



МОДЕЛИРАНЕ РАБОТАТА НА ФОТОВОЛТАИЧЕН ПАНЕЛ В УСЛОВИЯ НА ЗАСЕНЧВАНЕ

Галина Чернева, Христина Спиридонова, Мартина Томчева
galja_cherneva@abv.bg, hristinaspiridonova@abv.bg, martito_666@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
София, ул. „Гео Милев” № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: фотоволтаичен панел, засенчване, Matlab/Simulink моделиране

Резюме: Оптималната работа на фотоволтаичните панели силно зависи от условията на околната среда - интензитет на слънчево греене и температура. Климатичните условия оказват силно влияние върху електрическите характеристики на панела - ток, напрежение, изходна мощност, волтамперна характеристика. При проектиране на фотоволтаични централи е необходимо предварително да се оцени тяхното изменение при реални условия, различни от стандартните тестови условия за панела. Това изисква адекватно моделиране на фотоволтаичния модул с възможност за изследване при намалена слънчева радиация.

В условия на засенчване работи и лабораторният стенд за изследване на автономна фотоволтаична система, разработен в катедра катедра „Електротехника и физика“ при ВТУ „Т. Каблешков“.

В настоящата работа е разработен симулационен модел на фотоволтаичния панел в среда на Matlab/Simulink, използван за стенда, с който се симулира работата му в условия на засенчване. Получени са волтамперната и мощностната характеристики на панела при намален интензитет на слънчево греене, които могат да се сравнят с реално измерените.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Основен фактор, определящ ефективността на една фотоволтаична (photovoltaic – PV) система, е слънчевата радиация, която попада върху повърхността на фотоволтаичния панел. Тя представлява плътността на лъчистия слънчев енергиен поток, измерван на разстояние една астрономическа единица върху единица хоризонтална площ [1]. Оценява се чрез интензитета на слънчево греене, измерван в W/m².

Слънчевата радиация влияе върху температурата на PV панелите [1,2], върху изходните ток, напрежение и мощност.

Много често в процеса на работа отделни панели, или части от тях, се засенчват от облаци или съседни обекти. В експлуатационни условия върху тях попадат различни замърсявания и отлагания.

Засенчването и замърсяванията изменят характера на волтамперната характеристика на PV модулите. Изходната мощност и производителността на PV

системата намаляват. Когато една клетка, или група от клетки, е засенчена, нейното съпротивление се увеличава и изходният ѝ ток намалява. Енергията, генерирана от останалите клетки, се разсейва от засенчената клетка, което води до нейното прегряване и по-нататъшно дефектиране.

Известно е, че монтирането на байпасни диоди [3] е технологично решение за предотвратяване на прегряването. Те се свързват в паралел на клетката, или на група от няколко клетки, и ги шунтират при засенчване.

Предвид отражението на засенчването върху действителната изходна мощност на PV системите, тези изследванията са твърде актуални. В литературата съществуват редица публикации, в които са анализирани електрическите характеристики на фотоволтаичните системи в условия на неравномерно слънчево облъчване [4,5]. В някои от тях има и предложени симулационни модели [6], но те се отнасят за стрингове с повече на брой свързани панели.

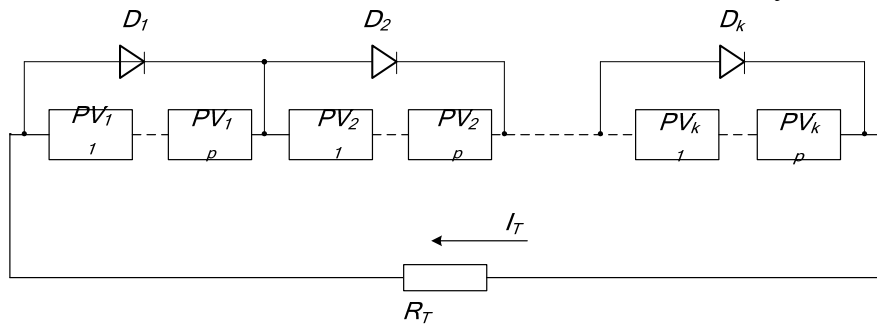
В настоящата работа е предложен симулационен модел на фотоволтаичен панел на фирма Longi Solar, модел LR4-72HPH-440M, с който е изграден лабораторния стенд за изследване на автономна PV система в катедра „Електротехника и физика“ при ВТУ „Т. Каблешков“. Това позволява приложението му в учебния процес, като получените от симулацията резултати, могат да бъдат сравнявани и анализирани с опитно измерванията.

2. ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Общият вид на PV панел с байпасни диоди, свързани в паралел на група от клетки, е показан на фиг.1.

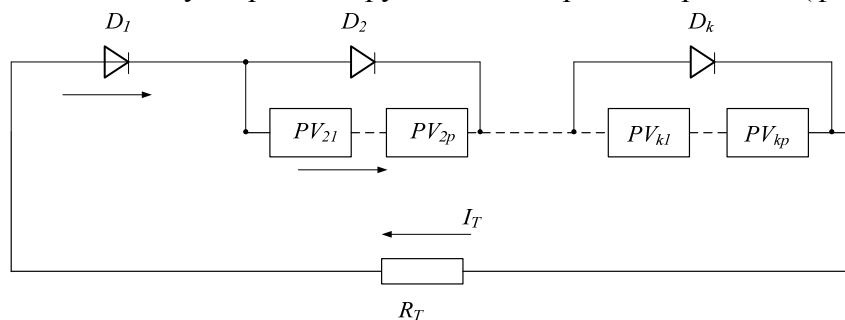
Ако n е общият брой клетки в панела, а на всеки p на брой клетки е монтиран шунтиращ диод $D_1 - D_k$, се формират k на брой групи клетки.

В условия на еднакво слънчево лъчение върху клетките, генерираният електрически ток през тях е един и същ и общото напрежение на PV панела е сума от напреженията на отделните клетки. Тогава байпасните диоди са запушени.



Фиг.1. Общ вид на PV панел с байпасни диоди

Когато дадена група от клетки е засенчена, нейното съпротивление се увеличава. Тогава байпасният диод шунтира тази група и токът протича през него (фиг.2).



Фиг.2. PV панел със засенчена група клетки

Падът на напрежение върху отпушените байпасни диоди е:

$$(1) \quad U_D = \sum_{i=1}^q U_{D_i}$$

където q – брой групи клетки, шунтирани от байпасни диоди,
 U_{D_i} - пад на напрежение върху един диод.

В такъв случай всяка група клетки на PV панела има своя работна точка с максимална мощност. Тези точки представляват локални максимуми на общата мощностна характеристика.

Локалният максимум, който има най-голяма стойност на мощността, представлява абсолютен максимум на характеристиката и определя максималната изходна мощност на панела.

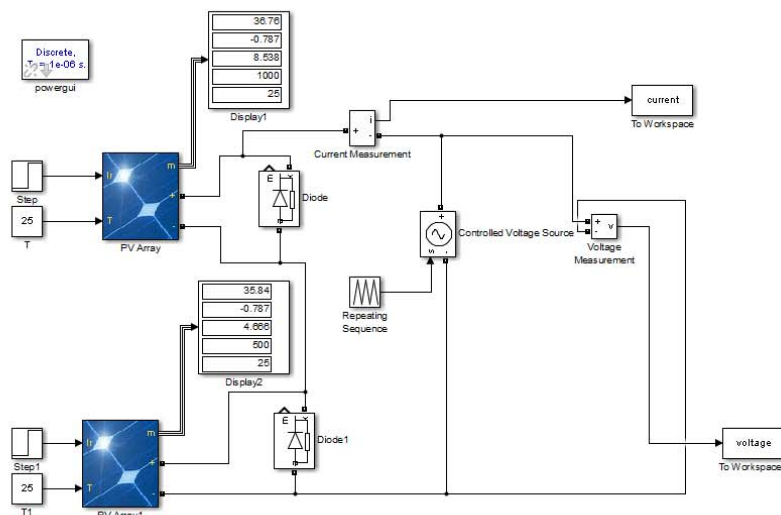
Абсолютният максимум може да бъде върху кривата на всяка една от засенчените групи клетки в зависимост от интензитета на слънчева радиация върху засенчената група и броя на засегнатите клетки в групата.

В байпасните диоди има загуби на мощност, които се определят с уравнението:

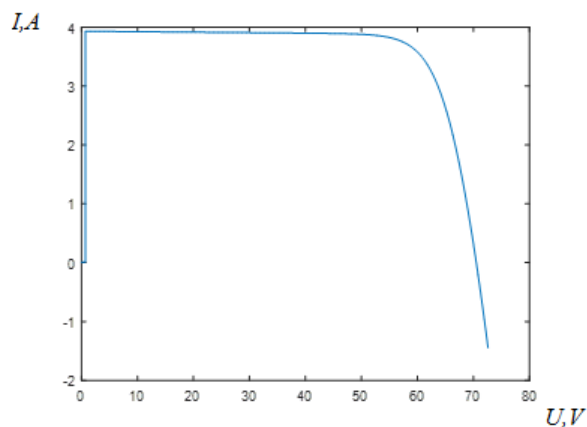
$$(2) \quad P_D = IU_D .$$

3. СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ

Симулационният модел в среда на Matlab/Simulink е даден на фиг.3. Той включва два еднакви панела. В схемата от фиг.3 е предвидена възможност за промяна на интензитета на слънчево греене върху панелите.



Фиг.3. Симулационен модел



Фиг.4. Волтамперна характеристика без засенчване

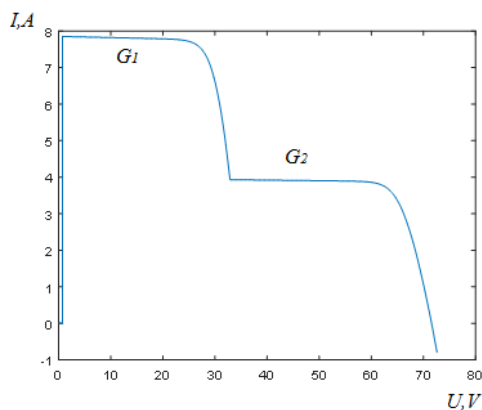
След симулацията са получени характеристиките на PV системата от фиг.3.

На фиг.4 е дадена волтамперна характеристика без засенчване.

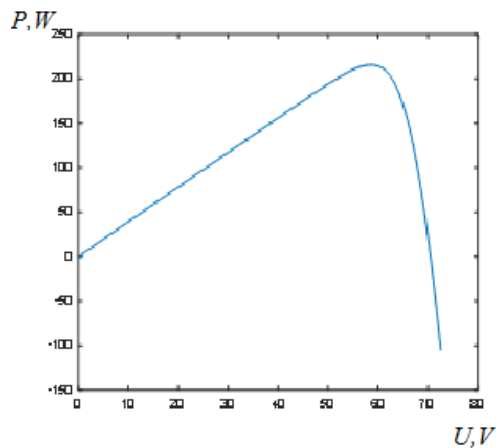
На фиг.5 е показана волтамперната характеристика със симулирано частично засенчване. Вижда се разликата в стойностите на изходния ток при двете различни големина на интензитета на слънчево греене G_1 и G_2 .

Мощностната характеристика без засенчване е дадена на фиг. 6..

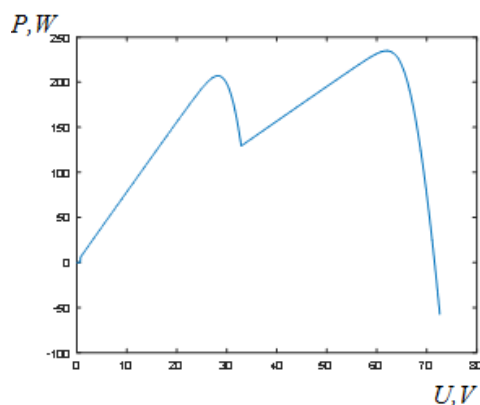
На фиг.7 е дадена мощностната характеристика със засенчване, която е с два локални максимума.



Фиг.5. Волтамперна характеристика със засенчване



Фиг.6. Мощностна характеристика без засенчване



Фиг.7. Мощностна характеристика със засенчване

4. ИЗВОДИ

В резултат на компютърната симулация на характеристиките на фотоволтаичен панел в условия на частично засенчване, получена от предложения модел в среда на Matlab/Simulink, се вижда промяна на волтамперната и мощностната характеристики. При намаляване на интензитета на слънчево греене следствие засенчването, намалява изходният ток на системата. В мощностната характеристика се появяват локални максимуми, съответстващи на различните стойности на интензитета.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Минев Е. Слънчевата енергетика за хората от 21 век. Хелиопол, 2021
- [2] Дечев Д. Слънчевите колектори и системи. Техника, 2009
- [3] Krauter S., Solar electric power generation-photovoltaic energy systems, Springer, New York 74, 2006.
- [4] Pachamanov, B. Boychev, D. Pavlov, K. Georgiev, K. Kassev, “Photovoltaic roof systems for educational buildings”, 2nd Balkan Junior Conference on Lighting, Balkan Light Junior, 2019, ISBN: 978-172812098-0, DOI: 10.1109/BLJ.2019.8883606
- [5] Chervenkov A., A. Yanev, T. Chervenкова, “Performance analysis and modelling of gridconnected small photovoltaic system”, 16th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems – ELMA, 6 – 8 June 2019, ISBN: 978-172811413-2, DOI: 10.1109/ELMA.2019.8771501
- [6] Obukhov S.G., Plotnikov I.A. Simulation model of operation of autonomous photovoltaic plant under actual operating conditions // Bull. Tomsk Polytech. Univ. Geo Assets Eng. 2017.

MODELING THE OPERATION OF A PHOTOVOLTAIC MODULE IN SHADING CONDITIONS

Galina Cherneva, Hristina Spiridonova, Martina Tomcheva
galja_cherneva@abv.bg, hristinaspiridonova@abv.bg, martito_666@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *photovoltaic module, shading, analysis by Matlab/Simulink model*

Abstract: *The optimal operation of photovoltaic panels strongly depends on the environmental conditions - intensity of sunlight and temperature. Climatic conditions have a strong influence on the electrical characteristics of the panel - current, voltage, output power, volt-ampere characteristic. When designing photovoltaic plants, it is necessary to evaluate in advance their change under real conditions different from the standard test conditions for the panel. This requires adequate modeling of the photovoltaic module with the possibility of studying under reduced solar radiation.*

The laboratory bench for the study of an autonomous photovoltaic system, developed in the Department of "Electrical Engineering and Physics" at VTU "T. Kableshkov".

In the present work, a simulation model of the photovoltaic panel in the Matlab/Simulink environment, used for the bench, is reworked to simulate its operation in shading conditions. The volt-ampere and power characteristics of the panel at reduced intensity of sunlight were obtained, which can be compared with the actual measurements.