

РЕШЕНИЯ ЗА ОЦЕНКА НА СТЕПЕНТА НА ЗАМЪРСЯВАНЕ И ПОЧИСТВАНЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ ПАНЕЛИ

проф. д-р Радостин Долчинков, доц. д-р Силвия Лецковска
Мариана Колева, Стефан Михов
Бургаски свободен университет

SOLUTIONS FOR EVALUATE THE DEGREE OF POLLUTION AND CLEANING OF PHOTOVOLTAIC PANELS

Prof. Dr. Radostin Dolchinkov, Assoc. Prof. Dr. Silviya Letskovska,
Mariana Koleva, Stefan Mihov
Bourgas Free University

Анотацията: В тази статия е разгледано замърсяването с прах и пясък, което влияе върху производителността на фотоволтаичните централи. Създаденото устройство се използва на открито и в лабораторни условия. Разгледани са проблемите при почистването на големи полета електроцентрали както и автоматизирани системи за почистване им.

Ключови думи: замърсяване, енергийни източници

Abstract: This article discusses dust and sand pollution that impacts on the performance of photovoltaic power plants. The device is used outdoors and under laboratory conditions. Problems are dealt with in large field power plants as well as automated cleaning systems.

Key words: pollution, energy sources

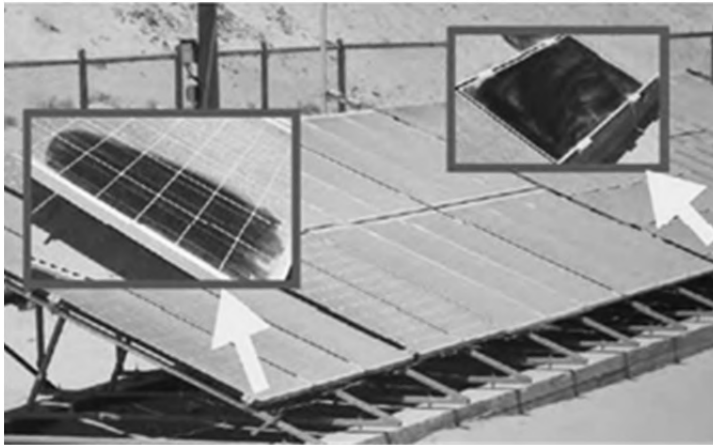
Много от местата, където се инсталират слънчевите инсталации са сухи, като пустините например, тъй като те осигуряват много висока слънчева радиация и земята рядко се използва за други цели.

В пустинните райони замърсяването с прах и пясък е сериозен проблем, който влияе върху ефективността на централите. Проблемите, свързани със замърсяването трябва да бъдат проучени, за да се разберат загубите на продукцията, да се планира поддръжката, да се изчисли жизнения цикъл на компонентите и да се оцени възможността за банкиране.

Масово произвежданите в момента фотоволтаични клетки от кристален силиций осигуряват напрежение около 0,6 V и максимален ток при пълно осветяване от порядъка на 1,2 A. При изграждането на фотоволтаичен панел, отделните клетки се свързват последователно и паралелно. Обикновено към отделните последователни клонове се свързва антипаралелно по един диод, който има за цел да шунтира целия клон, ако случайно той е затъмнен. Затъмняването само на част от фотоволтаичния панел, в частност само на една фотоволтаична клетка, е опасно. Затова във верига, в която има затъмнени и незатъмнени клетки, товарното съпротивление играе ролята на свързващо съпротивление, а ролята на товар се поема от затъмнената клетка. Това би могло да причини нейното термично разрушаване. Антипаралелните диоди огра-

ничават този ефект, но само ако е затъмнен цял клон, а затъмняването на единична клетка остава опасен режим.

Замърсяването е сложен процес, който силно зависи от местната среда. Повърхностните условия, ветровете, влажността и температурата на въздуха са основните природни параметри, които влияят върху замърсяването. Антропогенните фактори също играят важна роля, селскостопанската дейност, трафика и замърсяването на въздуха допринасят за отлагането на прах и замърсители върху фотоволтаични панели, лещи CPV и огледала за централно отопление (Фиг. 1).



Фиг. 1. Натрупване на замърсявания след период от една година

Основните замърсители, които влияят пряко върху производителността се класифицират в няколко групи:

- Прах, прашец, пясък и други въздушни частици натрупани по естествен път на повърхността на фотоволтаични модули, концентриращи огледала и лещи.

- Въздушните замърсители като изпарения, смог и сажди могат да образуват повърхностен слой, който е по-труден за почистване спрямо прахта и пясъка.

- Отлагането на пясък и прах в сухите области може да се увеличи с нощната роса, тъй като прахът и пясъчните частици се нанасят върху мокрите повърхности много по-бързо и лесно. През деня прахът изсъхва и се пече на слънце, а следващата вечер се натрупва на влажната повърхност отново. Процесът се повтаря, образувайки дебел слой прах, който може напълно да блокира светлината.

- Често се натрупват замърсявания в долната част на фотоволтаичните панели, които имат повдигната монтажна рамка, осигуряваща частично засенчване и намаляване на ефективната площ на фотоволтаичния модул.

- Мухълът и плесента също могат да растат на повърхността на фотоволтаични панели в топла и влажна зона. Натрупаната през деня топлина и влажността през нощта осигуряват идеални условия за разпространение на микроорганизми и формиране на непрозрачен слой на повърхността на фотоволтаичните модули.

Затова фотоволтаичните трябва периодично да се почистват – особено от зацапвания от птици, които причиняват точно такова локално затъмняване (Фиг. 2).



Фиг. 2. Почистване на фотоволтаичен елемент

Проблемът амбицира много фирми в света да търсят алтернативни решения, да разработват нови съоръжения с по-голяма ефективност за почистване на слънчеви панели в сравнение с конвенционалните подходи на миене (Фиг. 3).



Фиг. 3. Стандартни методи за почистване на фотоволтаици

Предлагат се системи с използване на вода под налягане, която се пръска като мощен спрей, в съчетание с четка с въртяща се глава. Те се монтират на транспортни средства или устройства (Фиг. 4).



Фиг. 4. Система за почистване с използване на вода под налягане

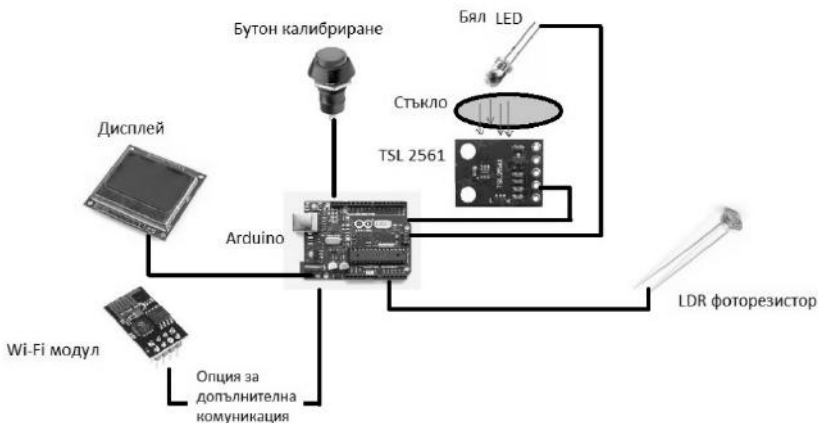
Така се отмива калта, прахта и налепите по слънчевите панели със значително по-малко вода в сравнение с традиционните методи на миене. Системата може да бъде адаптирана за използване на различни машини на всевъзможни места.

Целите на работата са две. Едната е да се изследва как отлагането на прах върху фотоволтаичните инсталации влияе върху добива на енергия и какво предизвиква пълно спиране на функционалността на неподдържани фотоволтаични модули. Нама-

лената пропускателна способност, нормална спрямо стъклото зависи силно от плътността на нанасяне на прах във връзка с ъгъла на наклон, както и от ориентацията на повърхността по отношение на доминиращата посока на вятъра. Другата е да се търсят алтернативни решения, да разработват нови съоръжения с по-голяма ефективност за почистване на слънчеви панели в сравнение с конвенционалните подходи на миене.

За решаването на първия проблем се предлага да се проектира устройство, което да е лесно за обслужване и да позволява да се използва при различни условия, както на открито, така и в лабораторни условия. Проектира се да работи нощно време, когато е в активен режим и дава информация за сумарната стойност на натрупаният прах през цялата светла част от текущото денонощието. Важно е монтираният стъклен образец, който се изследва да е от същият тип материал, който е и на фотоволтаичният панел, отчитащ получената енергия. Това е съществен фактор, защото различните стъклени или поликарбонатни стъкла, които се използват имат различни характеристики на пропускливост и всеки тип материал по различен начин задържа прахта и образуваното наслояване в течение на времето е различно. В процеса на изследването може да се обследват факторите, влияещи качествено и количествено на замърсяването, както и да се изследват различните видове прозрачни материали използвани при производството на фотоволтаичните панели.

В основата на разработеното устройство (Фиг. 5), е идеята да се използва един измервателен сензор, а не два. По този начин се избягва нуждата от постоянно чистене на образца за да има еталонна стойност за сравнение. Устройството се почиства еднократно. Така измерената стойност на пропускливост с един бутон се запаметява в енерго независимата EEPROM памет на устройството и тя автоматично се превръща в еталон, константа за по-нататъшните изследвания. Измерената стойност е в луксове, а изходящата разлика от сравнението с вече замърсеният образец в течение на времето се изписва в проценти. Проблемата със слънчевата светлина, която реално не е константа и не може да гарантира точност на измерването е решен със светодиод, който се използва за светоизточник. Светлинните параметри на избраният светодиод могат да се приемат като константни за периода на едно продължително във времето изследване, понеже те реално имат минимално отклонение след хиляди часове работа, а захранването, което се използва е стабилизирано и с постоянни характеристики. Факторите облачност и движение на слънцето не се взимат под внимание.



Фиг. 5. Принципна схема на устройство за оценка на степента на замърсяване на стъклената повърхност на фотоволтаични панели

С фото чувствителен елемент се мери околната осветеност, и когато тя спадне под даден праг, устройството се активира и измерената стойност е точна, без грешки вследствие на околна осветеност. Устройството (Фиг. 6) реално е в активен режим през цялата вечер и дава възможност да се проследи дали в рамките на няколко часа само може да се получи достатъчно прахово натрупване, което да повлияе пропускливостта на изследваният образец. А при евентуален дъжд, в реално време ще може да се отчете как определено количество дъждовна вода може да подобри пропускливостта, отмивайки праховите натрупвания. Съответно още при най-малкото покачване на околната осветеност вследствие на изгрева, устройството ще премине в режим на изчакване. Този фоточувствителен елемент също позволява при евентуално непредвидено, кратковременно осветяване от кола или друг светлоизточник, устройството да премине в неактивен режим и това да не повлияе на стойността на отчитаните проценти.



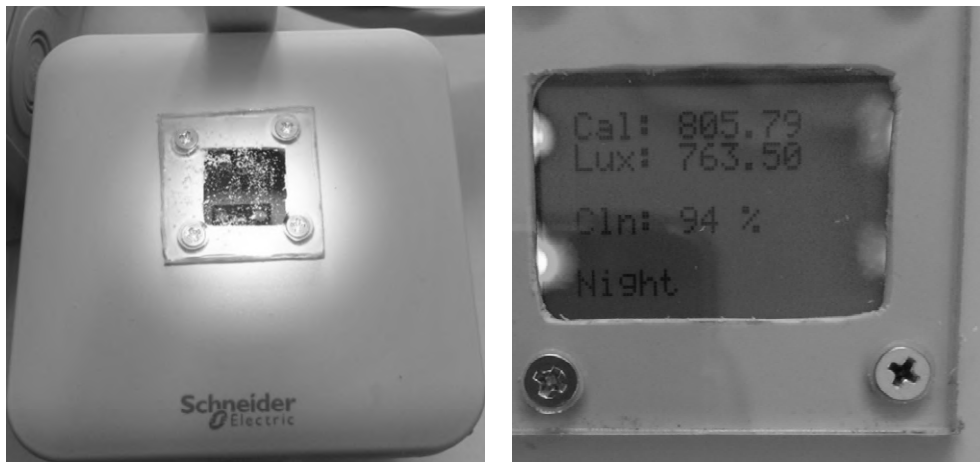
Фиг. 6. Общ вид на измервателния модул



Фиг. 7. Начален момент

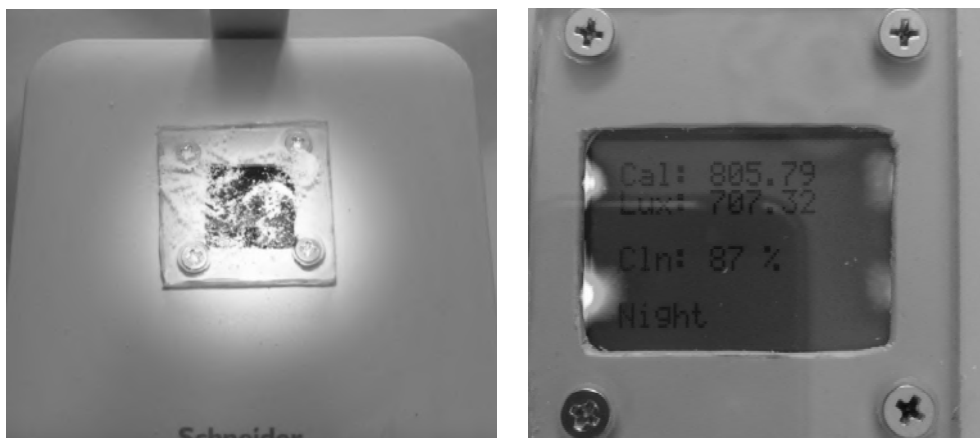
Устройството функционира, когато околната осветеност падне под определен праг. На Фиг. 7 е показан монтираният образец. Така отчетената и измерена величина на преминалият светлинен поток през поликарбонатната плоскост е регистрирана, натиска се бутонът за калибровка, стойността от моментното измерване се запазва в EEPROM паметта на устройство и по този начин тази стойност става калибровъчна, константна за периода на цялото последващо изследване. Всяка следваща отчетена стойност вече се сравнява с нея.

На Фиг. 8 е показан първи етап на замърсяване. Съответната чистота на образца вече е 94%.



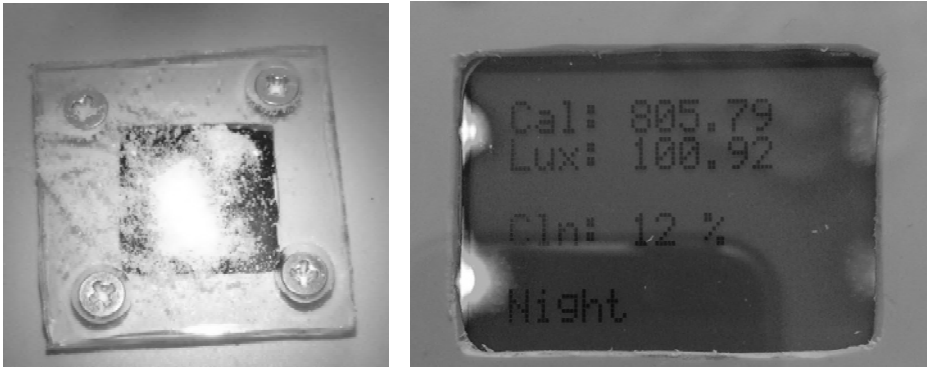
Фиг. 8. Първи етап на замърсяване

При втория етап на замърсяване вече текущо отчетената стойност е още по-малка, а съответната честота – 87% (Фиг. 9).



Фиг. 9. Втори етап на замърсяване

Последният етап на замърсяване (фиг. 10), отчита значително влошени пропускателни способности на образеца, като процентното съотношение е 12%.

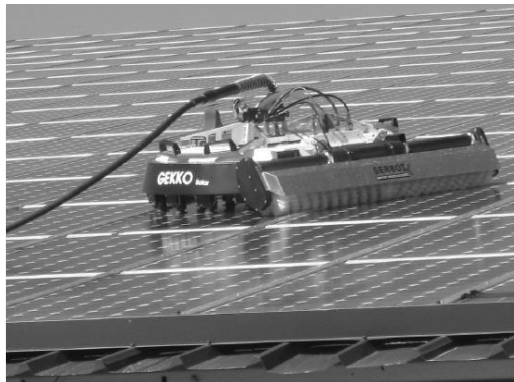


Фиг. 10. Последен етап на замърсяване

Използваната методика за измерването на количеството натрупан прах и замърсявания върху стъклените повърхности и фотоволтаичните панели, се базира на принципа, измерване на разликата при еталонно чиста повърхност и повърхност изложена на всичките типични замърсители за региона.

С помощта на устройството и проведения експеримент се доказва, че то реагира бързо и акуратно на променливите величини и дава оценка на степента на замърсяване на стъклената повърхност на фотоволтаични панели. Устройството дава възможност да се тестват обстойно най-различни видове замърсители, влиянието на околната среда и самите оптични свойства на различните образци. При смяна на образците и монтирането на такива от различни типове материали, като различни видове минерални стъкла и различни видове композитни плоскости (поликарбонат, плексиглас и производни), могат да се направят сравнителни тестове на светлинната пропускливост.

Познати са различни технологии за почистване на слънчеви панели с помощта на автоматизирани системи. Прогресивно решение е използването на робот. Основен проблем за решаване при тях се явява придвижването на робота. Съществуват различни варианти.



Фиг. 11. Робот за соларни ферми

Един от тях е показан на Фиг. 11, където многобройни индивидуално контролирани крака се въртят овално на две различни равнини. Роботът се закрепя на равни повърхности чрез вакуум и може да се движи във всички посоки – Фиг. 12.



Фиг. 12. Придвижване на работи

Оператор контролира работата с джойстик (Фиг. 13).



Фиг. 13. Джойстик за дистанционен контрол

По избор превозно средство съпровожда и осигурява работа с електроенергия, вода, компресиран въздух и алтернативен транспорт, както и преместване между панелите. Това се осъществява чрез интегрирана ръка на кран (Фиг. 14).



Фиг. 14. Интегрирана ръка на кран

Пустините са слънчеви и са идеални за добив на слънчева енергия, но са и много прашни, а това е голям проблем. Собствениците на соларни паркове на такива места се нуждаят от метод за почистване на панелите, така че да поддържат оптимални условия, в противен случай губят около 0,4-0,8% на ефективността на ден и до 60%

след пясъчни бури. За целта в Саудитска Арабия е разработен робот, който почиства пращните слънчеви панели **без вода** (Фиг. 15).



Фиг. 15. Робот за почистване на соларни ферми без вода

Роботите се монтират върху релси и най-малко веднъж на ден минават по панелите и ги почистват с четка, без да се използва вода. Четката е проектирана, така че да не навреди на панелите. Това е по-добро решение от ръчното почистване, което традиционно се прави веднъж на една или две седмици. Почистени по този начин, панелите прекарват много по-малко време с прах отгоре. Така те произвеждат повече електроенергия. Един такъв робот може да почиства редица с панели, с дължина от 600 до 900 метра.

За повишаване на производителността и търсенето на по-голяма ефективност всеки ред панели може да има свои собствени роботи и те да работят паралелно. Така не се отнема много време соларната ферма да бъде почиствена.

Литература:

1. Travis Sarvera, Ali Al-Qaraghuli, Lawrence L.Kazmerski, A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 22, June 2013, Pages 698-733.
2. J. Zorrilla-Casanova, M. Piliouguine, J. Carretero, P. Bernaola, P. Carpena, L. Mora-López, M. Sidrach-de-Cardona, Analysis of dust losses in photovoltaic modules, *World Renewable Energy Congress 2011*, Sweden.
3. J. Zorrilla-Casanova, M. Piliouguine, J. Carretero, P. Bernaola, P. Carpena, L. Mora-López, M. Sidrach-de-Cardona, Analysis of dust losses in photovoltaic modules, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 41, January 2015, Pages 735-744
4. <http://www.kippzonen.com/Product/20/SOLYS2-Sun-Tracker#.WglLYJdwbcu>.
5. Георги Тончев, Новоизобретен български слънчев термо-фотоволтаичен (електрически) когенератор.
6. Райна Младенчева, Фотоволтаични електросистеми, *Ековат Технологии*, 2009 г.
7. М. Бобчева, С. Табаков, П. Горанов, Преобразователна техника, София, 2002 г.
8. www.serbot.ch.
9. E. Gamboo, M. Hernando, F. Hernandez, E. Pinilla, Cost-effective robots for façade cleaning.