

Метод за определяне коефициента на полезно действие на хибридна соларна система

Ивайло Стоянов

Method for determining the efficiency of a hybrid solar 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 hybrid solar system PV system are shown. In this way may optimize the energy utilization of solar energy. The calculation of the cogeneration energy and for performance of a hybrid solar system is made.

Keywords: Solar Energy, PVS, Cogeneration, Hybrid Solar System.

ВЪВЕДЕНИЕ

Производството на електрическа и топлинна енергия от възобновяеми енергийни източници има добре известни ползи, които са посочени както в редица стратегически документи на национално ниво, така и в документи на Европейската комисия [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Слънцето е най-големият възобновяем източник на енергия на нашата планета. Натрупани са статистически данни за нивата на слънчевата радиация върху земната повърхност, като се наблюдават съществени различия в получените стойности за слънчевата радиация през отделните дни, месеци и сезони на годината [10]. Теоретичният потенциал на този ресурс за нашата страна е $1\ 517\ \text{kWh/m}^2$ със средногодишна продължителност на слънцегреенето $2150\ \text{h}$. Град Русе се намира в Североизточния регион на страната.

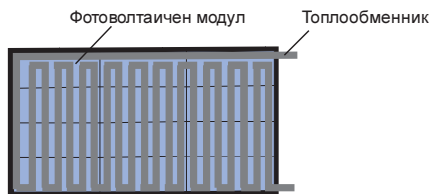
Друго голямо предимство на слънчевата енергия е в съществуването на голям брой технически решения за нейното използване. Те намират приложение в бита, индустрията, селското стопанство, транспорта, водоснабдяването и т.н. Най-широко приложение са намерили системите за директно преобразуване на слънчевата енергия в електрическа и топлинна енергия. При системите за директно преобразуване на слънчевата енергия в електрическа се използват фотоволтаици с к.п.д. е от 8% до 16%. Термичните системи, преобразуващи слънчевата енергия в топлинна, к.п.д. варира в по-широки граници от 20% до 80% (в зависимост дали са активни/пасивни, видът на колектора и др.). Вижда се, че ефективността на системите е сравнително ниска и затова един начините за нейното подобряване е използването на когенериращи и/или хибридни соларни системи.

Цел на настоящата работа е да се определи коефициентът на полезно действие на хибридна соларна система, произвеждаща електрическа и топлинна енергия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За изследване ефективността на хибридна соларна система е разработена и създадена хибриден соларен елемент, състояща се фотоволтаичен модула PV и топлообменник (фиг. 1). Фотоволтаичният модул е стандартно изпълнение на Sunset A/S със следните технически параметри: размери $152 \times 303\ \text{mm}$, максимална мощност, $P_{\text{max}} = 5,5\ \text{W}$, ток на късо съединение $I_{\text{SC}} = 0,36\ \text{A}$, номинален ток, $I_n = 0,32\ \text{A}$, напрежение на празен ход $U_{\text{OC}} = 20,8\ \text{V}$ и номинално напрежение $U_n = 17,3\ \text{V}$.

Хибридният соларен елемент е монтиран върху монтажна стойка по начин, който позволява разполагането му под ъгъл (от $-\pi/2$ до $\pi/2$) спрямо хоризонта. Задаването на желания ъгъл на наклона се извършва с помощта на ъгломер. Соларният елемент е разположен на височина $H = 1\ \text{m}$, с цел намаляване влиянието на температурата, излъчвана от близкостоящи предмети (например покрив).

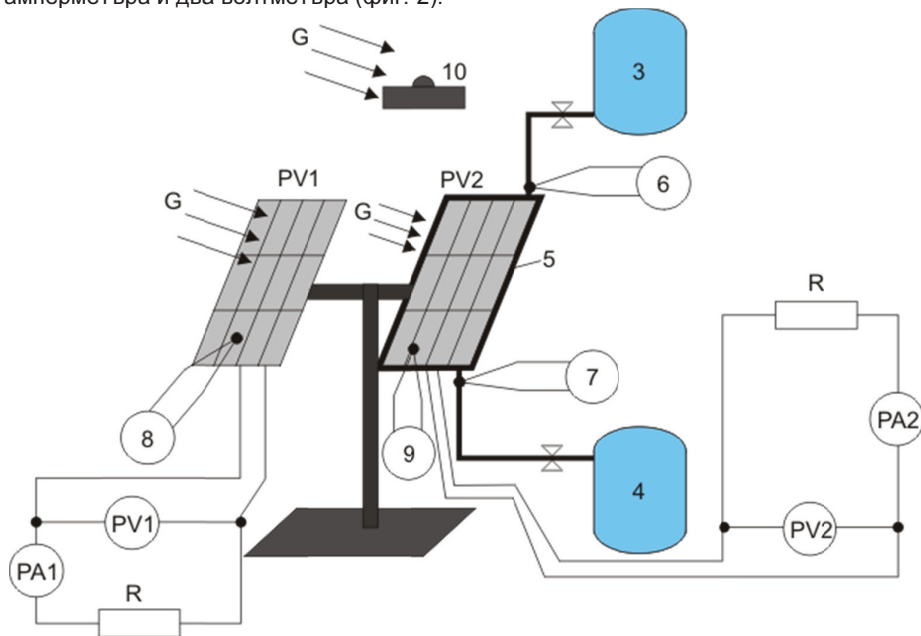


Фиг. 1. Схема на хибридния соларен елемент

Топлообменникът представлява S-образна серпентина от медна тръба с топлоносител вода. Той е прикрепен плътно към задната страна на фотоволтаичния елемент и е изолиран от околната среда с помощта експандиран полистирол.

Върху опитният елемент има монтирани и два първични преобразователи на температура тип PT100. Единият за измерване температурата на фотоволтаичния елемент, а другият – на топлоносителя. Сигналят от първичните преобразователи се подава чрез трансмитер MS9004E (4...20) mA за диапазона (-20...+60)°C към контролер (двупроводна схема на свързване, съгласно EN60751). Информацията от контролера се прехвърля и съхранява в персонален компютър по сериен интерфейс RS232.

На тази база е създадена експериментална уредба експериментална уредба, състояща се от фотоволтаичен модул (PV1), хибриден фотоволтаичен модул (PV2), резервоар за входяща вода (3), резервоар за изходяща вода (4), първични преобразователи за измерване температурата на входящата (6) и изходящата (7) вода на изхода на топлообменника (5) и за измерване температурата на стандартния (8) и хибридния (9) фотоволтаичен модул, пиранометър (10), два амперметра и два волтметра (фиг. 2).

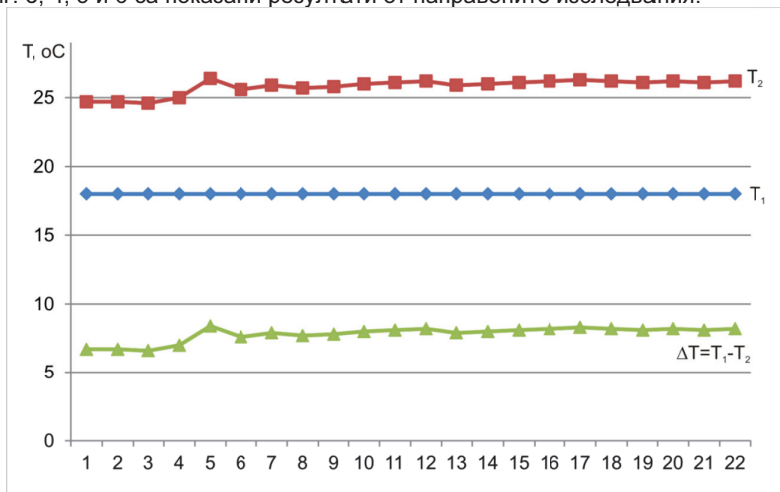


Фиг. 2. Схема на експерименталната уредба

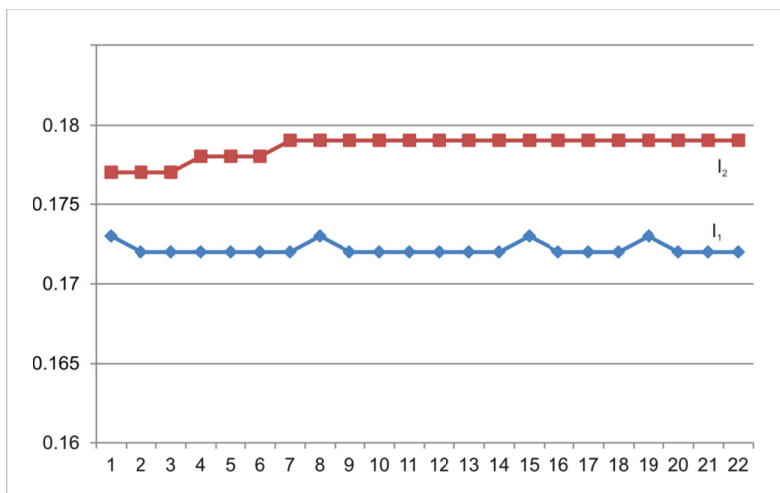
Попадащата слънчева радиация върху повърхността на фотоволтаичните модули е първичен източник на производство на електрическа енергия, но едновременно с това модулите се загреват до определена температура. Двата модула са монтирани на обща стойка и са ориентирани под един и същ ъгъл (35°). Експерименталната уредба е монтирана в района на Русенски Университет „Ангел Кънчев” с географски координати: северна ширина 43°49' 22" и източна дължина 26°1' 19" и надморска височина 46 m.

С помощта на амперметрите PA1, PA2 (Protek 506) и волтметрите PV1, PV2 (MAS 345) са регистрирани големината на тока и на напрежението от фотоволтаичния модул при постоянен товар.

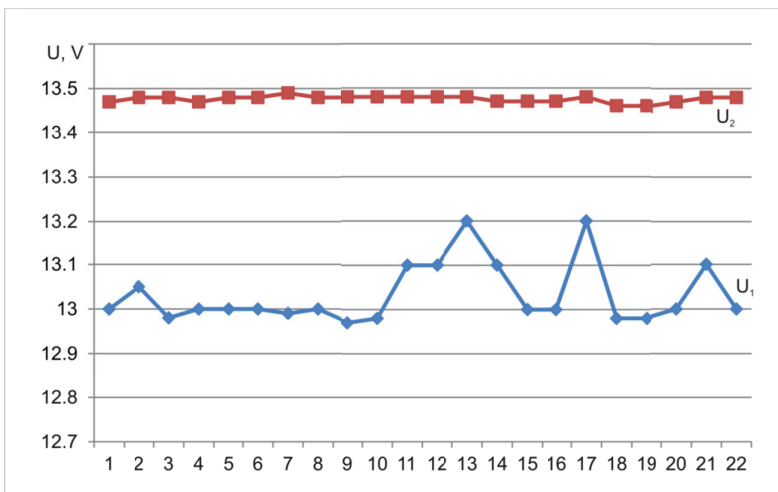
Стойностите на измерваните величини са регистрирани през интервал от 5 min. На фиг. 3, 4, 5 и 6 са показани резултати от направените изследвания.



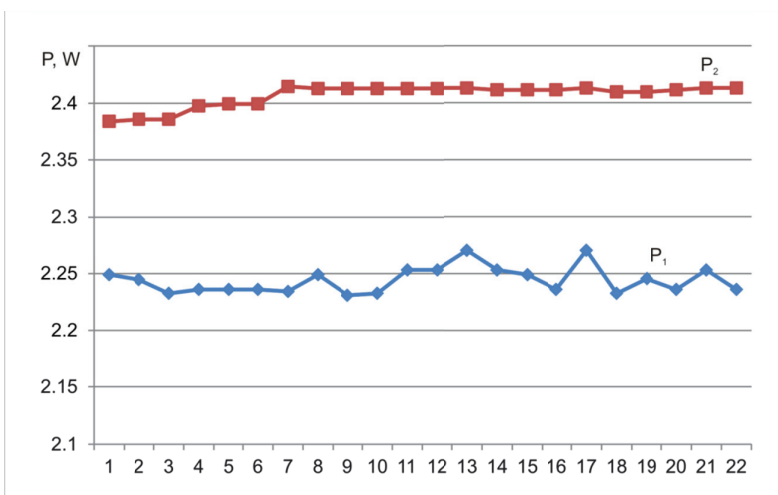
Фиг. 3. Изменение на T₁, T₂ и на разликата ΔT, °C



Фиг. 4. Изменение на I₁, I₂, A



Фиг. 5. Изменение на U_1 , U_2 , V



Фиг. 6. Изменение на P_1 , P_2 , W

Ефективността на фотоволтаичния елемент е определена с помощта на израза [11]

$$\eta_{PV} = \frac{P}{I_s \cdot S_{PV}} \quad (1)$$

където P е изходящата мощност на фотоволтаичния елемент, W;

I_s – регистрираната слънчева радиация от пиранометъра, W/m^2 ;

S_{PV} – площта на фотоволтаичния елемент, m^2 .

Получените стойности за ефективността на фотоволтаичния елемент η_{PV} са в диапазона от 7,6% до 12,8% със средна стойност 9,42%.

Топлинният поток (Q_c) е определен с помощта на израза

$$Q_t = \Delta t \cdot V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_2 - T_1), Wh \quad (2)$$

където Δt е интервалът от време, за което се е извършвал топлообменът, h;

V – обемният поток, l/h;

ρ – 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 топлинната енергия, която е отдадена от модула и погълната от водата, е определена с помощта на калориметричното уравнение

$$Q = m \cdot c(T_2 - T_1), \quad (3)$$

където m е масата на водата, kg.

Термичният к.п.д. на хибридният модул е определен по [11]

$$\eta_T = \frac{Q}{I_s \cdot S_T \cdot \Delta T} \quad (4)$$

където S_T е, m^2 ;

$\Delta T = T_1 - T_2$ – температурната разлика, $^\circ\text{C}$;

I_s – регистрираната слънчева радиация от пиранометъра, kJ/m^2 ;

Получените стойности за термичният к.п.д. на хибридният елемент са със средна стойност 69,78%.

Приема се, че площта на площта на фотоволтаичния елемент е равна на площта на топлообменника, т.е. $S_{PV} = S_T$.

Тогава за общия к.п.д. на хибридният елемент

$$\eta = \eta_{PV} + \eta_T = \frac{P}{I_s \cdot S} + \frac{Q}{I_s \cdot S \cdot \Delta T} = \frac{P \cdot \Delta T}{I_s \cdot S \cdot \Delta T} + \frac{Q}{I_s \cdot S \cdot \Delta T} = \frac{P \cdot \Delta T + Q}{I_s \cdot S \cdot \Delta T} \cdot 100 = 62,76\%. \quad (4)$$

Анализът на получените резултати показва, че вследствие на топлообмена температурата на водата се е повишила средно със 7,8 $^\circ\text{C}$. Изходната електрическа мощност от хибридният елемент е по-голяма от тази на стандартния. Коефициентът на полезно действие на изследваната хибридна соларна система за получаване на електрическа и топлинна енергия е около 62 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Получени са резултати, доказващи работоспособността и целесъобразността на предлаганото решение – чрез топлообменник се намалява загряването на работната повърхност на фотоволтаичен модул, а едновременно с това се извършва загряване на вода (топлоносител). Резултатите от извършените изчисления показват, че коефициентът на полезно действие на хибридна соларна система за получаване на електрическа и топлинна енергия е около 62 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Годишни отчети на ЕСО ЕАД, www.eso.bg.
- [2] Доклад на Временната комисия по изменението на климата към ЕП „2050: Бъдещето започва днес – препоръки за бъдеща интегрирана политика на ЕС за опазване на климата”.
- [3] Европа 2020: интелигентна, зелена, на всички. <http://www.euinside.eu/>.
- [4] Енергийна стратегия на Република България до 2020 г. за надеждна, ефективна и по-чиста енергетика, ДВ бр. 43/07.06.2011 г.
- [5] Закон за възобновяемите и алтернативните енергийни източници и биогоривата Обн. ДВ. бр.102 от 22 Декември 2009 г.
- [6] Закона за енергия от възобновяеми източници, ДВ брой: 35, от 03.05.2011 г.
- [7] Национален план за действие за енергията от възобновяеми източници, съгласно Модела за националните планове за действие в областта на енергията от ВИ, съгласно посоченото в Директива 2009/28/ЕО на Европейския парламент и на

Съвета. Разработен от Министерство на икономиката, енергетиката и туризма, 20.04.2011 г., с. 210.

[8] Национален статистически институт. Показатели за стратегия „Европа 2020”. <http://www.nsi.bg/spagebg.php?SHP=2>.

[9] Lazarov, V., Z.Zarkov,. Aspects electriques de sources d'energie renouvelables. Proc. of EPF 2006, Grenoble, France. Sess.9.

[10] Photovoltaic Geographical Information System. <http://re.jrc.ec.europa.eu>.

[11] Valkov, I., Sv. Peykov. Hybrid solar system efficiency, Journal of the Technical University at Plovdiv, Bulgaria. Fundamental Sciences and Applications, Vol. 13 (2) 2006, Anniversary Scientific Conference 2006, the Scientific reports. Electrical Engineering, 2006. p. 23-26.

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.