



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00228

(22) Data de depozit: 30/03/2015

(41) Data publicării cererii:
30/09/2016 BOPI nr. 9/2016

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA DIN PITEȘTI,
STR. TÂRGU DIN VALE NR.1, PITEȘTI, AG,
RO

(72) Inventatori:
• BIZON NICU, STR. EXERCIȚIU NR. 117,
BL. 30, SC. C, AP. 10, PITEȘTI, AG, RO;
• OPROESCU MIHAI, BD. LIBERTĂȚII
NR. 23, BL. 68B, SC. A, AP. 17, PITEȘTI,
AG, RO;
• IANA VASILE-GABRIEL,
STR. COASTA CÂMPULUI NR. 343,
ȘTEFĂNEȘTI, AG, RO

(54) DISPOZITIV ȘI METODĂ DE CĂUTARE A EXTREMELOR DE
PUTERE PENTRU PANOURILE FOTOVOLTAICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv și la o metodă pentru extragerea energiei de la un panou fotovoltaic, cu randament maxim, prin căutare în timp real a punctului de putere maximă, dispozitivul putând fi folosit ca un subsistem, sau putând fi integrat în convertoare de energie conectate la surse de energie regenerabilă. Dispozitivul conform invenției cuprinde un bloc (CD) de condiționare a semnalului de intrare analogic, un convertor (ADC) analogic digital, care transformă semnalul în secvență numerică, un microprocesor (uP) pentru prelucrarea digitală a semnalelor, un convertor (DAC) digital analogic, care generează un semnal de referință sub formă analogică, amplificat de un modul (AMP) analogic, și transmis de un bloc (DG) digital. Metoda conform invenției realizează căutarea punctului de putere maxim, prin modularea adaptivă a perturbației generate de un generator (GS) de semnale sinusoidale, cu fundamentala semnalului ($x(n)$) de intrare extrasă printr-un filtru (FTJ1) trece jos, și asigură persistența perturbației în bucla de căutare prin intermediul unui alt filtru (FTJ2) trece jos, care lasă să treacă un număr de 3...5 armonice.

Revendicări: 5
Figuri: 3

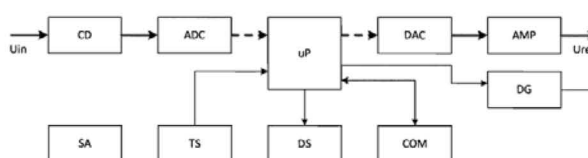
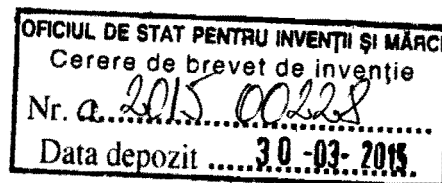


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Dispozitiv și metodă de căutarea extremelor de putere pentru panourile fotovoltaice

Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv destinat extragerii energiei de la un panou fotovoltaic (PV) cu randament maxim prin căutare în timp real al punctului de putere maximă, care poate fi folosit ca un subsistem sau poate fi integrat în convertoare de energie conectate la surse de energie regenerabilă.

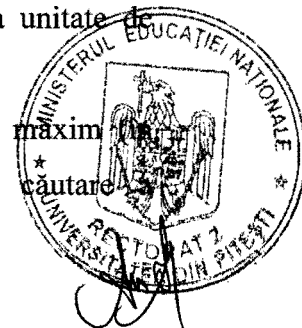
Sunt cunoscute dispozitive, după cunoștințele inventatorilor, care sunt capabile să obțină punctul de putere maximă pentru panourile fotovoltaice sau alte surse de energie alternativă ce au la bază un microprocesor de comandă și circuite auxiliare pentru interfațarea cu sistemul pe care-l comandă [1].

Se cunoaște de asemenea, din documentul cu numărul **US20140077608 A1** în care se propune un dispozitiv de control al producerii energiei electrice conectat la un panou fotovoltaic prin ajustarea tensiunii de ieșire a acestuia. Dispozitivul de control al energiei generate dispune de o unitate de scanare, configurată pentru realizarea unui proces de căutare în care tensiunea de ieșire a panoului fotovoltaic este ajustată secvențial într-un interval dat în conformitate cu panoul fotovoltaic.

În documentul cu numărul **EP2707934 A2** se propune un sistem de control a unui grup de panouri fotovoltaice care constă prin controlul energiei generate de către acestea, un sistem de supervizare al controlului, achiziții de date și comunicarea printr-o rețea de date. Controlul energiei electrice se realizează prin monitorizarea fiecărei stații de producere a energiei electrice și centralizarea la nivel de server.

În documentul cu numărul **US20130057196 A1** se propune un sistem și o metodă de control adaptiv al puterii generate de panourile fotovoltaice. Panoul fotovoltaic furnizează energia electrică către un consumator. Sistemul de furnizare a energiei include o unitate de control, o unitate de încărcare a bateriilor, prima unitate de comutare, a doua unitate de comutare, o unitate de condiționare și o unitate de control a comutatoarelor.

În literatura de specialitate metoda de extragere al punctului de putere maximă (în engleză, Maximum Power Point Tracking - MPPT) [3,4] prin algoritmul de căutare



extremelor, (în engleză, de Extremum Seeking Control - ESC) [2], folosită pentru atingerea unui echilibru de minim sau maxim într-un sistem neliniar.

Se cunoaște din documentul **US8200344 B2** o metodă de control prin căutare extremă pentru o unitate de reglare a temperaturii aerului pentru a compensa modificările bruște asupra acesteia prin resetarea strategiei ESC.

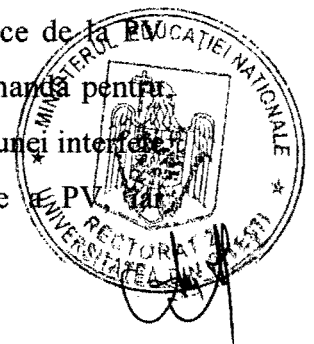
În documentul **US8200345 B2** este propusă o metodă de control prin căutare extremă pentru o unitate de reglare a temperaturii aerului care îmbunătățește performanța de căutare strategiei ESC prin limitarea, ștergerea sau prevenirea efectelor condiției de saturare a unui actuator.

În documentul **US20140026633 A1** este propus un sistem și o metodă pe baza unui algoritm de căutare extremă de detectare erorii a anodului senzorului de presiune într-un sistem de tip fuelcell. Sistemul și metoda includ un controller care setează, inițial, o valoare minimă și maximă a anodului senzorului de presiune, determină rata de eșantionare și compară diferența dintre valorile inițiale de minim și maxim cu valoarea actuală pentru a determina dacă aceasta este mai mică decât un prag.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este propunerea unui dispozitiv și a unei metode de extragerea energiei electrice maxime disponibilă prin căutare în timp real al punctului de putere maximă de la panourile fotovoltaice sau alte surse de energie regenerabilă fără distrugerea sau scurtarea ciclului de viață a acestora.

Metoda pe care o rezolvă invenția este cea de atingerea randamentului energetic cel mai ridicat, ce se bazează pe obținerea punctului maxim de putere printr-un control de căutare a extremelor în timp real bazat pe o perturbare sinusoidală a procesului de conversie energetică, în care prima armonică a puterii (fundamentală) se obține prin intermediul unui filtru trece bandă centrat pe frecvența acesteia. Pentru asigurarea persistenței perturbației sinusoidale în bucla de căutare ESC, al doilea filtru trece bandă lasă să treacă pe lângă fundamentală și alte 3-5 armonice.

Dispozitivul, conform invenției, se caracterizează printr-un circuit electronic, integrat într-o carcasă, ce conține un microprocesor care monitorizează semnalele electrice de la PV printr-un convertor analogic-digital și controlează parametrii semnalului de comandă pentru convertorul CC-CC de putere. Dispozitivul se conectează la PV prin intermediul unei interfețe analogice sau digitale, în vederea maximizării energiei electrice disponibile



convertorul CC-CC și inverterul (convertor CC-CA) asigură conversia energiei PV pentru sarcina de CA.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

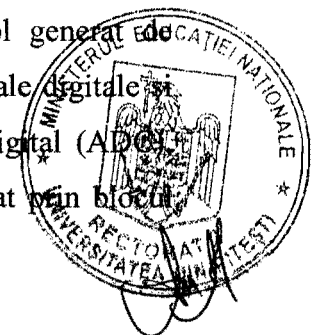
- Precizie (acuratețe staționară și dinamică) și viteză îmbunătățită de căutare și urmărire a puterii maxime;
- simplitate și fiabilitate tehnologică la un preț de cost scăzut;
- extragerea maximului de energie disponibil (facilitate MPPT);
- ușurința în reconfigurarea dispozitivului de control în funcție de parametrii de catalog ai PV utilizat;
- posibilitatea utilizării acestui dispozitiv pentru alte surse de energie regenerabilă (de exemplu, turbine de vânt) sau surse de energie bazate pe hidrogen (pile de combustie)
- flexibilitatea aparatului în adaptarea la diferite surse de energie regenerabilă;

Se menționează că metoda propusă, comparativ cu alte tehnici similare sau bazate pe alte tehnici de căutare a punctului de putere maximă MPPT, asigură performanțe mai bune decât cele raportate în literatură [5]: acuratețea de urmărire în regim staționar este apropiată de 1 (mai mare de 99.99%), viteza de urmărire depășește 10 kW/s prin tehnica de modulare cu prima derivată a puterii (proporțională cu prima armonică a puterii) a amplitudinii perturbației sinusoidale de căutare (în consecință, rezultă o acuratețe de urmărire în regim staționar foarte bună (mai mare de 90%).

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1, 2 și 3 care reprezintă:

- figura 1 – forma de undă a semnalului de control;
- figura 2 – diagrama bloc a metodei de căutare;
- figura 3 – schema bloc a dispozitivului pentru control.

În cadrul schemei bloc din fig. 3, s-au notat cu (U_{in}) și (U_{ref}), tensiunea de intrare prin care se citește semnalul ce trebuie controlat, respectiv semnalul de control generat de dispozitiv. Dispozitivul constă într-un circuit hardware care operează cu semnale digitale și este interfațat cu mediul analogic prin intermediul a unui convertor analog-digital (ADC) și respectiv, convertor digital-analogic (DAC). Semnalul analogic este condiționat în blocul



analogic (CD), transformat în semnal numeric prin blocul (ADC) și apoi preluat de un procesor de semnal (uP). Procesorul, după prelucrarea formei numerice a semnalului (U_{in}), va genera un semnal numeric care va fi convertit în analogic prin blocul (DAC) și amplificat prin modulul analogic (AMP), obținându-se semnalul de control (U_{ref}). O versiune numerică a acestuia este obținută prin blocul digital (DG).

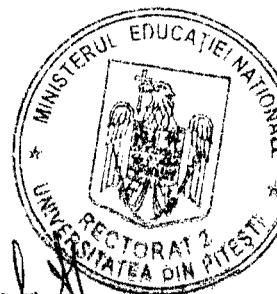
Dispozitivul mai prezintă o sursă de alimentare (SA) care asigură toate tensiunile de alimentare necesare circuitelor acestuia și trei blocuri pentru comanda și citirea stării de funcționare a dispozitivului de către utilizator. Primul bloc (TS) reprezintă o tastatură pentru comanda dispozitivului, al doilea bloc (DS) constă într-un afișaj cu cristale lichide prin care sunt afișați parametrii de lucru și control a-i acestuia iar blocul (COM) este un port de comunicare la distanță cu utilizatorul sau alte sisteme de monitorizare și comandă.

Metoda de căutare a punctului maxim de putere, prezentată în fig. 2 este implementată, prin intermediul unui algoritm, în procesorul (uP). Forma numerică a semnalului analogic (U_{in}) este notată cu $x(n)$ iar forma numerică a semnalului analogic (U_{ref}) este notată cu $y(n)$ cu forma de undă (1) reprezentată în fig. 1. Semnalul de intrare $x(n)$ este adus la o formă numerică optimală de prelucrare prin blocul (ADAPT) după care este aplicat la două filtre trece jos, (FTJ1), respectiv (FTJ2), care lasă să treacă purtătoareași un număr limitat de armonice ale acestuia. Adaptarea semnalului se face prin blocurile (MOD1), (K1) și (MOD2), (K2). Asupra procesului de conversie energetică se aplică o perturbație de căutare (GS), care în general e un semnal sinusoidal de o frecvență dată (f_p). Semnalul de la ieșirea blocului (MUL1) este integrat prin blocul (INT) și amplificat prin blocul (K3). Pentru limitarea vitezei de convergență a algoritmului MPPT (în scopul protecției sursei de energie și a convertorului CC-CC de interfață) sunt adăugate în schemă blocurile (LIM1), respectiv (LIM2). La borna de ieșire se asigură în semnalul de ieșire o perturbație minimală (A_m) prin sumarea perturbației amplificate subunitar de amplificatorul (K4). Semnalul de referință este adus la un nivel corespunzător de amplitudine (specific circuitului de control al convertorului CC-CC) prin amplificatorul (K5), după care este generat de către (uP) către convertorul (DAC). Semnalul de ieșire trebuie să asigure urmărirea caracteristicii neliniare (c_n) cât mai optim cu semnalul ($y(n)$) reprezentat de forma de undă ($y(n)$). Optimizarea de tip adaptiv a nivelului (A_p) pentru semnalul de căutare ($y(n)$) se realizează prin multiplicarea (MUL2) cu fundamentala semnalului de intrare $x(n)$, care este proporțională cu derivata caracteristicii neliniare (c_n).



REVENDICĂRI

1. Dispozitivul de căutare a extremelor de putere pentru panourile fotovoltaice, caracterizat prin aceea că, este constituit dintr-un bloc condiționare a semnalului de intrare analogic U_{in} , un convertor analog digital (ADC) care transformă semnalul în secvență numerică, un microprocesor de procesare digitală a semnalelor (μP), un convertor digital analogic (DAC) care generează semnalul de referință sub formă analogică amplificat de blocul AMP și transmis digital de blocul DG.
2. Dispozitivul de căutare a extremelor de putere pentru panourile fotovoltaice, conform revendicării 1, se caracterizează prin aceea că, prezintă o interfață cu utilizatorul prin blocurile (TS), respectiv (DS) și un port de comunicație (COM) pentru comunicarea la distanță cu utilizatorul și alte sisteme de monitorizare și comandă.
3. Metoda de căutare a extremelor de putere pentru panourile fotovoltaice, caracterizată prin aceea că, realizează căutarea punctului de putere maxim utilizând modularea adaptivă a perturbației generate de (GS) cu fundamentala semnalului de intrare $x(n)$ extrasă prin (FTJ1) și asigură persistența perturbației în bucla de căutare prin (FTJ2), care lasă să treacă un număr de 3-5 armonice.
4. Metoda de căutare a extremelor de putere pentru panourile fotovoltaice, conform revendicării 3, caracterizate prin aceea că, adaptarea semnalului de intrare se realizează prin blocurile (MOD1), (K1) și (MOD2), (K2), pentru asigurarea convergenței de operare sunt introduse blocurile (LIM1), respectiv (LIM2) și se amplifică prin blocul K5.
5. Metoda de căutare a extremelor de putere pentru panourile fotovoltaice, conform revendicării 3, caracterizate prin aceea că, semnalul de ieșire asigură urmărirea caracteristicii neliniare (cn) cât mai optim cu semnalul $y(n)$ prin optimizarea de tip adaptiv a nivelului (A_p) pentru semnalul de căutare $y(n)$ realizat prin multiplicarea (MUL2) cu fundamentala semnalului de intrare $x(n)$, care este proporțională cu derivata caracteristicii neliniare (cn).



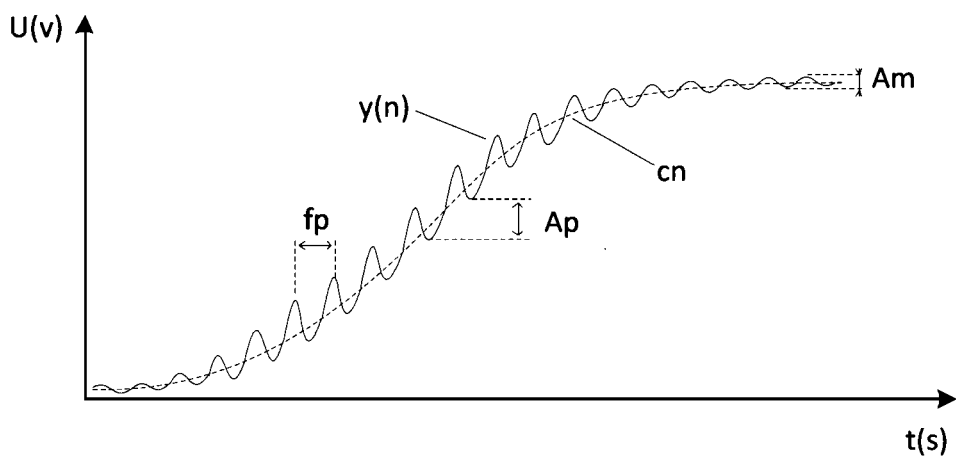


Figura 1

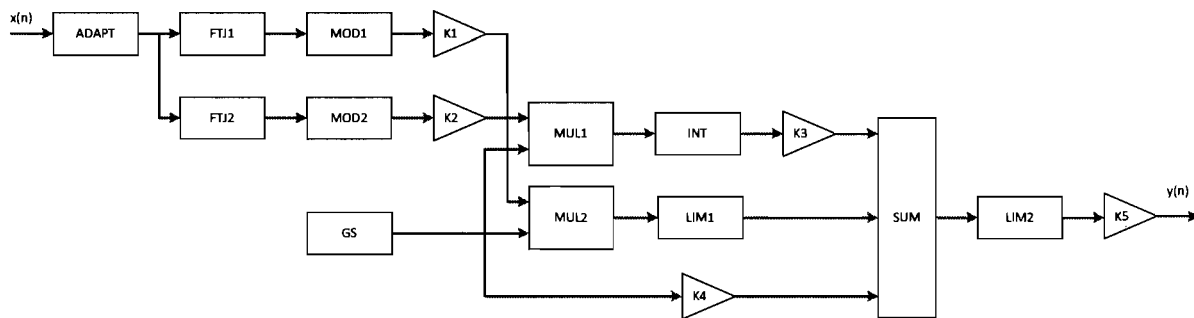


Figura 2

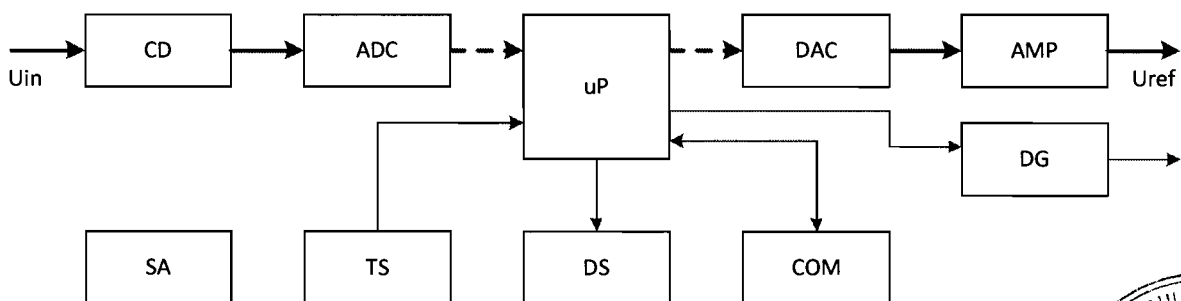


Figura 3

