



Раздел 2

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА, ЕЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Section 2

ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONICS AND AUTOMATION

**MODELING THE AMOUNT OF ELECTRICITY PRODUCED DURING OPERATION
OF DECENTRALIZED PHOTOVOLTAIC SOURCE**

**МОДЕЛИРАНЕ КОЛИЧЕСТВОТО ПРОИЗВЕДЕНА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ ПРИ
РАБОТАТА НА ДЕЦЕНТРАЛИЗИРАН ФОТОВОЛТАИЧЕН ИЗТОЧНИК.**

Стоян Божков*
ТУ София

Валери Младенов
ТУ София

Статията е постъпила на 18.11.2013 г.; приета за отпечатване на 12.12.2013 г.

Abstract

The subject of this paper is to investigate and analyze the performance of a photovoltaic source model built in Matlab environment. For this purpose, an experimental comparison is made between the produced amount of power during the operation of a real functioning photovoltaic plant connected at low voltage and output power of the built and proposed in previously developed authors model. The results obtained are presented in graphic form. Conclusions are made about the operation of the model.

Keywords: model of a photovoltaic power plant, electric power, experimental results

ВЪВЕДЕНИЕ

Едно от най-популярните комерсиални приложения на възобновяемите енергийни технологии в България е инсталирането на фотоволтаични системи за генериране на електрическа енергия, с цел последващо изкупуване от електроразпределителните дружества или задоволяване на временен недостиг на ел. енергия.

За проучване влиянието на фотоволтаичният източник върху ел. мрежа и прогнозиране на количеството произведена ел. енергия се използват различни методи, между които вероятно статистически методи, методи използващи различни по вид симулационни програмни инструменти.

При вероятно статистическите методи се използват известни от предходни периоди данни за определяне бъдещото поведение на изследваната система.

За разлика от тях симулационните инструменти навлизат все повече в практиката поради по-високата им цена и непълно обхващане спецификата на всички влияещи фактори.

В настоящата публикация се извършва едно доразвиване на създаден по-рано симулационен модел на фотоволтаичен източник, чрез добавяне на допълнително влияещ климатичен фактор.

Във връзка с което, основна цел на настоящата работа е моделиране на произведеното количество ел. енергия и сравнение с произведеното такова от реално функционираща фотоволтаична централа, при отчитане параметрите на работещата централа.

Статията е структурирана както следва:

В следващата секция е представено едно възможно интегриране на създаденият и описан в [1] модел, чрез включване в структурата му на известен математичен топлинен модел, отчитащ охлаждането на модулите, по време на работа, при наличие на вятър.

В частта от публикацията, озаглавена «експериментални изследвания и резултати» е направена съпоставка между резултатите, получени от направени измервания по време на експлоатация на работеща мрежово присъединена централа с данните от извършено симулиране на прецизираният модел в Matlab/ Simulink.

В последната част са дадени заключения и препоръки.

**МОДЕЛИРАНЕ И СИМУЛАЦИЯ НА
РАБОТАТА НА ФОТОВОЛТАИЧНА ЦЕНТРАЛА**

За симулиране работата на децентрализиран фотоволтаичен източник в мрежово присъединен режим се използва създаденият и описан в [1] модел на фотоволтаичен (PV) източник.

* Тел.: 0895586485 ; e-mail: s_bozhkov@abv.bg

За прецизиране работата на модела е създадена допълнителна подсистема с означение V_{speed} посредством която се прецизира температурата на PV модула по време на работа и респ. влиянието му върху произведеното количество ел. енергия.

Подсистемата (V_{speed}) е изградена въз основа на топлинен математичен модел представен в [3] и описан, чрез (1)

$$T_{PV} [^{\circ}C] = 0.943T_a + 0.028E - 1.528V_{speed} + 4.3 \quad (1)$$

където :

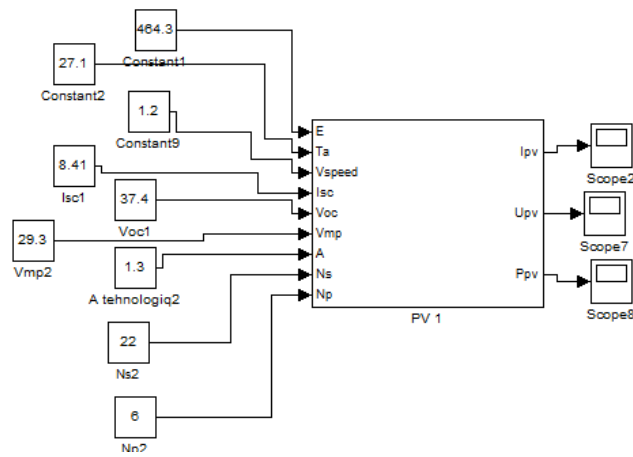
T_a - е температурата на околната среда [$^{\circ}C$]

V_{speed} - е скоростта на вятъра [m/s]

E - слънчева радиация [W/m^2]

Моделът (1) дава връзка между температурата на модула $T_M [^{\circ}C]$ и оказващите влияние върху него температура на въздуха $T_a [^{\circ}C]$ и скорост на вятъра $V_{speed} [m/s]$, при постоянна слънчева радиация $E [W/m^2]$

Математичният модел не отчита охлаждането на модула, в следствие на влажността на въздуха, тъй като тя е пренебрежимо малка, особено в летните месеци, поради което съществено не оказва влияние върху производството на ел. енергия [3] Реализираната въз основа на (1) подсистема е интегрирана в създаденият в среда Matlab/Simulink и описан в [1] модел. Със създаденият модел показан на фиг. 1,

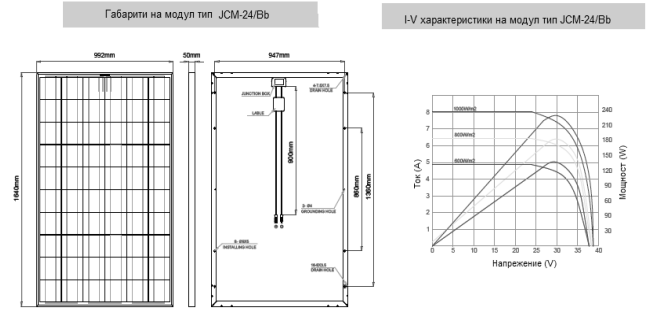


Фиг. 1. Модел на фотоволтаичен източник

при отчитане влиянието на трите основни параметъра на околната среда и NOCT е извършена симулация на произведеното количество електрическа енергия, като е направена съпоставка на резултатите с измервания на произведеното количество ел. енергия получени през часове от летния период, по време на работа, на реална функционираща фотоволтаична централа присъединена на ниво ниско напрежение

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

Обект на изследването е централа с мощност 30 kW, намираща се в землището на гр. Сливен. Тя е изградена от шест стринга, всеки един, от които съдържа двадесет и два броя PV модули. Отделните модули са защитени от ефекта засенчване, чрез „бай-пас“ диоди. Фотоволтаичните модули са изградени от поликристален силиций, производство на фирма Renesola, тип JC235M-24/Bb, с параметри показани на фиг. №2 и фиг. №3

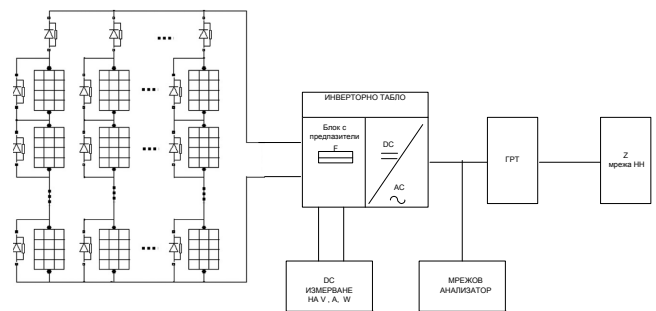


Фиг. 2. Размери и характеристики на PV модулите

Параметър / Модул	JC220M-24/Bb	JC225M-24/Bb	JC230M-24/Bb	JC235M-24/Bb
Макс. мощност P(W)	220W	225W	230W	235W
Толеранс на мощността	+/- 3%	+/- 3%	+/- 3%	+/- 3%
Ефективност на модула	13.52%	13.83%	14.14%	14.75%
Оптимален работен ток (I_{mp})	7.64A	7.76A	7.90A	8.11A
Оптимално работно напрежение (U_{mp})	28.8V	29.0V	29.1V	29.6V
Ток на късо съединение (I_{sc})	8.01A	8.14A	8.27A	8.55A
Напрежение на празен ход (U_{oc})	37.4V	37.2V	37.3V	37.5V

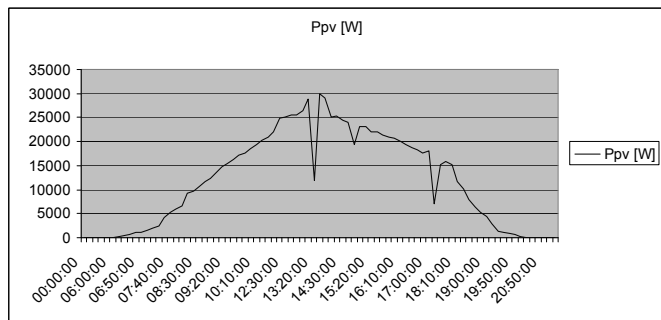
Фиг. 3. Параметри на PV модулите

За входни данни при извършване на измерване и симулация се използват данни за температура на въздуха, скорост на вятъра и интензитет на слънчевата радиация, при фиксирано лятно часово време. Стойностите са получени от измервателна станция №15640 на НИМХ-БАН за района на град Сливен. Температурата на модулите се измерва, чрез съпротивителен датчик с точност $\pm 0.5^{\circ}C$, данните от които се подават на цифров измервателен уред. Реализираната схема, в едно с местата на присъединяване на измервателните модули има обобщен блок вид:

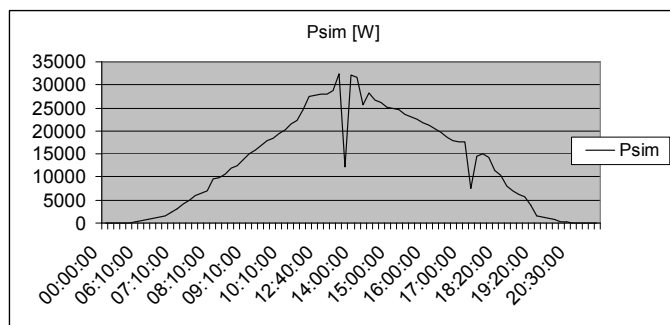


Фиг. 4. Блокова схема на изградената фотоволтаична централа, в едно с измервателни модули

Произведеното количество ел. енергия се отчита, чрез информацията получена от инверторите. DC напрежението на фотоволтаичната централа се измерва след предпазителите по постоянен ток, монтирани на входа на инверторите. Големината на електрическият ток се измерва на общата събирателна шина, чрез DC амперклещи. Данните за отдадената към ел. мрежа мощност респ. ел. енергия от изследваната фотоволтаична централа и извършената симулация от изграденият модел са представени графично на фиг. 5. и фиг. 6.

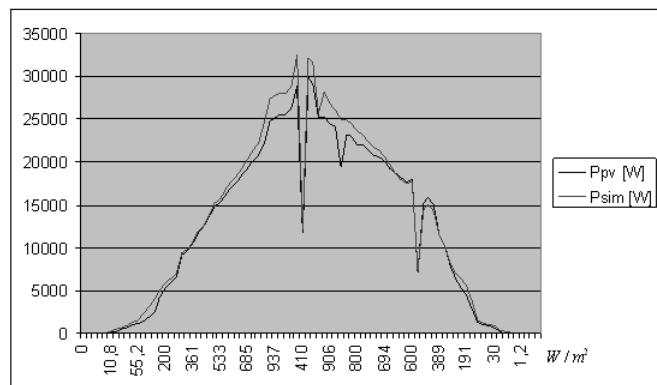


Фиг. 5. Измерена мощност от инсталираната система



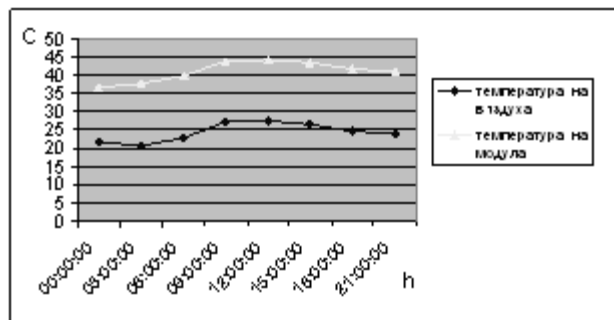
Фиг. 6. Резултати от направената симулация с изграденият модел

На фиг. 7 е показано сравнение между измерени и симулирани резултати, при фиксирана стойности на слънчевата радиация в изследваните часове от денонощието.



Фиг. 7. Съпоставка между измерена и симулирана мощност при промяна на слънчевата активност

Промяната на температурата на модулите, съобразно изменението на температура на въздуха е представена на фиг. 8.



Фиг. 8. Температури на модула и на въздуха

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При направеното сравнение между произведено и моделирано количество ел. енергия се установява, съвпадение на данните от направената симулация и извършени измервания т.е налице е достоверност при работа на създаденият модел.

2. За точно моделиране на произведеното количество ел. енергия е необходимо да се отчетят прецизно влияещите върху производството на ел. енергия фактори, а именно: точно определяне на слънчева радиация и нейната промяна през отделните часове от денонощието; внимателно отчитане промяната на температурата на околната среда и наличието на ветрови потенциал, пряко оказващ влияние върху температурата на модулите.

3. За района на гр. Сливен максимален слънчев добив на ел. енергия през месец август се получава в часовете 12-14 часа, когато слънчевата радиация достига стойности $800-900 \text{ W} / \text{m}^2$.

4. С цел извършване на оптимално проектиране на единна интегрирана система и намаляване на инвестиционните разходи е препоръчително, още в етап на проучване и планиране на инвестицията, да се изследва прецизно, посредством модели, влиянието на физическите и електрически характеристики на слънчевите модули и електрическите характеристики на инверторите върху добива на енергия от бъдещата слънчевата система.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ст. Божков, В. Младенов „Модел на фотоволтаична система с присъединен динамичен товар” Енергиен Форум , 2013.
2. Ст. Божков “Matlab ориентиран модел на фотоволтаик с отчитане факторите на околната среда “ Созопол , 2012.
3. Govindasamy TamizhMani, Liang Ji, Yingtang Tang and Luis Petacci „Long -Term Monitoring and Model Development For Energy Rating „Solar Program Review Meeting 2003 , Page 936
4. Kalagirou S .Solar energy engineering: processes and systems: shaper 9.Academic Press;2009.p.469-517
5. IEEE 1547.3 Guide for Monitoring, Information Exchange, and Control of Distributed Resources Interconnected with Electric Power Systems, 2007.