

## Резултати от предварително изследване на фотоволтаична система с когенерация

Ивайло Стоянов

*Some results from a preliminary investigation of a cogeneration PV system: In this paper are shown one possibility for cogeneration from a stand-alone photovoltaic system for heating water. An experimental installation is developed. The obtained results from a preliminary investigation of a cogeneration PV system are shown. In this way may optimize the energy utilization of solar energy. The calculation of the cogeneration energy is made.*

**Keywords:** Solar Energy, PVS, Cogeneration.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Нашата страна, като страна членка на Европейския съюз е поела редица ангажменти в областта на енергийната политика, за либерализацията на енергийния пазар, сигурността на доставките, ограничаване на замърсяванията на околната среда и т.н. Един от начините е чрез увеличаване дела на енергията, получена от възобновяеми източници (ВЕИ) съгласно заложената цел 20/20/20 в Икономическата стратегия „Европа 2020“ [2].

По данни на ДКВЕР от 23.07.2012 г. към електроснабдителната система са присъединени 231 броя фотоволтаични централи с обща инсталирана мощност 108113129 Wp [1]. Тяхната експлоатация е свързана с редица проблеми като сигурността на електропроизводството, постоянно променящи се изкупни цени и др. Поради тези и други причини редица наши и чужди автори предлагат решения за прогнозиране на електропроизводството и подобряване ефективността на фотоволтаичните системи [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Въпреки това тяхната ефективност остава много ниска. В традиционните фотоволтаични системи само около (10 - 15)% от слънчевата енергия се преобразува в електрическа, а останалата се губи в околната среда. Това оказва съществено влияние върху цената на генерираната електроенергия и влиянието на фотоволтаичните системи върху околната среда, загубите на електрическа енергия при пренос, преобразуване и др. Тенденциите са за изграждане на малки децентрализирани мощности, разположени максимално близо до потребителите.

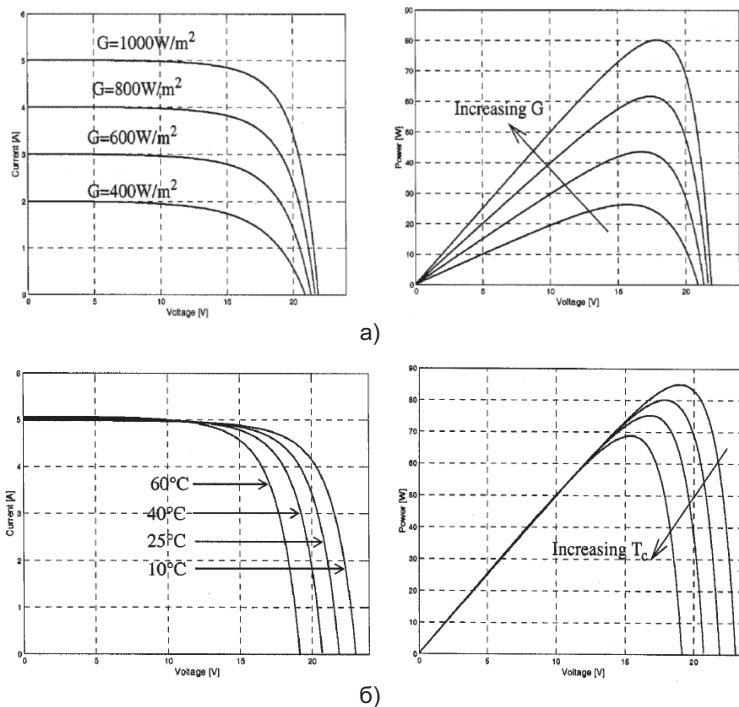
Един от начините за по-пълноценно оползотворяване на слънчевата енергия е чрез комбинираното производство (когенерация) на друг вид енергия. По този начин от фотоволтаична система с когенерация дава възможност за едновременното производство на електрическа и друг вид енергия. Известно е, че в процеса на работа фотоволтаиците се нагряват. Това е предпоставка за комбинираното производство на енергия от фотоволтаичните модули чрез едновременното производство на електрическа и топлинна енергия. По този начин чрез когенерацията се дава възможност за повишаване на енергийната ефективност на фотоволтаичните системи.

Целта на настоящата статия е да се изследва когенерираща фотоволтаична система за производство на електрическа и топлинна енергия.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Известно е, че основните фактори, оказващи влияние върху работата на фотоволтаичните системи са нивото на слънчевата радиация, работната температура на фотоволтаичните модули, работа в точката на максимална мощност MPP, ъгълът на наклона, оптични загуби и др. [10]. Затова производителите на такава обзавеждане дават параметрите при така наречените стандартни условия – ниво на слънчевата радиация  $G = 1000 \text{ W/m}^2$ , попадаща под прав ъгъл спрямо

равнината на модула и температура на фотоволтаичните модули среда  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Много рядко в процеса на експлоатация фотоволтаичните системи работят при тези условия. Обикновено нивото на директната слънчева радиация е по-ниско, а температурата на фотоволтаичните модули е по-висока. Това оказва негативно влияние върху получаваната електрическа мощност (фиг. 1).



Фиг. 1. Влияние на слънчевата радиация  $G$  (а) и температурата на модула  $T$  (б) върху тока, напрежението и мощността на фотоволтаични модули.

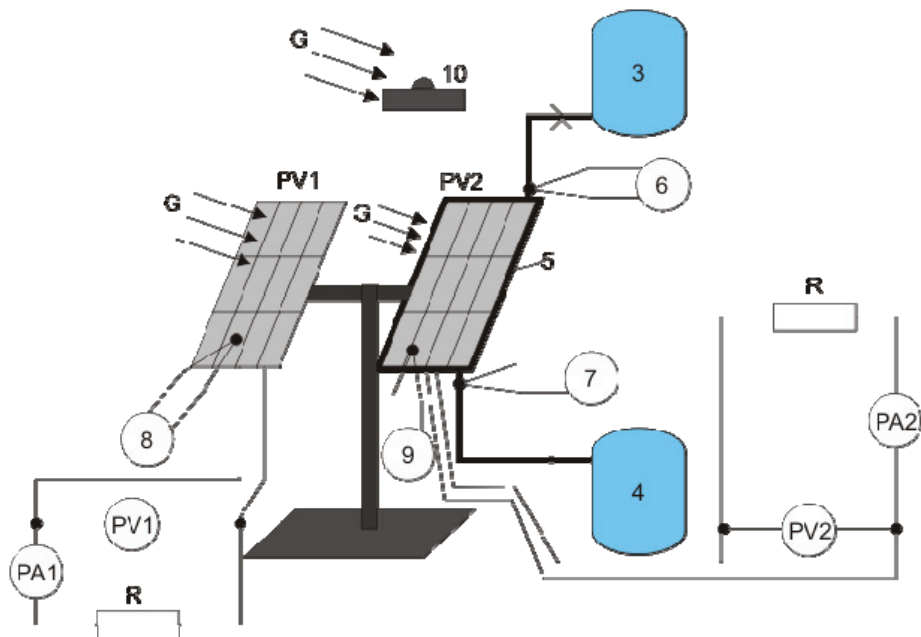
Нивото на слънчевата радиация оказва влияние върху големината на генерираният ток, а температурата – върху напрежението на фотоволтаичния модул. Мощността  $P$  на фотоволтаичния модул нараства с увеличаване на  $G$ , а с увеличаване на  $T$  – тя намалява.

Следователно колкото е по-високо нивото на слънчевата радиация и по-ниска температурата на фотоволтаичния модул, толкова ще бъде по-голяма получавана електрическа мощност, респективно ефективността на системата ще бъде по-голяма.

За постигане на поставената цел е разработена и създадена експериментална уредба, състояща се от два еднакви фотоволтаични модула PV (1, 2), резервоар за входяща вода (3), резервоар за изходяща вода (4), топлообменник (5), цифрови термометри за измерване температурата на входящата (6) и изходящата (7) вода на изхода на топлообменника и за измерване температурата на еталонния (8) и охлаждащия (9) фотоволтаичен модул, пиранометър (10), два амперметра и два волтметра (фиг. 2).

Попадащата слънчева радиация върху повърхността на фотоволтаичните

модули е първичен източник на производство на електрическа енергия, но едновременно с това модулите се загряват до определена температура. Двата модула са монтирани на обща стойка и са ориентирани под един и същ ъгъл спрямо Слънцето. На единият към задната страна е плътно прикрепен топлообменник, изработен от спирално навита тръба. За топлоносител е използвана вода. Предаването на топлина от фотоволтаичния модул към водата става чрез топлопроводност и конвекция.



Фиг. 2. Схема на експерименталната уредба

Топлинният поток ( $Q_t$ ) може да се определи с помощта на израза

$$Q_t = \Delta t \cdot V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \text{ Wh} \quad (1)$$

където  $\Delta t$  е интервалът от време, за което се е извършвал топлообменът, h;

$V$  – обемният поток, l/h;

$\rho$  – специфичната плътност, kg/l;

$c$  – специфичният топлинен капацитет на водата ( $c = 4186,8 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ );

$T_1, T_2$  са съответно температурата на входящата и изходящата вода,  $^\circ\text{C}$ .

Следователно за количеството топлинна енергия, която отдадена от модула и погълната от водата може да се определи от calorimetric equation

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1), \quad (2)$$

където  $m$  е масата на водата, kg.

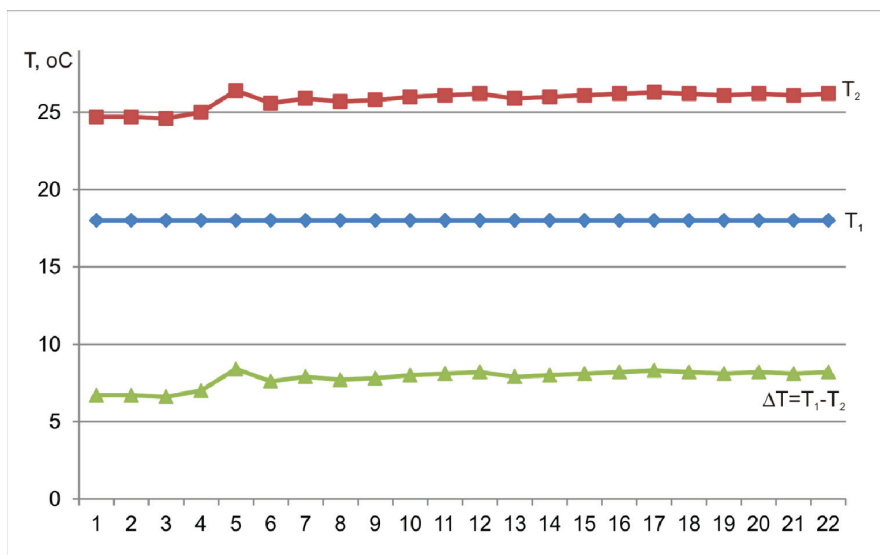
Топлопреминаването зависи от вида и скоростта на флуида, площта и материала на топлообменника. Скоростта на флуида през топлообменника може да се регулира с помощта на два крана, монтирани съответно на изхода на студения резервоар и на входа на топлия резервоар.

С помощта на PA1, PV1, PA2 и PV2 се регистрират големината на тока и на напрежението на фотоволтаичния модул при постоянен товар и е определена

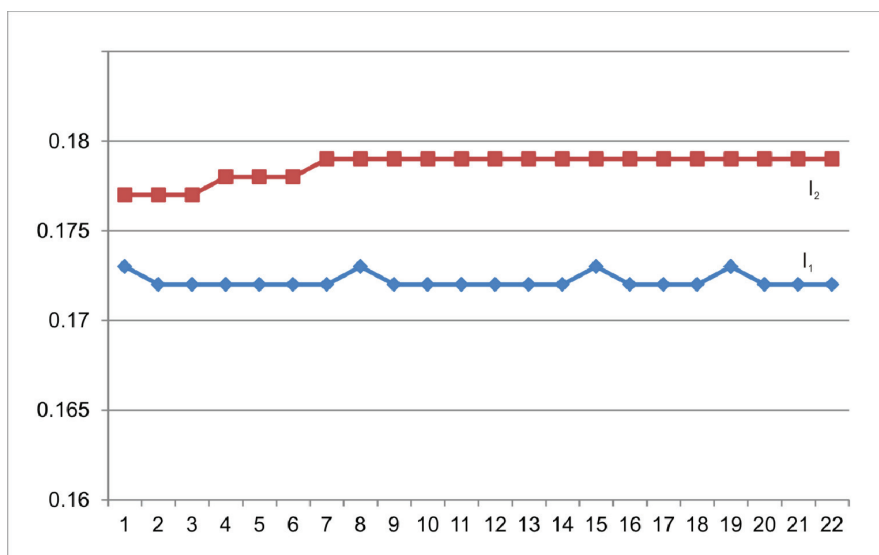
изходящата електрическа мощност.

Стойностите на измерваните величини са регистрирани през интервал от 5 min.

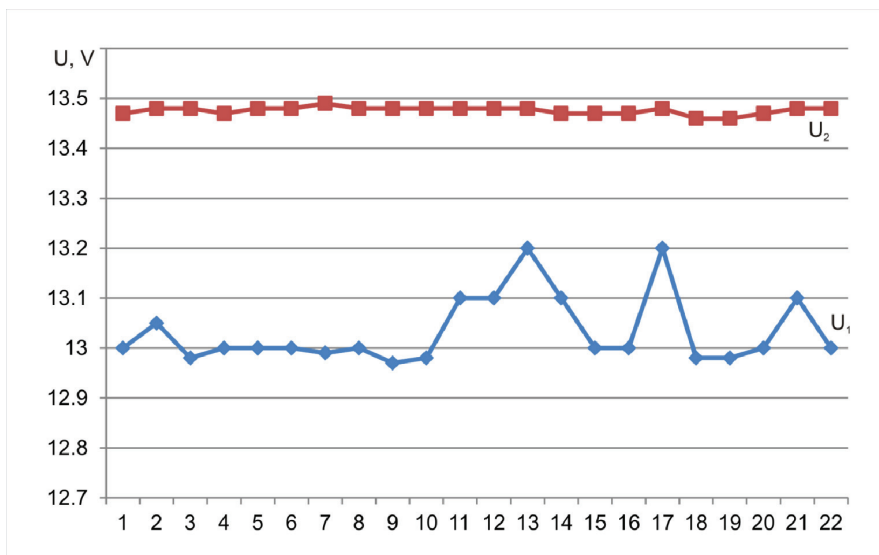
На фиг. 3, 4, 5 и 6 са показани резултати от направените предварителни изследвания.



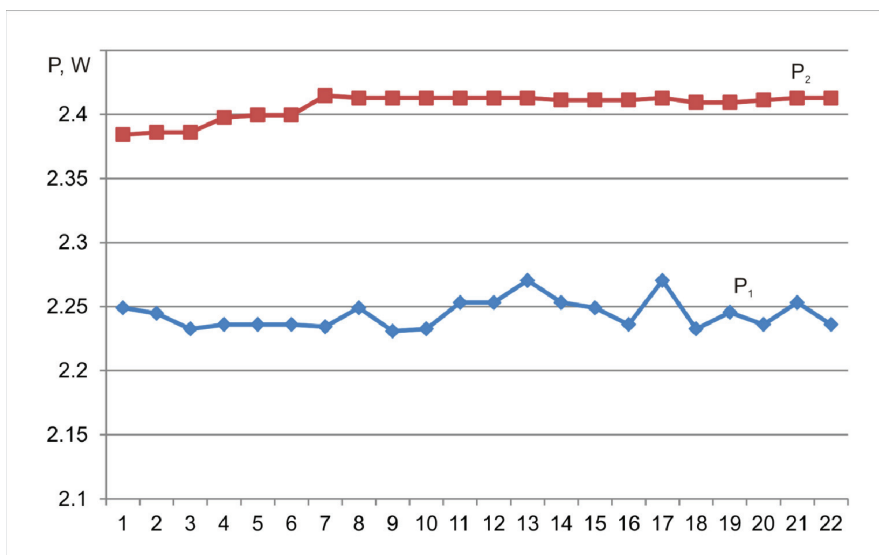
Фиг. 3. Изменение на T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> и на разликата ΔT, °C



Фиг. 4. Изменение на I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, A



Фиг. 5. Изменение на  $U_1$ ,  $U_2$ , V



Фиг. 6. Изменение на  $P_1$ ,  $P_2$ , W

Анализът на получените резултати показва, че вследствие на топлообмена температурата на водата се е повишила средно със 7,8 °C. Като разликата  $\Delta T$  е почти постоянна.

Големините на тока и напрежението на охлаждания модул са по-големи от тези на еталонния. Също така вследствие на постоянната температура на охлаждания

модул се наблюдава по слабо влияние на останалите фактори върху големината на тока, напрежението и мощността.

С помощта на охлаждането се подобрява работата на фотоволтаичния модул с около 7 % спрямо еталонния.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработена е експериментална уредба за изследване работата на фотоволтаична система с когенерация на електрическа и топлинна енергия.

Получени са предварителни резултати доказващи работоспособността и целесъобразността на предлаганото решение. С помощта на топлообменник се отнема топлината на фотоволтаичен модул, при което се повишава неговата ефективност с около 7%, като едновременно с това се извършва загряване на водата със 7,8 °C.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Регистър на сертификати за произход за електрическа енергия, произведена от ВЕИ, приети с решение на ДКЕВР № С-06 от 23.07.2012 г.

[2] Европа 2020. [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_bg.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_bg.htm).

[3] Василев, Хр., В. Георгиев, Г. Ганчев, П. Маноилов. Повишаване ефективността на фотоволтаични системи. III Научна конференция, ЕФ'2011, том 1, Созопол 30.09 – 3.10.2011, София, 2011, 143 – 151.

[4] Георгиев, В., Б. Бойчев, И. Ячев, К. Хинов, Ст. Гюров, П. Ризов. Фотоволтаична система с водородна енергоакumulация. III Научна конференция, ЕФ'2011, том 1, Созопол 30.09 – 3.10.2011, София, 2011, 152 – 158.

[5] Lazarov, V., Z. Zarkov. L. Stoyanov. H. Kanchev. Photovoltaic Panel Models for MPPT Purposes. IV Научна конференция, ЕФ'2012, Созопол 28.09 – 1.10.2012, София, 2012.

[6] Lazarov, V., Z. Zarkov, L. Stoyanov, H. Kanchev. Grid Connected Photovoltaic System with Limited Power Control. IV Научна конференция, ЕФ'2012, Созопол 28.09 – 1.10.2012, София, 2012.

[7] Lazarov, V., Z. Zarkov, L. Stoyanov, H. Kanchev. Grid Connected Photovoltaic System with MPPT Control. IV Научна конференция, ЕФ'2012, Созопол 28.09 – 1.10.2012, София, 2012.

[8] Milea, P., A. Zafiu, M. Drăgulescu, O. Oltu. MPP Tracking Method for PV Systems, Based on a Three Points Prediction Algorithm. U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 72, Iss. 4, 2010, ISSN 1454-234x, pp. 149-160.

[9] Joe-Air Jiang, Tsong-Liang Huang, Ying-Tung Hsiao, Chia-Hong Chen. Maximum Power Tracking for Photovoltaic Power Systems. Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 8, No 2, pp. 147-153 (2005), pp. 147 – 153.

[10] Стоянов, И., Н. Михайлов, М. Александров, Ст. Янев. Фотоволтаични източници и технологии - учебно помагало, Сдружение Общинска Енергийна Агенция – Русе, Русе, 2011, 46 с.

### **За контакти:**

Доц. д-р инж. Ивайло Стефанов Стоянов, катедра Електроснабдяване и електрообзавеждане, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082-888 483, e-mail: stoyanov@uni-ruse.bg.

**Докладът е рецензиран.**