

ПОВИШАВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА СЛЪНЧЕВИ ПАНЕЛИ С ПЛОСКИ РЕФЛЕКТОРИ

Елдар Заеров

Бургаски свободен университет

INCREASE SOLAR PANEL PERFORMANCE WITH FLAT REFLECTORS

Eldar Zaerov

Burgas Free University

Abstract: *Solar energy is one of the most significant sources of renewable energy both in its fields of application and in thermal and photovoltaic, all over the world. Bulgaria is one of the countries with an excess of this type of energy, where the annual solar activity on a horizontal surface reaches about 1000 kWh / m² / year. In this work, solar collectors with a V-shaped trough of a concentrator system with two geometric concentrations are designed to obtain additional electric power. The main results show that the solar concentrator system causes an increase in short circuit current due to an increase in the amount of incident solar radiation from the solar modules and, consequently, an increase in the output power. Compared to the reference module, the increase in power during peak hours exceeds 40%. It can be concluded that the use of a V-Trough concentrating system in combination with modular solar systems can lead to a favorable price-benefit ratio.*

Keywords: *PV-panels, PV, reflection system, solar energy, improving the performance.*

Въведение

Извличането на използвана електрическа енергия от слънцето стана възможно благодарение на откриването на фотоелектрическият ефект и последващото развитие на слънчевата клетка – полупроводников материал, който преобразува видимата светлина в постоянен ток. Чрез използване на слънчеви масиви, поредица от електрически свързани слънчеви клетки, се генерира постоянно токово напрежение, което може да се използва за захранване на консуматорите. Слънчевите панели се използват все повече, когато ефективността достига по-високи нива и са особено популярни в отдалечени райони, където поставянето на електропроводи не е икономически изгодно [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Този алтернативен източник на енергия непрекъснато постига все по-голяма популярност. Възобновяемата енергия под формата на електричество се използва до известна степен още преди 75 или 100 години. Източници като слънчева, вятърна, хидро и геотермална – всички са били използвани с различни нива на успех. Най-широко използвани са водната и вятърната енергия, като слънчевата енергия се използва умерено в световен мащаб. Това може да се дължи на сравнително високата цена на слънчевите клетки и тяхната ниска ефективност на преобразуване. С пикова лабора-

торна ефективност от 32% и средна ефективност от 15-20%, е необходимо да се добива възможно най-много енергия от слънчева енергийна система.

Големият потенциал на слънчевите фотоволтаични (solar-PV) системи е потенциалното им използване като монтирани в/върху сградите единици. За да се постигне това, трябва да намалят цените на слънчевите панели и, разбира се, с тази цел съществуват големи изследователски програми по увеличаване на ефективността им [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

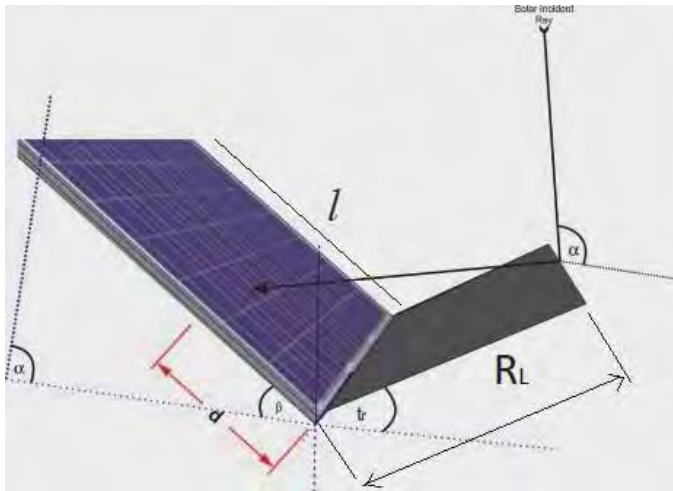
Концентраторите и тракерите предлагат възможности за увеличаване на производителността на слънчеви панели по рентабилен начин и започват да се появяват редица подобни слънчеви фотоволтаични системи. Но практическите проучвания показват, че тракерите не са оптималното решение поради високата цена на конструкцията, както и консумацията на енергия за тяхното задвижване.

В тази статия обсъждаме разработването на евтина система за проследяване/концентриране, която е подходяща за лесно монтиране на покрива или терена, и използва конвенционални панели и рефлекторни материали.

Теоретичната ефективност на слънчевата PV клетка е около 25% до 30%, а практическата ефективност – около 17%. Соларният модул с плосък панел е практичен начин, по който обикновените домакинства и стопанства могат да произвеждат електрическа енергия от преобразуването на слънчевата енергия. Слънчевата енергия е все още по-скъпа от класическата енергия, получена от изкопаеми горива чрез топлоцентрали. Въпреки това, чрез внедряване на рефлекторна система за тези фотоволтаични модули с плосък панел е перспективна теория. Чрез тази технология общата мощност и ефективността могат да бъдат увеличени. Системите за възобновяема енергия, особено системите за слънчева енергия през последните 20 години се превърнаха в един от основните фокусни точки в разработването на нови технологии, тъй като енергията може да бъде произведена с висока ефективност. Основната цел на настоящата публикация е да се покаже какви средства за слънчева концентрация могат да произвеждат ефективна енергия за домове и други среди.

I. ПОТЕНЦИАЛЪТ ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА СЛЪНЧЕВИТЕ ПАНЕЛИ

Интензитетът на слънчевата радиация, падаща върху слънчевия панел, зависи от позицията на разположение и наклона на слънчевия панел. Местото на разположение ще повлияе на стойностите на слънчевите ъгли като азимут (γ) и зенита (α). Наклонът на слънчевия панел във всеки регион е различен, коригиран към максималната радиация. Ъгълът на наклона на слънчевия панел може да се получи с помощта на софтуера PVGIS. Подобно на изчисляването на наклона на слънчевия панел, геометричното приближение до математическо уравнение се използва за определяне на наклона на рефлектора, който ще бъде инсталиран, за да се увеличи улавянето на слънчевата радиация, която пада върху слънчевите панели.



Фигура 1 - Геометрия на слънчевите лъчи

Фиг. 1 показва, че слънчевата светлина пада с ъгъл на зенита (α) към хоризонталната равнина върху рефлектора, отразява от рефлектора с наклон (t_r), и пада върху отражателя със дължината (l) под ъгъл (β). Тези спецификации могат да се използват за изчисляване на дължината (d) на отразения лъч, който пада върху слънчевия панел. Математическа формула на състоянието на геометрията (1):

$$d = \frac{h \sin(\alpha - t_r)}{\sin t_r \sin(2t_r + \beta - \alpha)} \quad (1)$$

Където:

d = Максимално разстояние, покрито от отразения лъч на панела в определено време

t_r = Ъгъл на наклон на рефлектора

α = Ъгъл на зенита

β = Ъгъл на наклона на панела

h = височина (катета) на слънчевия панел

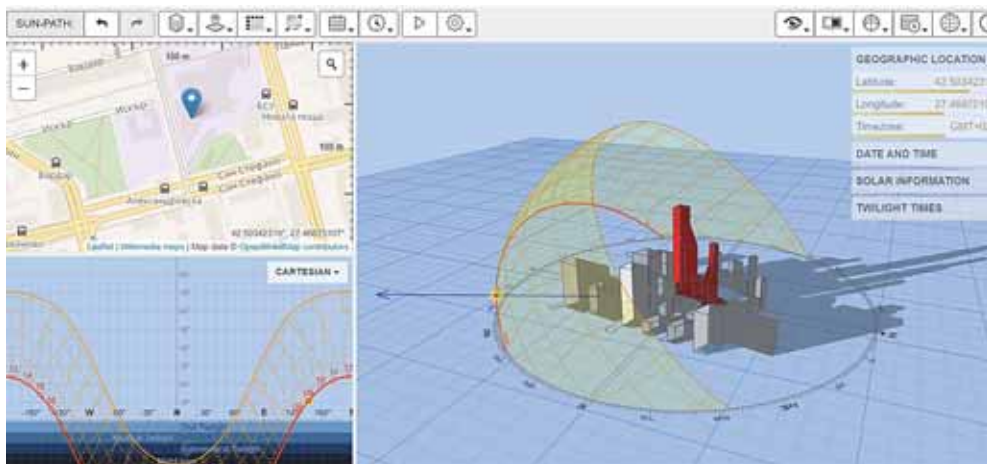
В случая стойността на d се приема като същата дължина като дължината на слънчевия панел ($d = l$) при максималното време на облъчване през деня. За да изчислим стойността на наклона на рефлектора, използваме MATLAB, за да извършим процеса на итерация. Стойността t_r ще се сравни с минималната надморска височина на слънчевия лъч на това място. Ограниченията, които се вземат под внимание, са $t_r >$ минимален зенитен ъгъл (α) на слънцето на това място, за да се избегне засенчване. След изчисляването на t_r , можем да намерим дължината на рефлектора, който ще използваме, използвайки формулата (2):

$$R_L = \frac{h}{\sin t_r} \quad (2)$$

където R_L – дължината на рефлектора, за най-оптимално покриване на слънчевия панел от отразената светлина

II. РАСЧЕТ НА ОПТИМАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СЛЪНЧЕВИЯ РЕФЛЕКТОР ЗА ПОКРИВА НА БСУ

Местоположението на сградата, собственост на Бургаския свободен университет, е на широчина: 42.503423° и дължина: 27.46875° . За да получим информация за слънчевия ъгъл на това място, използваме 3D Sun-Path и получихме следните данни:



Фигура 2 - Резултати от програма 3D Sun-Path

Данните са взети през различни часове, а именно 09:00, 12:00 и 16:00, в три различни вариации на ъгъла на падане на слънцето през различни месеци, а именно декември, март и юни. Получените данни за ъгъла на падане на слънчевата светлина са представени в Таблица 1.

Таблица 1.

Дата	Време	Ъгъл на падане
21 Декември	09:00	11.17°
	12:00	24.07°
	16:00	5.32°
20 Март	09:00	28.60°
	12:00	47.26°
	16:00	24.66°
21 Юни	09:00	46.18°
	12:00	70.78°
	16:00	39.60°

От данните, максималната стойност на ъгъла на падане (α) в 12:00 следобед през юни $70,78^\circ$, а минималната стойност 5.32° е през декември в 16:00.



Фигура 3 – Визуализация на PVGIS за покрива на БСУ

От спецификациите на инсталираните два реда панели върху покрива на БСУ получихме стойност на l , а именно общата дължината (хипотенуза) на слънчевия панел 1.956 m. Освен това за наклона на слънчевия панел се използват инструменти в софтуера PVGIS, където получаваме най-ефективен ъгъл на наклона на PV-панели, който е равен на 32° . Изчислена стойността h , използвайки ъгъла на наклона на слънчевия панел (формула 3):

$$h = \sin \beta * l, (m) \tag{3}$$



Фигура 4 – Интерфейса на PVGIS

Подставяйки известните значения в формула (3) получаваме:

$$h = \sin(32^\circ) * 1.956 \text{ m} = 0.733 \text{ m}$$

Чрез формула (1) се получава:

$$d = \frac{h \sin(\alpha - t_r)}{\sin t_r \sin(2t_r + \beta - \alpha)}$$

$$1.956 = \frac{0.733 * \sin(70.78 - t_r)}{\sin t_r \sin(2t_r + 32 - 70.78)}$$

Резултата от итерации, реализирани в среда Matlab са получен оптимален резултат на ъгъла $t_r=46,28^\circ$. След това се изчислява дължината на използвания отражател:

$$R_L = \frac{h}{\sin t_r} = \frac{0.733}{\sin 46,28^\circ} \approx 1,014 \text{ м}$$

Получихме стойност $R_L = 1,014 \text{ м}$.

В резултат имаме геометрични изчисления на оптималните размери на рефлектора за повишаване на производителността на съществуващата фотоволтаична централа на покрива на университета.

Впоследствие пред нас е поставена задачата да определим практически резултати за повишаване на ефективността на производителността.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Електроенергия, произведена от слънчевите панели, зависи основно от количеството слънчева радиация, която пада върху повърхността на панела. Производителността на слънчевите централи се променя според интензитета на слънчевата радиация на всеки час, ден и месец. Излъчването на слънце, което не пада върху повърхността на панела, може да бъде обърнато към повърхността с помощта на рефлектор под формата на плоско огледало. Това е показано с помощта на рефлекторен анализ, който е извършен на мястото на евентуален монтаж. Според анализа са изчислени и получени следните данни: за PV-централа, изградена с наклона 32° към плосък покрив, с целта за максималното увеличаване на отразената слънчева радиация е необходим монтаж на плосък рефлектор под наклон $46,28^\circ$ и размера на дължината 1.014 м.

Според аналогичните проучвания от други лаборатории се очаква увеличаване на производителността с 25% от средна статистическа.

Анализът е направен с потенциални данни с помощта на софтуера. След това е необходимо да се анализира, като се използват данни от измерванията в реални условия, на същия наклон и рефлектор, инсталиран в съответствие с наклон, който е получен в резултат на настоящото изследване. Също така, трябва да бъде направено измерване на реално увеличаване на мощността на генерираната енергия, влияние на температурните промени на фотоволтаични панели свързани с увеличаването на обема на слънчевата радиация. Тези промени могат да имат негативни последствия за моментната генерирана мощност.

Литература:

- [1]. Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска, Радослав Симионов, Елдар Заеров, Изследване на производителността на микро PV централи, МНК Дигитални трансформации, медии и обществено включване, БСУ, 5 юни 2020, ISBN: 978-619-7126-92-1, стр. 444-454

- [2]. Сейменлийски К. Д., Електротехнически фактори влияещи върху себестойността и цената на електрическата енергия, ISBN 978-954-760-244-1, Колор Принт, В. 2011 г.
- [3]. Silvija Letskovska, Kamen Seymenliyski, Renewable Energy Sources and Pricing of Electrical Power, Journal of Energy and Power Engineering is published monthly in hard copy (ISSN1934-8975) and online (ISSN 1934-7367) by D. Publ. Company, US, 2014
- [4]. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Study The Performance Characteristics Of Power Systems With Photovoltaic Power Plants, Списание „Компютърни науки и комуникации“, Том 5, No 4(2016), ISBN 978-619-7126-57-0.
- [5]. Долчинков Р., Механизми и машини във ВЕИ, Електронно списание на ЦИТН за компютърни науки и комуникации, бр. 3, ISSN 1314-7846, стр. 31-42, 2013.
- [6]. Долчинков Р., С. Лецковска, М. Колева, С. Михов, РЕШЕНИЯ ЗА ОЦЕНКА НА СТЕПЕНТА НА ЗАМЪРСЯВАНЕ И ПОЧИСТВАНЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ ПАНЕЛИ, Годишник на БСУ, ISSN: 1311-221-X, том XXXVI, стр. 74-82, 2017.
- [7]. Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска, Стоянка Моллова, Образуване на цените на електрическата енергия в България, Юбилейна НК НБУ „Васил Левски“, 2012, том 8, ISBN 978-954-753-095-9, стр. 82-91
- [8]. К. Сейменлийски, С. Лецковска, П. Рахнев, Повишаване ефективността на тарифната политика в електроенергийната система на България, Юбилейна НК НБУ „Васил Левски“, 2012, том 8, ISBN 978-954-753-095-9, стр. 91-100,
- [9]. Simionov, R., Mollova, S., Dolchinkov, R. - Integrated laboratory complex, 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2020 - Proceedings, 2020, pp. 1567–1572, 9245339
- [10]. Silvija Letskovska and Kamen Seymenliyski, Renewable Energy Sources and Tariffing of Electrical Power, XLVIII International scientific conference ICEST 2013. Proceedings of Papers, ISBN: 978-9989-786-89-1, Volume 2, p.739-742.
- [11]. Георгиева П., Р. Долчинкова, Р. Долчинков, Информационни технологии за управление на кредитния риск. Списание „Управление и устойчиво развитие“, ЛУ-София, том 41(4), стр. 125-129, 2013, ISSN 1311-4506
- [12]. Долчинков Р., П. Георгиева, Ефективност на системи за слънчево проследяване. Годишник на БСУ, том XXVIII, стр. 243-255, 2012, ISSN 1311-221-X
- [13]. Радослав Симионов – Съвременни методи за инженерингови решения в сградни енергийни системи, Годишник БСУ 2018, том XXXVIII, ISSN: 1311-221X
- [14]. Stoyanka Mollova, Radoslav Simionov, Kamen Seymenliyski, A study of the energy efficiency of a computer cluster, ICTRS '18, October 8–9, 2018, Barcelona, Spain ISBN: 978-1-4503-6580-2, <https://doi.org/10.1145/3278161.3278170>, Proceedings of the Seventh International Conference on Telecommunications and Remote Sensing, p. 51-54
- [15]. Dolchinkov R., Teaching methods in computer design of technological systems, SEVILLE, SPAIN, 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESERCH AND INOVATION, ISBN 978-84-616-3849-9, p. 5785-5795, 2013.
- [16]. Matsankov M., M. Ivanova, Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green EnergyRoma, Italy, June 28-30, 2019
- [17]. К. Сейменлийски, С. Лецковска, ИНТЕЛИГЕНТНИ РЕШЕНИЯ В ЕНЕРГИЙНИТЕ И РЕСУРСНИ МРЕЖИ, БСУ, 2021, ISBN 978-619-253-011-2, 241 с.