaic modules, solar irradiance

Въведение

В Минно-геоложкия университет „Св. Ив. Рилски“ в рамките на програма TEMPUS 09383-95 беше изградена учебна лаборатория по "Възобновяеми източници на енергия". Лабораторията е обзаведена със следните съоръжения: вятърен генератор с мощност 1kW; 24 броя фотоволтаични батерии с единична мощност 120Wp и обща мощност 2880Wp, включени чрез зависим инвертор към електрическата мрежа; 4 броя фотоволтаични батерии с единична мощност 85Wp и обща мощност 340Wp, които заедно с вятърния генератор, зарядното устройство и акумулаторните батерии с капацитет 400Ah образуват автономна система; слънчеви панели за топла вода с обща площ 3,76m², циркулационна помпа и топлообменник с обем 300 l.

Едно от лабораторните упражнения е свързано със снемане на V-A характеристика на фотоволтаичен модул. Получените резултати от тези изследвания в продължение на 17 години са предмет на настоящия доклад.

Изложение

Основният параметър, характеризиращ производството на електрическа енергия от фотоволтаичните модули, е коефициентът на преобразуване на слънчевата енергия в електрическа (к.п.д.), (Недев, Коев, 2012).

Фотоволтаичните модули се характеризират със сравнително нисък к.п.д. – между 13 и 20% за моно-кристалните фотоволтаичните модули и 12÷16% за поликристалните фотоелементи. Повечето производители описват в своите брошури освен класическите характеристики на фотоволтаичните модули, но и влошаването на характеристиките им в течение на гарантирания експлоатационен срок. Това понижаване на параметрите им най-често е в графичен вид. Обикновено се гарантира запазване на 90% производителност на 10-та година и 80% на 20-та година (Jordan, 2012).

Изследваните фотоволтаични панели са едни от първите, инсталирани в България, а вероятно и произведените с такава мощност, на фирма BP Solar. Гарантираното време за експлоатация беше зададено 15 години при запазване на 80% от мощността им. Монтирани са на покрива на МГУ, Минен факултет, под ъгъл 60° (фиг.1).



Фиг. 1. Разположение на фотоволтаичните панели

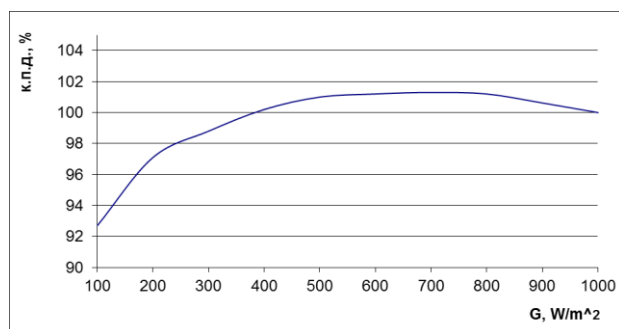
Параметрите на тези модули са показани в таблица 1.

Таблица 1

Параметри на монокристален модул BP 585F

Номинална мощност, (P_{mpp})	85 Wp
Напрежение при макс. мощност, (U_{mpp})	18,0 V
Ток при макс. мощност, (I_{mpp})	4,72 A
Напрежение на празен ход, (U_{oc})	22,03 V
Ток на късо съединение (I_{sc})	5,0 A
Брой клетки	36
К.П.Д на модула	13,0 %
Темп. коефициент по ток	$(0.065 \pm 0.015)\%/^{\circ}\text{C}$ $\text{mA}/^{\circ}\text{C}$
Темп. коефициент по напрежение	$-(80 \pm 10)\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
Размери (LxWxH)	1188/530/19mm
Работна температура	-40 +85 $^{\circ}\text{C}$
Максимално допустимо напрежение (U_{sys})	600 V

Зависимостта между общата слънчевата радиация и к.п.д. на фотоволтаичните модули е изследвана в лабораторни условия при доставката им. На фиг. 2 е показана тази характеристика в графичен вид и относителни единици.



Фиг. 2. Зависимост между слънчева радиация и к.п.д. на фотоволтаичните модули

За измерване на слънчевата радиация е използван пиранометър на Янишевски, а за заснемане на V-A характеристика са използвани съответно волтметър и амперметър за постоянен ток, лабораторен реостат и контактен термометър. Точката от характеристиката, отговаряща на максимална мощност, се определя по опитно-изчислителен път (Granata, Boyson, 2009).

Моментният к.п.д. на фотоволтаичните модули може да се определи по следната формула:

$$\eta_t = \frac{P_t}{G_t \cdot S} \quad (1)$$

където P_t - моментна изчислена мощност във W
($P_t = U_t \cdot I_t$);

G_t – обща слънчева радиация, W/m^2 ;

S – площ на PV модул, m^2 ;

U_t – измерено напрежение, V;

I_t - измерен ток, A;

Измерванията са провеждани винаги на един и същ модул, между 10 и 12h, един път годишно (обикновено през месец септември).

Резултатите от измерванията на ток, напрежение, обща слънчева радиация и температура, както и изчисленията за мощност и к.п.д. са показани в таблица 2.

Таблица 2

год,	G	T	U	I	P	η
	W/m^2	$^{\circ}\text{C}$	V	A	W	
1997	467	34	17,3	2,0	35	0,12
1998	502	27	17,8	2,1	37	0,12
1999	560	41	16,7	2,5	42	0,12
2000	556	32	17,4	2,4	41	0,12
2001	517	29	17,7	2,0	36	0,11
2002	455	30	17,6	1,8	32	0,11
2003	476	21	18,3	1,8	33	0,11
2004	558	34	17,3	2,0	34	0,10
2005	566	30	17,6	2,0	36	0,10
2006	480	31	17,5	1,6	27	0,09
2007	582	35	17,2	1,9	33	0,09
2008	385	35	17,2	1,3	22	0,09
2009	595	46	16,3	2,1	34	0,09
2010	277	29	17,7	0,9	16	0,09
2011	500	34	17,3	1,6	28	0,09
2012	408	33	17,3	1,3	23	0,09
2013	665	41	16,7	2,2	36	0,09
2014	322	22	18,2	1,0	18	0,09
2015	245	21	18,3	0,7	12	0,08

Влиянието на температурата на фотоволтаичния панел върху к.п.д е предвидимо и може да се изчисли. За получаване на действителната стойност на к.п.д. използваме следните две формули:

$$I_{25^{\circ}\text{C}} = I_t - (T_d - 25^{\circ})K_I \quad (2)$$

$$U_{25^{\circ}\text{C}} = U_t - (T_d - 25^{\circ})K_U \quad (3)$$

където $I_{25^{\circ}\text{C}}$ и $U_{25^{\circ}\text{C}}$ са съответно токът и напрежението, които би имал фотоволтаичният панел, ако температурата му е 25°C , A, (V);

T_d – действителна температура на фотоволтаичния панел, $^{\circ}\text{C}$;

K_I - температурен коефициент по ток, $\text{A}/^{\circ}\text{C}$

K_U – температурен коефициент по напрежение, $\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

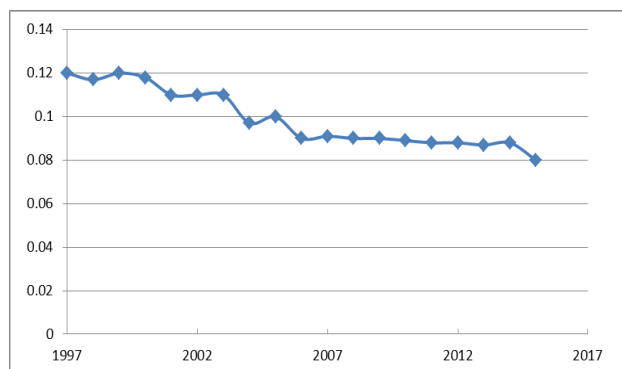
От графиката на фиг. 2 се отчита и коригира к.п.д. в зависимост от слънчевата радиация. Тези нови стойности са показани в таблица 3.

Таблица 3

Коригирани стойности на к.п.д. към температура 25°C и слънчева радиация 1000W/m²

год.	I	U	P	к.п.д.	к.п.д.
	A	V	W	за 25°C	
1997	2,02	18,00	36,31	0,123	0,124
1998	2,07	18,00	37,21	0,118	0,119
1999	2,49	18,00	44,77	0,127	0,129
2000	2,35	18,00	42,29	0,121	0,122
2001	2,01	18,00	36,26	0,111	0,113
2002	1,78	18,00	31,98	0,112	0,112
2003	1,81	18,00	32,59	0,109	0,110
2004	1,95	18,00	35,05	0,100	0,101
2005	2,01	18,00	36,20	0,102	0,103
2006	1,54	18,00	27,64	0,091	0,092
2007	1,91	18,00	34,40	0,094	0,095
2008	1,24	18,00	22,32	0,092	0,092
2009	2,01	18,00	36,15	0,096	0,098
2010	0,87	18,00	15,59	0,089	0,088
2011	1,58	18,00	28,40	0,090	0,091
2012	1,28	18,00	23,03	0,090	0,090
2013	2,13	18,00	38,43	0,092	0,093
2014	0,99	18,00	17,76	0,088	0,087
2015	0,69	18,00	12,34	0,080	0,078

На фиг. 3 е показано намаляването на к.п.д. през годините в графичен вид.



Фиг. 3 К.п.д. = f(t)

Изводи

1. При предварителното изследване на фотоволтаичния панел е открито силно влияние на температурата върху неговия к.п.д.
2. Намаляването на к.п.д. е средно с 1,7% за година или около 33% в края на експлоатационния срок, независимо от гаранциите на производителя за намаляване до 20%.
3. Тези резултати са подобни на предишните изследвания на авторите (Исталиянов, Костов, 2014) и показват, че предварителните прогнозни параметри може и да не се запазят.
4. Необходим е непрекъснат контрол върху к.п.д. с цел откриване на значителни отклонения в гарантираните параметри на фотоволтаичните панели.

Литература

- Недев Н., К. Коев Изследване производителността на фотоволтаични модули, Научни трудове на РУ, 2012, том 51.
- Jordan D., S. Kurtz, Photovoltaic Degradation Rates, Journal Article, June 2012.
- Granata J.E., W.E. Boyson, Long-term performance and reliability assessment of 8 PV arrays at SNL, 2009, SAND Publications.
- Исталиянов Р., Г. Костов, Изследване к.п.д. на фотоволтаични модули, 2014, Unitex 2014, Габрово

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Електрификация на минното производство“.