

СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА НА ЕНЕРГИЙНИЯ ПОТЕНЦИАЛ ОТ СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ

доц. д-р Силвия Лецковска
доц. д-р Камен Сейменлийски
Бургаски свободен университет

MONITORING SYSTEM FOR EVALUATION SOLAR ENERGY POTENTIAL

Assoc. Prof. Silvija Letskovska, PhD
Assoc. Prof. Kamen Seymenliyski, PhD
Burgas Free University

Abstract: In this work the monitoring system for evaluation solar energy potential is shown. The system should give the possibilities for energy production for Burgas free university.

Key word: monitoring system, solar energy, pirheliometar, pyranometer.

I. Въведение

Слънцето доставя 99,98% от цялата енергия на нашата планета. То „отговаря“ пряко или косвено за съществуването на живота на Земята. Единицата за измерване на потока слънчева енергия в системата SI е W/m^2 . При средно разстояние от Земята до Слънцето 150 милиона километра, плътността на енергията на слънчевото излъчване, която достига до атмосферата е средно $1,367 kW/m^2$. Тази величина се нарича *слънчева константа*.

Различните процеси вътре в Слънцето и на повърхността му, като слънчевите петна и изригвания, водят до флуктуации на тази величина, но не превишават 0,1%. Разстоянието от Земята до Слънцето се изменя поради елиптичността на орбитата на Земята, затова слънчевото излъчване в горната граница на атмосферата е с 6,6% по-голямо на 4 януари (когато Земята е най-близо до него), в сравнение с 4 юли (когато Земята е най-отдалечена от него). Тези дати не съвпадат с датите на зимно и лятно слънцестоене, защото оста на въртене на Земята е наклонена.

Поради голямото разстояние между Слънцето и Земята слънчевото излъчване, което достига до горната граница на атмосферата, пада във вид на паралелни лъчи. Това излъчване включва ултравиолетови лъчи (УВ), видимата светлина и инфрачервени лъчи (ИЧ). Максималната интензивност на излъчването е в диапазона на видимия спектър – с дължина на вълната $400\div 750 nm$. Интензивността на УВ и ИЧ излъчване е значително по-ниска. При преминаване през атмосферата част от излъчването достига повърхността на Земята, част от него се разсейва от молекулите на газовете, аерозолните частици, капките вода и кристалите лед. Тези процеси в значителна степен влияят на спектъра на излъчването, достигащо до земната повърхност.

Когато слънцето е точно над даден обект, оптичната атмосферна маса е минимална и по определение има стойност единица за мястото, на което е обекта. Когато

слънцето се спуска към хоризонта, оптичната маса на атмосферата се увеличава около единадесет пъти и влиянието ѝ върху поглъщането и разсейването на слънчевото излъчване става значително по-голямо. Наблюденията на излъчването на земната повърхност водят до два диапазона от дължини на вълните: късовълново излъчване с дължина на вълната от 300 до 4000 nm и дълговълново – от 4500 nm до 40 микрометъра. Късовълновото включва УВ, видимата светлина и ИЧ лъчи. Част от излъчването, която достига земната повърхност се отразява от нея, а друга част се поглъща.

II. Измерване на количеството слънчева радиация

Висококачествени наземни измервания на слънчевото излъчване се правят с помощта на прибори в широк спектрален диапазон. За тази цел се използва датчик на основа на термобатерия с почернена повърхност, която поглъща цялото падащо излъчване върху нея.

Датчикът се нагрява и преобразува повишаването на температурата в слаб електрически сигнал. Сумарният поток слънчево излъчване, падащо на земната повърхност се състои от разсеяно излъчване от небосвода и директно (пряко) – от Слънцето. То е късовълново излъчване. Когато слънчевите лъчи падат върху земната повърхност под ъгъл, те попадат върху повърхност с по-голяма площ, в сравнение в случая, когато падат перпендикулярно.

Във втория случай количеството енергия на единица площ е по-малко. То лесно се определя с умножаване на потока на прякото излъчване по косинуса на зенитния ъгъл на Слънцето.

Отношението между различните съставни на енергията на слънчевото излъчване с достатъчна точност може да се определи с помощта на зависимостта:

$$(1) \quad S_{\text{сум.}} = S_{\text{разс.}} + S_{\text{дир.}} \times \cos \theta$$

Където:

- $S_{\text{сум.}}$ – сумарен поток на слънчевото излъчване;
- $S_{\text{разс.}}$ – разсеян поток на слънчевото излъчване;
- $S_{\text{дир.}}$ – пряк (директен) поток на слънчевото излъчване;
- θ – зенитен ъгъл на слънцето ($\theta = 0^\circ$ съответства на слънце точно над обекта, а $\theta = 90^\circ$ – слънце на линията на хоризонта).

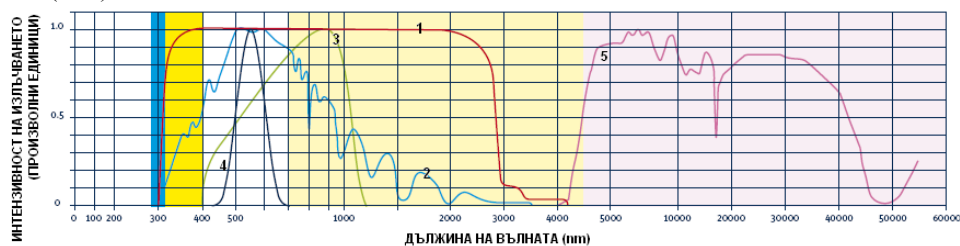


Фиг. 1. Устройство за измерване на сумарния поток слънчева радиация със защитно стъклено калпаче

Сумарният поток на слънчевото излъчване се измерва с пиранометри, разположени на хоризонтална плоскост, снабдени с датчик с термодвойка, защитен от външни въздействия със стъклени калпачета (Фиг. 1), които определят спектралната чувствителност на прибора (линия 1, Фиг. 2). Прякото излъчване се измерва с пирхелиометри – прибори с термодвойка, със зрително поле 5° и плосък окуляр.

Разсеяното излъчване може да се измери с втори пиранометър, установен на тракер с допълнително засенчващо устройство, което постоянно да предотвратява

попадане на пряко излъчване върху него. Типът на пиранометрите и перхелиометрите, техните характеристики, методи на калибровка и т.н. се определят от Световната метеорологична организация и Международната организация по стандартизация (ISO).



Фиг. 2. Участъци от спектъра на слънчевото излъчване:

- 1 – чувствителност на пиранометър със стъклен капак (уред за измерване на всички видове радиация); 2 – слънчево излъчване върху земната повърхност, 3 – спектрална чувствителност на типичен фотоелемент; 4 – чувствителност на човешкото око; 5 – чувствителност на перхелиометър (уред за измерване на пряка слънчева радиация).
Условен максимум – 1.0

Перхелиометърът работи на същия принцип, както и пиранометъра, но неговата спектрална чувствителност, (линия 5, Фиг. 2) се определя от силициево стъкло (плоско или изпъкнало), което пропуска ИЧ излъчване и блокира късовълновото с помощта на специално вътрешно покритие.

Комбинацията от прибори за измерване на сумарния поток, прякото и разсеяно излъчване представлява „станцията за слънчев мониторинг“.

Миливолтовият аналогов изход на радиометрите обикновено се свързва с регистратор на данни (т.н. „дейталогер“), който записва и съхранява данни. Данните могат да се предават в реално време безжично или кабелно, а също периодично да се записват за обработка и анализ.

Фотоволтаичните (фотоелектричните) панели имат широк ъгъл на обзор и трябва да се разполагат така, че да получат максимално количество енергия от слънчевото излъчване. Панелите може да са установени неподвижно, с определен ъгъл на наклона. В този случай е необходим и втори пиранометър. Обикновено той се поставя под оптимален за дадена местност ъгъл за измерване на сумарния поток енергия върху наклонена повърхност. Такъв монтаж на пиранометъра служи за оценка на потока, падащ върху неподвижен фотоволтаичен панел.

За максимално използване на слънчевата енергия фотоволтаичните панели често се монтират в системи, които следят Слънцето през деня. Тези технологии изискват измерване на прякото слънчево излъчване с перхелиометър и автоматична система за следене (тракер). Обикновено над тракера се монтира пиранометър за измерване на сумарния поток излъчване. Втори пиранометър със засенчващо устройство се монтира за измерване на разсеяното излъчване. Трети се поставя над тракера и се ориентира към Слънцето за измерване на сумарния поток на нормалното излъчване, което получава фотоволтаичния панел, установен на двuosна следяща система.

Традиционните фотоелектрически полупроводникови материали основно са чувствителни към видимата и близката ИЧ част на спектъра, примерно от 400 до 1100 nm с пик в ИЧ област, както е показано с линия 3, Фиг. 2. Обаче в зависимост от състоянието на небето значително количество енергия може да постъпи от ИЧ област на спектъра – с дължина на вълната до 400 nm, а също от ИЧ излъчване с

дължина над 1100 nm. Поради това, при разработване на нови материали за панели трябва да се използва и тази част на спектъра.

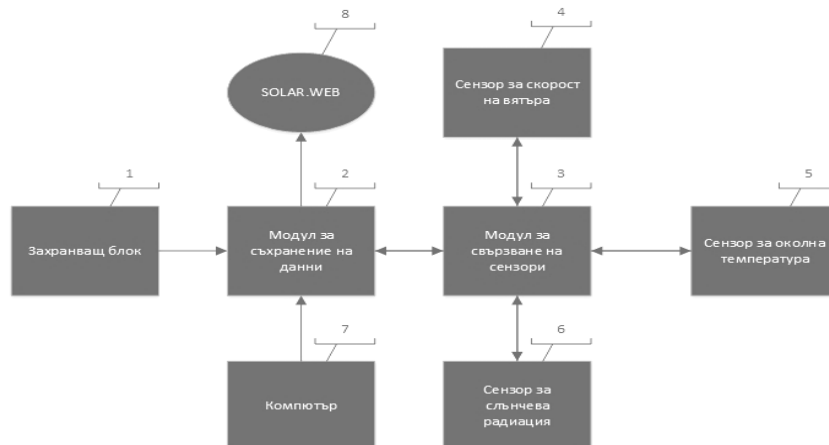
Все по-често при изследвания в областта на фотоволтаичните материали се използват прибори за пълното УВ излъчване, за да се осъществи мониторинг на излъчването за дължина на вълната в диапазон от 280 до 400 nm.

При проектно-изследователски разработки при избор на мястото на фотоволтаична централа често се добавя автоматична метеостанция. Това дава допълнителна информация за вземане на решение за мястото на изграждането ѝ. Ефективността на слънчевите панели зависи от температурата, а високата скорост на вятъра може да изисква допълнителни укрепвания за панелите или да стане причина за повреди на оборудването. В зависимост от технологията на производство на електроенергия и целта на измерване в пределите на една станция може да са необходими няколко типа прибори за измерване на слънчевото излъчване.

„Еталонни” инструменти се ползват за количествена оценка на слънчевата енергия, достъпна в даденото място. Тези надеждни и точни инструменти дават данни за сравнение с измервания от други места и с други източници на данни, например, такива като спътникови данни. Те дават възможност за създаване на база данни за минали, текущи и прогнозируеми стойности за даденото място. Допълнително монтирана автоматична метеорологична станция дава информация за времето в дадената местност. Тази информация, заедно с данните за слънчевото излъчване, се използва модели за прогнозиране на производителността на електростанцията.

Поради това, че пиранометрите с термодвойка имат широка спектрална чувствителност, те измерват цялата плътност на слънчевото излъчване, попадащо върху фотоволтаичните панели. Поради това може да се види доколко ефективно всеки панел използва постъпващата енергия и следователно, може да се правят необходимите изводи. Плоските фотоволтаични панели се замърсяват значително по-бързо от пиранометрите с полусферичен капак. Следователно, ефективността на панелите може да пада за по-кратко време поради замърсяване или поради стареене на панелите, може да настъпят също резки изменения, които да са следствия от повреди на панелите или инвертора.

III. Структуриране на система за мониторинг и оценка на енергийния потенциал от слънчева енергия за сградата на БСУ



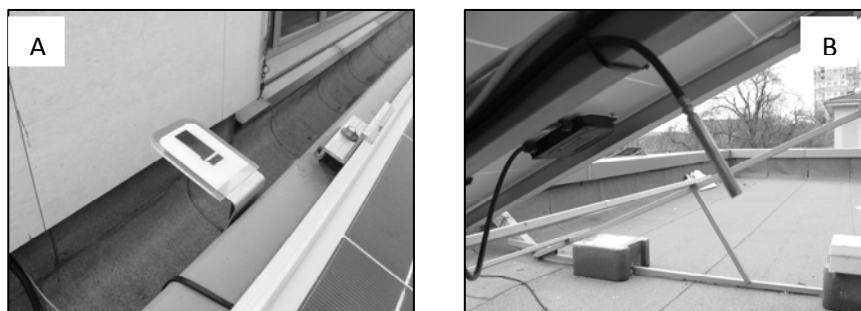
Фиг. 3. Блокова схема на система за мониторинг

3.1. Изграждане на системата

На база проведено проучване за параметри и цена за изграждането на система за мониторинг на слънчевата радиация, температурата и вятъра бе избрана система на австрийският производител Fronius. Блоквата схема на изградената система е показана на Фиг. 3.

Системата включва следните елементи:

- Захранващ блок - 12V DC, 1A;
- Модул за съхранение на данни – Fronius Datalogger Web. Този модул съхранява данните, постъпили от сензорите, служи за връзка с компютър и предава данни към Fronius Solar.Web порталът. Връзката между модула за съхранение на данни и модула за сензорите е серийна тип RS-232. Модулът предава данни в реално време и архивира данни на всеки 5мин. Капацитет на паметта – 16 MB (4096 дни);
- Модул за свързване на сензори – Fronius Sensor Box. Този модул служи за свързване на сензори към него и транслирането на данните получени от тях, след което ги предава на Fronis Datalogger Web за съхранение. Има възможност за свързване на: 2 входа за температурни сензори; 1 вход за сензор за вятър; 2 цифрови входа; 1 вход за сензор за слънчева радиация;
- Сензор за скорост на вятъра – Fronius Wind speed Sensor. Сензорът за измерване скоростта на вятъра е с голяма точност и в надежден корпус, издръжлив на лоши метеорологични условия. Монтира се на открито място, като в близост няма предмети/уреди и др. които да го повредят. Тип на сензора – Анемометър – минимален праг скорост на вятъра; околна температура -20°C до +60°C; максимална дължина на кабел 30 m;
- Сензор за околна температура – Fronius Ambient temperature Sensor, PT1000. Сензорът има стоманена обшивка и това му позволява да издържа на лоши метеорологични условия. Монтира се на място, което не е изложено на директна слънчева светлина;
- Сензор за слънчева радиация – Fronius Irradiation Sensor (Фиг. 4). В повечето случаи се монтира на конструкцията, на която са разположени соларните панели, за да има същия ъгъл на наклона, като на соларните панели. Тип сензор – монокристален силициев, работно напрежение – около 70 mV при 1000 W/m², околна температура -40°C до +85°C;



Фиг. 4. Сензор за слънчева радиация (А) и за температура(В) – Fronius Irradiation Sensor

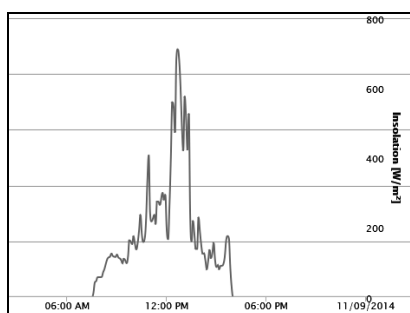
- Компютър с инсталиран софтуер Fronius Solar.access – интелигентен софтуер за запис, архивиране и анализ на данни. Използват се диаграми и

графики, поддържа експортиране на данни за конкретен период във файл. Минимални системни изисквания: Процесор Intel Pentium 4, 1300 MHz, 1024 MB RAM, 600 MB свободно място на твърдият диск; LAN свързаност до Fronius Datalogger Web; операционна система Microsoft Windows 2000/XP/Vista/7/8/8.1 с Internet Explorer 6;

- Fronius SOLAR.WEB. Fronius SOLAR.WEB – безплатен уеб базиран портал на Fronius. Той има за цел за запис, архивиране, анализ на данните, следене в реално време на фотоволтаични централи. В случая се използва за следене в реално време на данните от метеостанцията. Използват се диаграми и графики. Ако има проблем, като липса на връзка до някой сензор, системата алармира чрез e-mail.

3.2. Експериментални данни от системата за мониторинг и оценка на енергийния потенциал от слънчева енергия за сградата на БСУ

С помощта на изградената система могат да бъдат получавани данни за слънчевата радиация в реално време през пет минути. Като демонстрация на възможностите на системата на Фиг. 5 са показани снети данни от системата за стойността на слънчевото греене (W/m^2) за определен ден от годината и за определен период от деня.



Фиг. 5. Данни за слънчевото греене за определен период от деня

Заклучение

Получените от системата данни позволяват извършването на анализ на реалния ресурс от възобновяема енергия за продължителен период от време, който може да се усвои от фотоволтаична централа, разположена на сградата на БСУ. Това ще даде възможност да се получи реална преценка за необходимостта от изграждане на централи от различен тип за производство на електроенергия от ВЕИ. Изградената система дава възможност за провеждане на редица изследвания, както и на полезен и атрактивен учебен процес.

Литература

- [1]. Кондратьев К. Я., Пивоварова З. И., Федорова М. П., Радиационный режим наклонных поверхностей. – М.: Гидрометеиздат, 1978 г.
- [2]. Pavlik Rahnev, Silvija Letskovska, Dimitar Parachkegov, Problem in using polymer substrates for solar cells, SIELA 2009, ISBN 978-954-323-530-8.
- [3]. П. Рахнев, С. Лецковска, Д. Парашкевов, Температурни зависимости при соларните клетки, НК с международно участие „Образователни технологии” – Сливен, 2010 г.
- [4]. Современные проблемы полупроводниковой фотоэнергетики: Пер. с англ./Фонаш С. и др.; Под. ред. Т. Коутска, Дж. Микини. - М.: Мир, 1988 г.
- [5]. Виссарионов В. И., Дерюгина Г. и др., Солнечная энергетика, М.: МЭИ, 2008 г.
- [6]. <http://www.fronius.com>.