

СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА УЧЕБНА ФОТОВОЛТАИЧНА ЦЕНТРАЛА В СРЕДА НА MATLAB

Гинко Георгиев, Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска
Бургаски свободен университет

MODELING PHOTOVOLTAIC CENTRAL IN MATLAB

Ginko Georgiev, Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska
Burgas Free University

Abstract: *This paper presents the result of simulating a photovoltaic central using Matlab. The obtained data show results of the parameters investigated in real conditions .*

Key words: *photovoltaic central, MatLab simulating, transformer.*

Въведение

Фотоволтаичните модули са изградени от множество отделни слънчеви елементи, свързани последователно и паралелно с цел осигуряване на необходимите стойности на тока и напрежението.

Слънчевият фотоволтаичен елемент (solar photovoltaic cell) работи на основа на фотоефекта, преобразуващ слънчевото излъчване в електрическа енергия. Действието на фотоелемента е основано на вътрешния фотоефект.

Именно този ефект и по-точно процесът на разделяне на генерираните от фотоните двойки електрон-дупка в р-п преход, лежи в основата на процеса на генериране на електрически ток.

Слънчевият елемент може да се представи във вид на функционален блок с външни, вътрешни и изходни параметри.

Към външните параметри се отнасят осветеността и температурата на фотоволтаичния елемент, към вътрешните – напрежението на празен ход и токът на късо съединение.

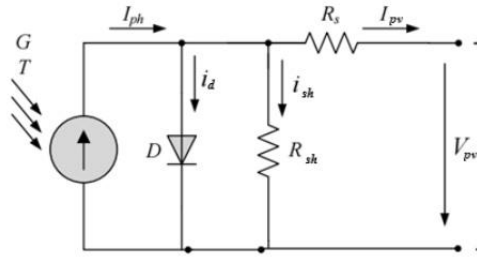
Изходните параметри са изходното напрежение, товарния ток и изходната мощност [5].

Основна характеристика на елемента (модула) е V-A зависимост между товарния ток и напрежението на клемите на фотоволтаика при постоянни стойности на температурата и интензивността на падащото слънчево излъчване.

Установено е, че интензивността на слънчевото излъчване оказва влияние на големината на изходния ток, а температурата – на изходното напрежение.

Масовото приложение на фотоволтаичните панели наложи изискването за коректното определяне на параметрите и характеристиките на модулите.

За изследването им основно се използва математически модел, създаден на база на еквивалентната електрическа схема на фотоелемента и формулата за пълния ток, получен от единица площ.



Фиг. 1. Еквивалентна схема на фотоволтаичен елемент

Характеристичното уравнение се извежда с помощта на закона на Кирхов:

$$(1) \quad I_{pv} = I_{ph} - I_d - I_{sh}$$

Където:

- I_{ph} – фототок, зависещ от плътността на слънчевата радиация (А);
- I_d – токът през диода;
- I_{sh} – ток, протичащ през съпротивление R_{sh} .

Токът, протичащ през диода се определя от зависимостта:

$$(2) \quad I_d = I_{sh} \left(e^{\frac{q(U_{pv} + R_s I_{pv})}{nkT}} - 1 \right)$$

Където:

- I_{sc} – обратен ток на насищане на диодите, (А);
- q – заряд на електрона ($1,602 \times 10^{-19}$ С);
- k – константа на Болцман ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K);
- T – температура на прехода (К);
- n – коефициент, зависещ от материала на фотоволтаика;
- R_s – последователно свързано съпротивление (Ω);
- R_{sh} - шунтиращо съпротивление (Ω).

Шунтиращото съпротивление се приема за достатъчно голямо, а последователното – за относително малко. С помощта на коефициента n може да се вземат под внимание свойствата на материала, който е използван при производството на фотоволтаичните елементи. Стойността му варира от 1 до 2 (в някои случаи над 2).

$$(3) \quad I_{sh} = \frac{U_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}}$$

Зависимостта между тока и напрежението на клемите се описва от уравнението:

$$(4) \quad I_{pv} = I_{ph} - I_{sc} \left(e^{\frac{q(U_{pv} + R_s I_{pv})}{nkT}} - 1 \right) - \frac{U_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}}$$

С помощта на описания модел могат да бъдат изследвани волт-амперните характеристики на фотоволтаичните елементи при използване на компютърно програмиране. Програмният комплекс MatLab реализира визуално програмиране. Библиоте-

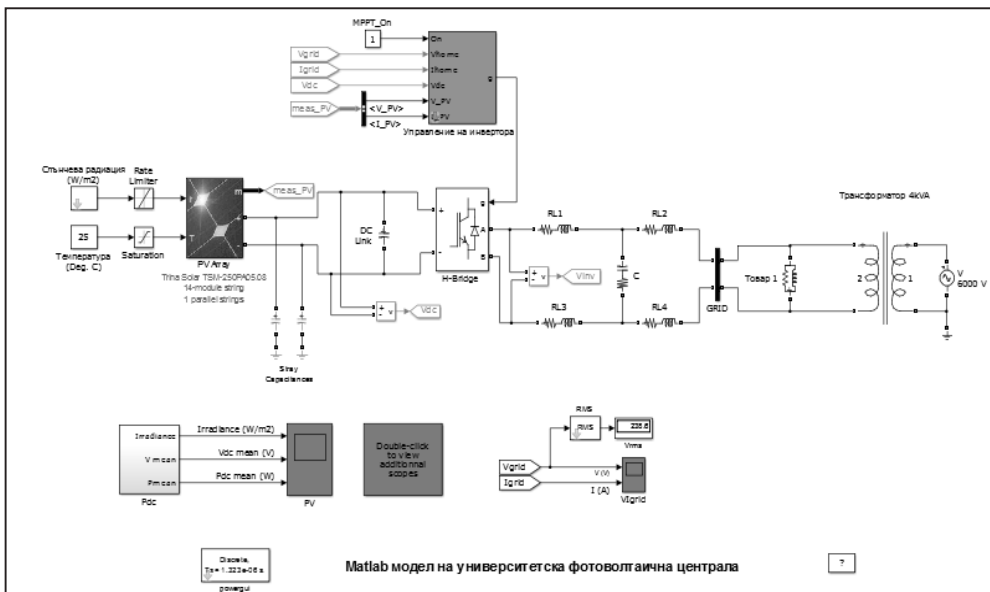
ката Simulink е разработена специално за моделиране на електрически процеси с различна сложност. Моделирането на характеристиките на фотоволтаика се използва при решение на следните задачи:

- оптимизация на схемата на фотоволтаика;
- определяне на оптималната работна точка в условията на изменящи се осветеност и температура;
- оценка на схемните загуби;
- определяне на влиянието на частичното засенчване на изходните характеристики и изменение на мощността на фотоволтаика;
- определяне и моделиране на фотоволтаични системи за електроснабдяване;
- анализ и прогнозиране на работата на фотоволтаичната централа.

При моделирането на волт-амперните и волт-ватните характеристики трябва да се знаят базовите параметри на модула: напрежение на празен ход и тока на късо съединение, които са посочени от производителя в паспортните данни на модула.

I. МАТЛАБ МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА УЧЕБНА ФОТОВОЛТАИЧНА ЦЕНТРАЛА

На базата на готов модел от MatLab е симулирана работата на фотоволтаичната централа на БСУ (Фиг. 2). Централата е с мощност 3500 Wp. Трансформаторът е ТМ-4/23 с номинална мощност 4 kVA, напрежения 6000/230 V. Натоварен е с 2 kW активна мощност и 1 kVAг реактивна мощност.

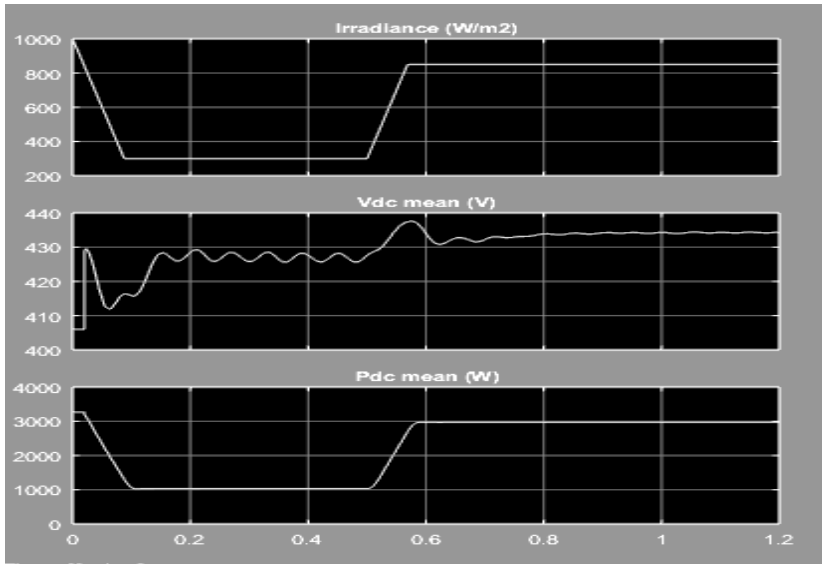


Фиг. 2. MatLab модел на фотоволтаичната централа

II. ОПИСАНИЕ НА СИМУЛАЦИОННИЯ ЕКСПЕРИМЕНТ

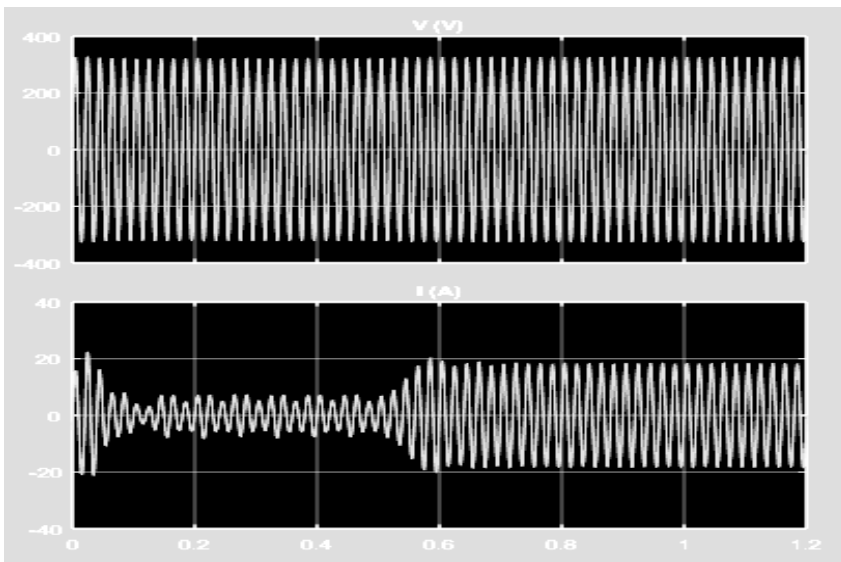
Началната стойност на слънчевата радиация е 300 W/m^2 при температура 25°C . При достигане на установено състояние (след около 0,2 секунди) се получава напрежение от фотоволтаичната централа $V_d - 428 \text{ V}$ и мощност около 1000 W . Във

време $t = 0,5$ s слънчевата радиация се повишава от 300 на 850 W/m^2 , при което управляващата система увеличава заданието на 435 V, за да се извлече максимална мощност от централата 3000W (Фиг. 3).

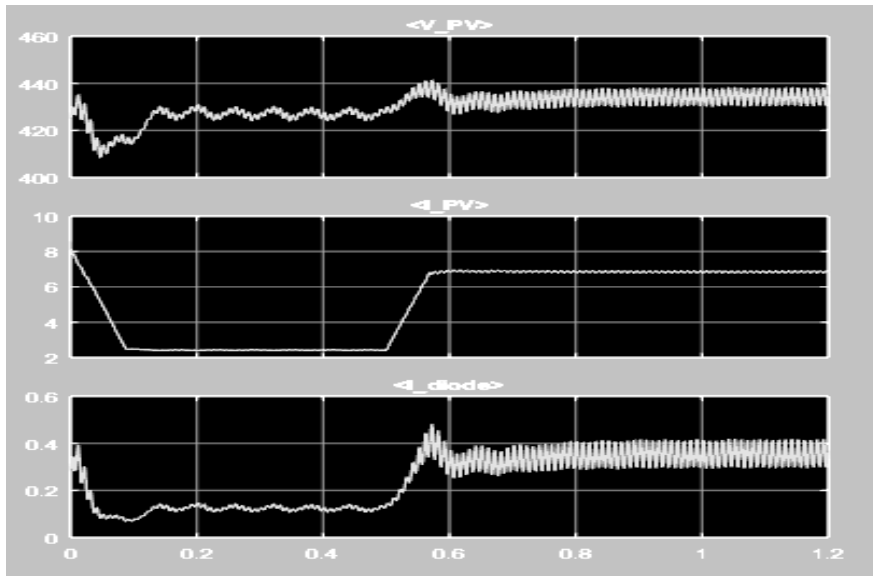


Фиг. 3. Стойности на слънчевата радиация, напрежение и мощност след фотоволтаичните панели

След преобразуване от инвертора се получава резултат за променливотоковите параметри, както е показано на Фиг. 4 и Фиг. 5.



Фиг. 4. Стойности на напрежението и тока след инвертора



Фиг. 5. Напрежение, ток на фотоволтаичната централа и ток през диода

Този симулационен модел е разработен с цел изучаване на процесите и явленията при бъдеща работа на университетската фотоволтаична централа в паралел със захранващата мрежа посредством силов трансформатор.

Литература

1. Дьяконов В. П., MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил. ISBN 978_5_94074_652_2.
2. Йордан Тончев, Matlab 7, 1-ва, Преобразувания, изчисления, визуализация.
3. Иван Гарванов, Магдалена Гарванова, Въведение в Matlab и Simulink, София, 2014.
4. C.-S. T. Huan-Liang Tsai, and Yi-Jie Su, „Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/SIMULINK“, in the World Congress on Engineering and Computer Science 2008, San Francisco, USA, 2008.
5. W. Shen, H. Choo Fook, P. Wang, C. Loh Poh, and Y. Khoo Sui, „Development of a mathematical model for solar module in photovoltaic systems“, in Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2011 6th IEEE Conference on, 2011, pp. 2056-2061.
6. M. G. Villalva, J. R. Gazoli, and E. R. Filho, „Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays, „Power Electronics, IEEE Transactions on, vol. 24, pp. 1198-1208, 2009.
7. M. G. Villalva, J. R. Gazoli, and E. R. Filho, „Modeling and circuit-based simulation of photovoltaic arrays,“ in Power Electronics Conference, 2009. COBEP '09. Brazilian, 2009, pp. 1244-1254.