

Алгоритъм за намиране на глобалния максимум на фотоволтаичен панел

Лидия Георгиева

An algorithm for a global maximum tracking of PV panel: *The paper suggested an algorithm for maximum power point tracking (MPPT) of photovoltaic arrays. It is applied a software in MATLAB to make simulation of the algorithm.*

Key words: PV panel, Power point tracking, MPPT, Algorithm.

ВЪВЕДЕНИЕ

Следенето на работната точка на максимума за мощността (MPPT) на фотоволтаичен модул (PV) е съществена част в работата на фотоволтаичните системи. Съществуват многобройни методи за намиране на точката на максимума (MPP), разработени от редица изследователи в тази област.

Най-често използваните и анализирани методи в литературата са [1]:

- Метод на Hill-Climbing (HC) / Perturb and Observe (P&O);
- Метод на нарастващата проводимост (Incremental Conductance);
- Метод на частичното напрежение U_{oc} на отворената схема (Fractional Open-Circuit Voltage);
- Метод на частичния ток на късо съединение I_{sc} (Fractional short-Circuit current);
- Методи, основаващи се използване на размита логика;
- Метод, използващи апарата на невронните мрежи;
- Метод на Ripple Correlation Control (RCC) – вълнообразно взаимосвързано управление;
- Метод Current Sweep;
- Метод на DC link Capacitor Droop Control;
- Максимум на товарния ток или товарното напрежение;
- Управление с обратна връзка по dP/dU или dP/dI и др.

Различните методи за следене на максималната работна точка имат предимства и недостатъци. Използват се различни показатели за сравнението им, които много често не обхващат повечето от важните за приложението на методите характеристики [1].

При съпоставителния анализ на 19 от използваните методи се констатира, че 63% от тях са зависими от PV панела, 47% не достигат точно MPP, 10.5% са реализирани в аналогови устройства, 58% изискват периодична настройка и само два от тях използват измерване на слънчевата радиация и температурата на панела, в останалите се използват само напрежението и токът [2]. Последното е особено показателно при отчитане на текущите стойности на една важна величина – слънчевата радиация.

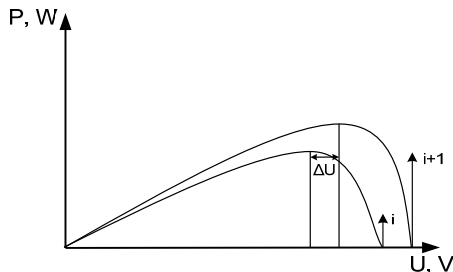
Много малко от разгледаните методи отчитат наличието на множество от локални максимуми, получени в резултат на частично засенчване на PV панелите, което може да бъде реална пречка пред функционалната способност на MPPT. Когато се попадне и работи в локален максимум, което означава да се следи локалния MPP вместо реалния MPP, са налице значителни енергийни загуби. Някои от останалите методи изискват допълнителни начални етапи за избягване на това множество от локални максимуми и постигане близост до истинския MPP.

Проблемът в MPPT е автоматичното намиране на напрежението U_{mp} или тока I_{mp} на модула, при което да се получи максималната изходна мощност, при зададени температура на модула T и слънчева радиация G . В някои методи на MPPT се използват промените на T и G , но има и други, които дават добри резултати, само когато се приема T за константа.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Алгоритъм за намиране на глобалния максимум

На фиг.1 е показан общият вид на изменението на мощността от напрежението при различни стойности на слънчевата радиация. В [2] е направен подробен анализ и преобразуване на някои аналитични изрази, свързани с описанието на действието на фотоволтаичен панел. С оглед намирането на рекурентни зависимости за определяне на стойности за мощността близки до глобалния максимум, при промяна на слънчева радиация и температура на панела са получени различни зависимости необходими за алгоритъма.



Фиг. 1. Зависимост на $P(U)$ за различни радиации

Последователността от действия в алгоритъма са както следва:

1. Въвеждане на референтните стойности за $P_{mp\ ref}$, $U_{mp\ pref}$, $I_{mp\ ref}$, G_{ref} и A .
2. Задаване на време за квантуване Δt , min.
3. Задаване на коефициентът $K \in [0,1]$, такъв че да определя близостта на решението до глобалния максимум: $\varepsilon = K \cdot P_{mp\ ref}$.
4. Определяне на коефициентите

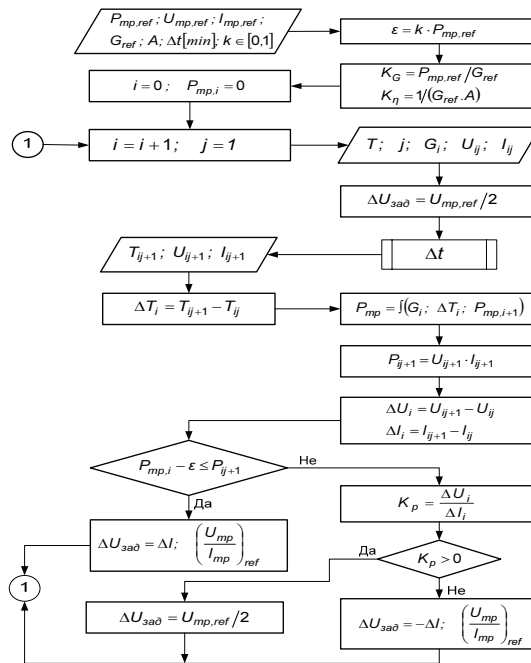
$$K_G = P_{mp\ ref} \text{ и } K_\eta = 1/(G_{ref} \cdot A).$$
5. Избор на индекси - i за определяне на кривата $P(U)$ при зададена радиация G_i и j за измерваната или изчислявана величина при зададено i .
 При $i = 0$ се определя точката, за която мощността $P_{mp\ i} = 0$ лежи на кривата, описваща положението на всеки глобален максимум при зададена температура на панела T и слънчева радиация G .
6. Определяне при $i = i+1$ и $j = 1$ на T_{ij} , G_i , I_{ij} и U_{ij} .
7. Задаване на изменение на напрежението със стойност $\Delta U_{зад} = U_{mp}/2$.
8. След изтичане на времето на квантуване Δt се измерват новите стойности на величините T_{ij+1} , I_{ij+1} и U_{ij+1} . Изчисляват се изменението на температурата на панела ΔT , стойността на глобалния максимум $P_{mp\ i}$ като се използва вече известната стойност за $P_{mp\ i+1}$. Определя се P_{ij+1} , както и стойностите за ΔI_i и ΔU_i .
9. Проверка за принадлежността на стойността P_{ij+1} към интервала $P_{mp\ i} - \varepsilon$.
10. а) При изпълнение на условието се задава нова стойност за стъпката на изменение на $\Delta U_{зад} = \Delta I_i (U_{mp}/I_{mp})_{ref}$. Алгоритъмът се изпълнява от стъпка 6 до 9.
 б) Ако условието не е удовлетворено се определя знакът на отношението $\Delta U/\Delta I_i$, като при положителен знак се задава $\Delta U_{зад} = U_{mp}/2$, а при отрицателен - $\Delta U_{зад} = -\Delta I_i (U_{mp}/I_{mp})_{ref}$. Преминва се отново към стъпка 6 на алгоритъма.

На фиг.2 е показана блок-схемата на алгоритъма, по който е разработена и програма в Matlab.

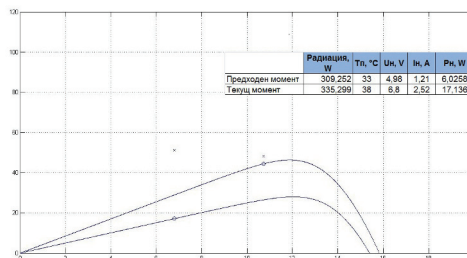
2. Резултати от прилагането на алгоритъма.

По-долу са дадени няколко фигури (фиг.3а,б,в и г), отразяващи резултатите по прилагане на алгоритъма, при което са извършени последователни изменения в стойността на слънчевата радиация и температурата на панела. За тях са посочени и точките върху графиките, които се постигат при симулацията на предлагания по-горе алгоритъм. Стойностите на някои величини, които се използват в симулацията са както следва:

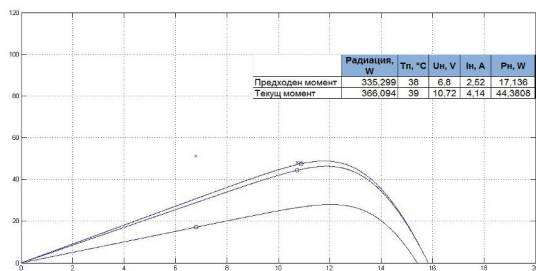
$$P_{mp,ref} = 50W; U_{mp,ref} = 17,3V; I_{mp,ref} = 2,81A; G_{ref}=1000; A=0,97;\Delta t = 10 \text{ min}; k=0,9.$$



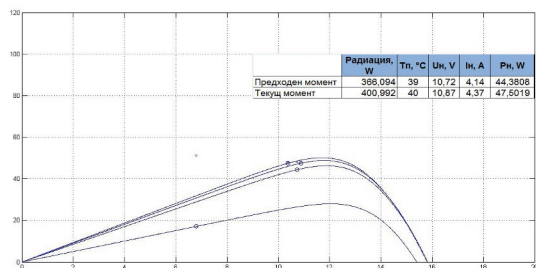
Фиг. 2 Блок-схема на алгоритъма за МРРТ



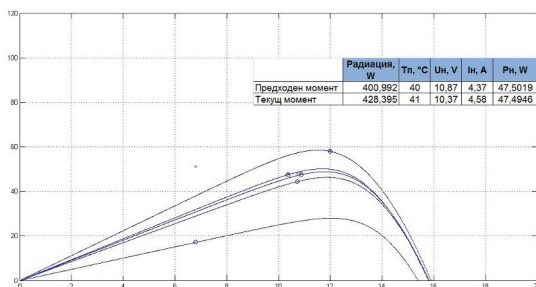
Фиг. 3а



Фиг. 3б



Фиг. 3в



Фиг. 3г

Фиг.3. Резултати от симулацията

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предимствата на методиката за следене на работната точка на максимума за мощността са посочени в [2], а резултатите от симулацията на разработения софтуер по алгоритъма за търсене, потвърждават адекватността им. При това се отчитат текущите условия на работа на панела като се извършва корекция на стойностите за слънчевата радиация, температурата на панела, напрежението и токът му. Максимумът се постига при попадане в област близка до реалния максимум с предварително зададена точност, при което приближаването до него става с изменение на размера на стъпката. Алгоритъмът позволява корекция на постигнатото при промяна на външните условия като се преминаване по нова крива на мощността.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Esram, T., P. L. Chapman. Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, No.2, June 2007, 439-449pages.

[2] Георгиева, Л., Ф.Алкатири. Методика за определяне и следене на глобалния максимум на мощността на фотоволтаичен панел, том 48, серия 3.2., 160-167, (2009) ISSN 1311-33213.

За контакти:

Доц. д-р Лидия Христова Георгиева, Катедра "Компютърни системи и технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 380, e-mail: lgeorgieva@ecs.uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.