

Изследване измененията на интензитета на слънчевата радиация

Недко Недев, Константин Коев, Красимир Мартев

An Investigation of changes of solar irradiation: For the two years – 2009 and 2010, the solar irradiation data of working photovoltaic electric power plant has been investigated. The changes of solar irradiation by months and years are analyzed. The numbers of hours with specific values of irradiation are determined, their polynomials are represented and they are compared.

Key words: Photovoltaic Modules, Solar Irradiation.

ВЪВЕДЕНИЕ

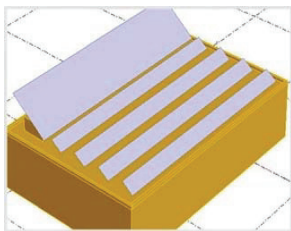
Преобразуването на слънчевата енергия в електрическа е метод, използващ фотоелектричния ефект. Той намира приложение в т.нар. фотоволтаични модули (PV-модули). За тях е характерна ниската стойност на к.п.д – до около 25 % [4], при сравнително висока цена и дълъг период на възвръщаемост на вложените средства. Основният фактор, който влияе върху производството на електрическа енергия от модулите, е интензитетът на слънчевата радиация [1,4]. Той определя температурата на околната среда, а също така е фактор за формиране движението на въздушните потоци (вятър) [4]. Тези няколко климатични фактора са основните, които влияят върху производството на електрическа енергия от фотоволтаични модули. Изследвани са инсталации при различни климатични условия [2] и е установено, че интензитетът на слънчевата радиация влияе в най-голяма степен, а скоростта на вятъра – в значително по-малка. По тези причини се провеждат изследвания за разработване на модули с по-голям к.п.д., отколкото на използваните към момента. Нашата страна е разположена в такава област от повърхността на Земята, за която е характерно сезонното изменение на слънчевата радиация. Нейните промени се отразяват и на други климатични фактори, които заедно формират различни работни условия за модулите [7].

Целта на изследването е да се проучи изменението на интензитета на слънчевата радиация, като основен фактор за производство на електрическа енергия.

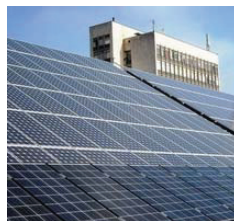
ОБЕКТ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

1.Обект на изследването

Избраният обект е фотоволтаична система с обща изходна пикова мощност 117,24 kWp, разположена върху покрива на производствена сграда. Тя се намира в промишлен район на град Русе (фиг.2).



Фиг.1. Разположение на модулите върху покривната конструкция.



Фиг.2. Изглед към част от модулите.

Обектът е разположен на терен с надморска височина 76 м. Инсталацията е изградена от 852 броя модули (фиг.1). Те са ориентирани в посока югозапад,

стационарно монтирани под наклон от 32° спрямо земната повърхност. Големината на този ъгъл се определя от условието за максимално целогодишно електропроизводство в разглежданото географско местоположение [4,8].

2. Методика и средства за изследването

За постигане на поставената цел е необходимо да бъдат решени следните задачи:

1. Определяне на минималната стойност на интензитета на слънчевата радиация, която гарантира производството на електрическа енергия.
2. Определяне на граничните стойности на интервалите на изменение на интензитета на слънчевата радиация.
3. Анализ на изменението на интензитета на слънчевата радиация.

Интензитетът на слънчевата радиация се характеризира със случайни изменения във времето и представлява неуправляем фактор от гледна точка на изследователя [1,5,6]. Това определя вида на изследването, което може да се проведе – пасивно статистическо (без управление на фактори). Стойностите на интензитета на слънчевата радиация се измерват и записват чрез измервателно-информационна система на всеки 15 min.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

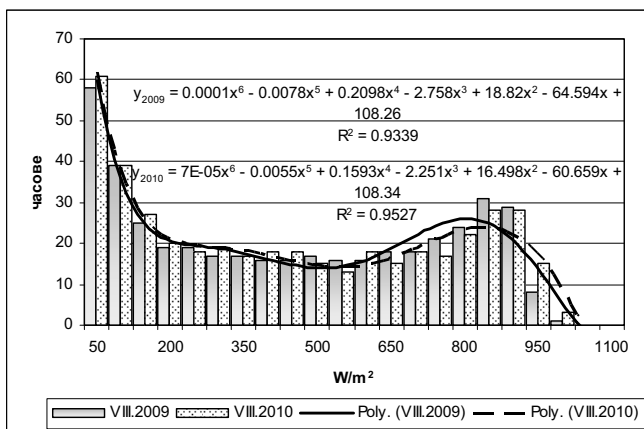
1. Определяне критичните стойности на изменение на интензитета на слънчевата радиация

Граничните стойности на интензитета на слънчевата радиация се определят от условията за производство на електрическа енергия. Изследвани са две пълни години от работата на обекта – 2009 и 2010. Установено е, че при стойност на интензитета на слънчевата радиация, по-малка от 5 W/m^2 , генерираното електрическо напрежение от фотоволтаичните модули е недостатъчно да задейства инверторите. Горната гранична стойност на интензитета на слънчевата радиация се определя от максималната такава, при която все още се произвежда електрическа енергия. В някои от часовете, стойността на интензитета на слънчевата радиация е по-голяма от 1000 W/m^2 , поради което е избрана горна гранична стойност със запас – 1100 W/m^2 .

Интензитетът на слънчевата радиация е непрекъсната случайна величина, но неговите стойности са измервани на определени интервали от времето на дневната продължителност на слънчевото греене. Това налага да се определят класове на изменение на интензитета на слънчевата радиация. Изборът е съобразен с това, че броят на класовете не трябва да е неоправдано голям и всеки от тях да не обхваща прекалено голям интервал на изменение на интензитета на слънчевата радиация. Условно е прието класовете да покриват стойностите от 5 W/m^2 до 1100 W/m^2 през 50 W/m^2 . Изключение е само първият клас, който характеризира изменението на интензитета на слънчевата радиация в интервала $(5...50) \text{ W/m}^2$.

2. Анализ на изменението на слънчевата радиация.

Изменението на интензитета на слънчевата радиация, W/m^2 , е представено с броя часове, през които стойностите на интензитета са в даден интервал (клас), по месеци за 2009 и 2010 г. (фиг.3, фиг.4). Характерно е, че преобладават часовете с малък интензитет на радиацията. Това се дължи на факта, че изменението на този интензитет в безоблачен ден се разпределя по нормален (Гаусов) закон [6]. Максималната стойност е в обедните часове, а минималните стойности (0 W/m^2) са в началото и в края на деня – часовете на изгрев и залез на Слънцето. Освен това, през годината, идеалните (безоблачни) дни са по-малко на брой, в сравнение с дните, в които, поради различни причини, изменението на интензитета на слънчевата радиация, в общия случай, не се разпределя по нормален закон.

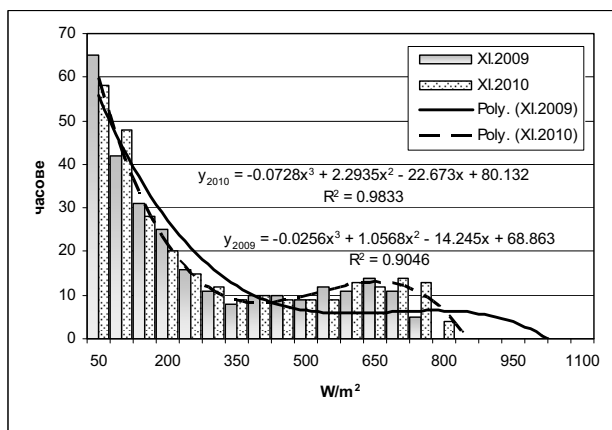


Фиг.3.Изменение на интензитета на слънчевата радиация за месец август за 2009 и 2010 г.

Интензитетът на слънчевата радиация през зимните и преходни месеци е по-малък, в сравнение с летния период. Това, както и променливият характер на метеорологичните условия, определят големия брой часове с малки стойности на интензитета на слънчевата радиация.

Най-голям брой часове - 81, през които интензитета на слънчевата радиация е със стойности (5...50) W/m^2 , са отчетени за месец януари, 2009 г. Най-малко часове със същия интензитет са наблюдавани през месеците август и септември, съответно 58 и 57. Часовете, в които стойностите на интензитета на радиацията са в границите (950...1000) W/m^2 са много малко – максималният им брой, в рамките на един месец - юни, е само 8. Регистриран е 1 h от месец юли, през който интензитетът на слънчевата радиация е бил най-висок за цялата година - (1000...1050) W/m^2 .

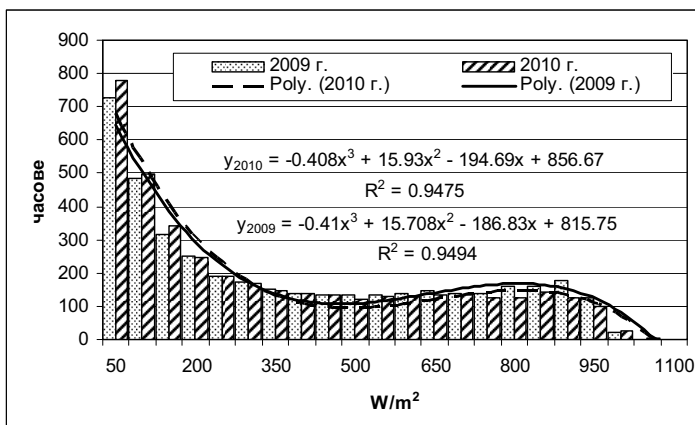
Най-голям е броят на часовете с най-малък интензитет, (5...50) W/m^2 – 726, за цялата 2009 г.



Фиг.4.Изменение на интензитета на слънчевата радиация за месец ноември за 2009 и 2010 г.

Характерно за 2010 г. е, че месечните часове с най-малък интензитет на радиацията са с 5 повече от тези през 2009 г., т.е. 86. Те също са регистрирани през месец януари (фиг.5). Часовете с много голям интензитет са по-малко на брой – 24, в сравнение с 32 за 2009 г., като и интензитетът е по-малък – 850 W/m².

През 2009 г. най-често се срещат часовете (134..160), в продължение на които, класовете стойности на интензитета на слънчевата радиация са в интервала (350...850) W/m² (фиг.5).



Фиг.5.Изменение на интензитета на слънчевата радиация по класове, общо за 2009 и 2010 г.

Измененията на стойностите на интензитета на слънчевата радиация по класове, през 2010 г., се характеризира с брой на часовете (120...147) за всеки клас стойности, през които интензитетът е бил в границите (350...850) W/m² (фиг.5)..

През 2010 г. са регистрирани 4 h, през които интензитетът на слънчевата радиация е бил най-висок за цялата година - (1000...1050) W/m². Това е с 3 h повече, в сравнение с 2009 г. През 2010 г. общият брой часове, през които стойностите на интензитета на слънчевата радиация са в интервала (450...950) W/m² е по-малък, отколкото през 2009 г. Това до голяма степен се дължи на динамичните метеорологични условия през лятото на 2010 г.

Анализът на характерните месеци ноември и август на двете години (фиг.3, фиг.4) показва, че изменението на часовете по класове стойности на интензитета на слънчевата радиация може да се опише с полиноми от една и съща степен за месеца. Същото се наблюдава общо за двете години (фиг.5). Стойностите на коефициентите в полиномите са от един и същи порядък, а стойностите на коефициентите R^2 се различават само по втория знак след десетичната запетая при месечните графики!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведените изследвания за района на гр. Русе за изменението на интензитета на слънчевата радиация и задържането на стойностите му по часове, се установи, че:

1. Общият брой на часовете, в рамките на една година, през които стойностите на интензитета на слънчевата радиация са в интервала (5...50) W/m², е най-голям: 726 h - през 2009 г. и 780 h – през 2010 г.

2. Класовете на интензитета на слънчевата радиация, в границите (350...850) W/m^2 , се наблюдават най-често, като продължителността на часовете е (120...160) h.

3. Месечните и годишните криви на изменение на интензитета на слънчевата радиация по класове стойности са подобни, с характерни: максимум за най-малкия интензитет и минимум – в областта на най-големия интензитет на слънчева радиация.

Изследваните изменения на интензитета на слънчевата радиация и задържането на стойностите му по часове могат да се използват с цел:

- определяне генерираните количества електрическа и топлинна енергия;
- диагностика на техническото състояние на фотоволтаичните модули и определяне наличният им технологичен ресурс;
- анализ на възможностите за повишаване ефективността на модулите;
- създаването на обобщен модел за оценка технологичния ресурс на фотоволтаичните модули в разглежданата географска ширина от земната повърхност, при подобни климатични условия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алкатири,Ф., Л. Георгиева. Изследване влиянието на някои фактори върху изходната мощност на PV модул. В: Научни трудове на Русенския университет, том 47, серия 3.1. Русе, Печатна база на Русенския университет, 2008, с. 76-82.
- [2] Коев, К. Моделиране влиянието на някои фактори върху температурата на фотоволтаични модули. Енергетика, 2011, №3, с. 41-46.
- [3] Коев, К. и др. Изследване влиянието на някои фактори върху производството на електрическа енергия от фотоволтаични модули. Енергетика, (под печат).
- [4] Младенчева, Р. Фотоволтаични генератори. Ековат Технологии, С., 2007, с.
- [5] Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем. Мн.:ДизайнПРО, 2004, 640с.
- [6] Ashenayi, K.et all.Application of normal distribution in modeling global irradiation. System Theory, 1988, Proceedings of the Twentieth Southeastern Symposium on, 20-22 Mar 1988, p. 470 – 474.
- [7] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- [8] www.sunsys.info.

За контакти:

Маг. инж. Недко Недев, катедра “Електроснабдяване и електрообзавеждане”, русенски университет “Ангел Кънчев”, редовен докторант, e-mail: nneдев@uni-ruse.bg
Гл. ас. д-р инж. Константин Коев, катедра “Електроснабдяване и електрообзавеждане”, русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 661, e-mail: kkoeв@uni-ruse.bg

Доц. д-р инж. Красимир Мартев, катедра “Електроснабдяване и електрообзавеждане”, русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 729, e-mail: kmartev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.