



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00149

(22) Data de depozit: 02/03/2016

(41) Data publicării cererii:  
29/09/2017 BOPI nr. 9/2017

(71) Solicitant:  
• ICPE ACTEL S.A. INSTITUTUL DE  
CERCETARE ȘI PROIECTARE PENTRU  
ELECTROTEHNICA ACȚIONĂRI  
ELECTRICE, SPLAIUL UNIRII NR.313,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• RĂDULESCU ADRIAN, STR.LOTRIOARA  
NR.13-15, BL.V 41, SC.1, AP.6, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• POTĂRNICHE ION,  
STR.DOCTOR LOUIS PASTEUR NR.27,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) STAND DE ÎNCERCĂRI ȘI METODĂ PENTRU VERIFICAREA  
MANAGEMENTULUI ENERGETIC AL CENTRALELOR  
FOTOVOLTAICE DE MICĂ PUTERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un stand de încercări și o metodă pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mică putere, destinat testării și validării funcționării oricărui element din cadrul unui sistem fotovoltaic de mici dimensiuni. Standul conform invenției este alcătuit dintr-un sistem fotovoltaic (P) cu unul sau mai multe panouri solare, un sistem de orientare (T), un sistem de preluare a energiei (I), format dintr-un inverter fotovoltaic, un sistem de stocare a energiei (B), format dintr-o baterie de acumulatori, o sarcină variabilă (S), un sistem de comandă și control (C), un sistem de achiziție date (A) și un sistem de simulare solară (E). Metoda conform invenției constă în rularea de către un generator solar a unei traiectorii solare și a unui program de insolație predefinite, determinarea unor caracterizări comparative ale unui set de panouri fotovoltaice, și realizarea succesivă a unor caracterizări calitative ale unui inverter fotovoltaic, ale bateriei de acumulatori, ale sistemului de orientare și ale întregului sistem fotovoltaic.

Revendicări: 4  
Figuri: 6

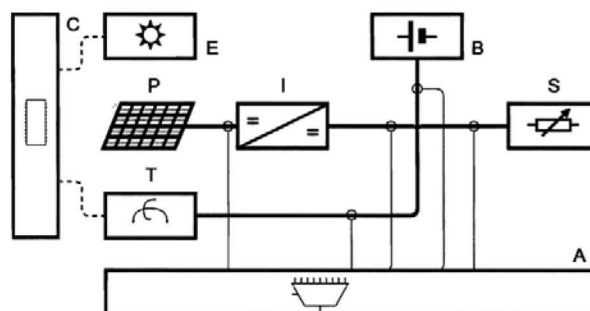


Fig. 1

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).



## **Stand de incercari si metoda pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere**

Inventia se refera la un stand de incercari si metoda pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere, destinat testarii si validarii functionarii oricarui element din cadrul unui sistem fotovoltaic de mici dimensiuni pentru a obtine astfel o unealta de management energetic al intregului sistem ce simplifica procedura de dimensionare a unui sistem fotovoltaic si asigura obtinerea solutiei optime.

Tehnologia fotovoltaică reprezintă un domeniu aflat într-o puternică ascensiune, fiind menținut în fruntea ariilor de interes pentru zonele de cercetare, producție și educație. Dezvoltarea de noi tehnologii și eficientizarea funcționării tuturor elementelor dintr-un lanț fotovoltaic sunt esențiale în promovarea și adoptarea energiei solare pe scară largă.

Dezideratele privind "independența energetică" sau "energie verde" se pot obține cu ajutorul energiilor verzi doar sub o atentă dimensionare și optimizare a componentelor ce formează un sistem complet. Luând exemplul energiei fotovoltaice unde se pleacă de la o eficiență a conversiei de 20% din sursa primară de energie, cea solară, în sursa electrică, eficiența finală a sistemului este penalizată pentru orice abatere de la optimul de funcționare menționat: panouri cu caracteristici tehnice inferioare celor declarate, greșeli de poziționare a panourilor, acumulatori destinați altor regimuri de funcționare, invertoare cu eficiență scăzută.

Sunt cunoscute sisteme și centrale fotovoltaice dezvoltate de către sectorul industrial prin soluții validate și susținute de companii puternice care investesc foarte mult în acest domeniu și obțin astfel rezultate sigure.

Sunt cunoscute de asemenea soluții dezvoltate în cadrul sectorului privat, al utilizatorului casnic, divizat între foarte multe firme mici, fiecare încercând să ofere o parte din lanțul ce formează un sistem fotovoltaic. Integratorii de sistem oferă soluții la cheie, de multe ori însă dimensionate pe criteriul pret, fără atenția necesară acordată eficienței funcționării sistemului.

Din această cauză, un sistem astfel obținut, destinat utilizatorului casnic și folosind componente disponibile pe piață de la diverși producători, rezolvă doar parțial

necesitatea de independenta energetica din cauza ca, de cele mai multe ori nu asigura un optim in functionarea tuturor elementelor ca un sistem unitar.

Sunt cunoscute in acest sens solutii sub forma de sisteme, echipamente sau standuri si respectiv metode de testare a functionarii elementelor din cadrul unor sisteme fotovoltaice de mici dimensiuni.

Astfel, brevetul CN104980105 (A) - (Method for testing maximum power point tracing algorithm performance of solar photovoltaic power generation system) are in vedere o metoda de testare a performantei algoritmului de determinare a puterii maxime generate de un sistem fotovoltaic solar generator de putere, bazata pe controlul unui dispozitiv de urmarire solara astfel incat in baza unui algoritm de lucru sa maximizeze puterea generate prin minimizarea abaterii fata de o traiectorie de referinta. Conform obiectivelor inventiei, costul echipamentului pentru implementarea metodei prin adoptarea unei alimentari de putere controlata prin program si respectiv costul de dezvoltare a unui sistem fotovoltaic generator de putere sunt sensibil mai scazute fata de solutii existente.

In brevetul CN 103684252 (Concentrating photovoltaic outdoor performance test system) se prezinta un sistem de testare a performantelor unui sistem fotovoltaic exterior care cuprinde o platforma de testare a generarii de putere, un dispozitiv de masurare de inalta precizie a caracteristicii solare, un dispozitiv de achizitii de date si un calculator.

Un dispozitiv de urmarire solara, un dispozitiv de masurare a caracteristicii solare si sistemul de achizitii date se conecteaza printr-un magistrala de interfata seriala la calculator. Celula solara se conecteaza in serie cu un canal A al dispozitivului de masurare de inalta precizie a caracteristicii solare pentru a forma un circuit de test iar un circuit de referinta este dat de un canal B la dispozitivului de masurare de inalta precizie a caracteristicii solare conectat in serie cu celula de referinta solara.

Dezavantajul acestor solutii este acela ca testele realizate si implementate cu ajutorul lor:

- au in vedere un numar limitat de caracteristici ale elementelor sistemelor fotovoltaice;
- utilizeaza metode relativ complicate de testare;
- nu ofera solutii optime rezultate din testele efectuate.

Problema tehnica rezolvata de catre inventie consta in realizarea unui stand de incercari compus dintr-un sistem asemanator structurii exhaustive a unei instalatii

fotovoltaice insulare, fara conectare la retea pe care sa se poata testa si valida functionarea oricarui element din sistem pentru a obtine astfel o unealta de management energetic al intregului ansamblu ce simplifica procedura de dimensionare a unui sistem fotovoltaic si asigura obtinerea solutiei optime.

Standul de incercari pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere, conform inventiei, elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca in scopul testarii si validarii functionarii oricarui element din cadrul unui sistem fotovoltaic de mici dimensiuni destinata managementului energetic al intregului sistem, este realizat dintr-un sistem fotovoltaic cu unul sau mai multe panouri solare, un sistem de orientare, un sistem de preluare a energiei format din invertor fotovoltaic, un sistem de stocare a energiei format din baterie de acumuloare, o sarcina variabila, un sistem de comanda si control, un sistem de achizitie date si respectiv un sistem de simulare solara.

Metoda pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere, conform inventiei, elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca in baza rularii de catre un generator solar a unei traiectorii solare si unui program de insolatie predefinite, se realizeaza caracterizari comparative ale unui set de panouri fotovoltaice, si apoi succesiv caracterizari calitative ale unui invertor fotovoltaic, ale bateriei de acumulatori, ale sistemului de pozitionare (tracking), si la pasul final ale intregului sistem fotovoltaic.

Traietoria solara descrie modificarile semnificative ale pozitiei soarelui functie de data si momentul considerate si datorate rotirii si orbitelor Pamantului si a soarelui.

Programul de insolatie descrie modificarile in cantitatea de energie receptionate de la soare datorate modificarilor unghiului la care radiatia solara loveste suprafata Pamantului, si implicit suprafata panoului fotovoltaic.

Avantajele solutiei prezentate in cadrul inventiei sunt urmatoarele:

- cost scazut de implementare folosind componente si module generice disponibile pe piata;
- posibilitate de testare a oricarei componente dintr-un lant fotovoltaic de mici dimensiuni;
- posibilitate de functionare independent de un sistem de calcul;
- multifunctionalitate: optimizarea sistemului, caracterizarea calitativ/cantitativ a unei componente, stand educational;

- testari de anduranta si teste comparative pentru diferite sisteme folosind aceleasi conditii de test conferite de simulatorul solar;
- posibilitate de monitorizare si control de la distanta pentru teste de anduranta pe termen lung sau ca platforma educationala

Se da in continuare un exemplu de realizare al inventiei in legatura cu figurile 1.. 6 care reprezinta:

Fig. 1 Diagrama energetica si unitatile electrice masurate;

Fig. 2 Model 3D al tracker-ului solar orientabil pe 2 axe;

Fig. 3 Model 3D al sistemului de simulator solar;

Fig. 4 Diagrama functionala a standului;

Fig. 5 Diagramă software control din placa de dezvoltare;

Fig. 6 Diagrama energetica si marimile electrice masurate

Standul fotovoltaic de incercari (fig. 1) este realizat dintr-un sistem fotovoltaic P cu unul sau mai multe panouri solare, un sistem de orientare T, un sistem de preluare a energiei I format dintr-un invertor fotovoltaic, un sistem de stocare a energiei B format din baterie de acumuloare, o sarcina variabila S, un sistem de comanda si control C, un sistem de achizitie date A si respectiv un sistem de simulare solara E. Sistemul de orientare (fig. 2) este format dintr-un suport vertical 1, un motor și angrenaj axă rotație 2, un motor și angrenaj axă elevație 3, un suport panou fotovoltaic 4 si niște suportți și senzori de incidență luminoasă 5.

Sistemul este capabil sa functioneze static sau cu urmarire pe una sau doua axe.

Are o construcție metalică modulară fiind format din subansamble mecanice generice care pot fi ușor schimbate și reconfigurate. Se obține astfel o libertate de cercetare și încercare a mai multor topologii de trackere orientabile putându-se varia tipul de motoare de angrenare (motor electric de curent continuu sau alternativ; motor hidraulic sau motor pneumatic), așezarea lor, sistemul de pivotare. Suprafața de suport a tracker-ului permite montarea mai multor dimensiuni și tipuri de panouri.

Poziționarea sistemului de orientare poate fi făcută prin:

- static pe o pozitie predeterminata in functie de locatia geografica;
- programatic prin algoritmi de calcul al poziției soarelui în funcție de locația geografică de instalare și perioada din zi și an;

- cu buclă de reacție folosind senzorii de lumină integrați. Neavând limitatori de cursă, trebuie acordată atenție amplasării sistemului față de soare sau simulatorul solar pentru a evita mișcările în afara cursei permise.

Sistemul de simulare solara E (fig. 3) este format dintr-un braț extensibil ce pivotează pe o axă fixă de rotație. În vârful brațului este amplasat o sursa de lumina de putere ce are intensitatea luminoasă variabilă. Astfel se pot obține traiectorii a sursei de lumina asemănătoare cu cele solare, care variaza in functie de perioada din zi si din an, locatia pe glob. Pentru o mai bună simulare a comportamentului solar, pe lângă traiectoriile solare se poate simula și variația insolației în funcție de elevație sau alti factori. Modulul de alimentare al sursei de lumina de putere permite o reglare a curentului de ieșire în plaja 10-100% prin intermediul unui semnal de comandă analogic sau digital.

Modulul de lumina atinge un flux luminos comparabil cu valoarea medie solara la nivelul solului.

Sistemul este format din ~~niste~~suportți verticali 6, un motor și angrenaj axă rotație7, un motor și angrenaj axă translație 8, un asamblu extensibil 9 si un modul iluminare de putere 10.

Folosirea simulatorului solar confera tuturor incercarilor facute o referinta predictibila si constanta care inlatura variatiile de insolație de la zi la zi, in acelasi timp putand sa scurteze durata testarilor multiple.

O diagramă funcțională de ansamblu a sistemul de comanda si control este prezentată în figura 4 unde se pot vedea principalele sale elemente.

Cele 4 motoare de angrenare folosite în componența standului respectiv deservesc o axa de rotație 2, o axa de elevație a sistemului de urmarire, o axă rotație 7 si o axă translație 8 a simulatorului solar, sunt alimentate prin niste convertizoare dedicate 11...14 ce au rol de control al vitezei și protecția motoarelor la supracurent, supra temperatură și scurt circuit. Comanda lor se realizează printr-un semnal analogic.

Rotatia si elevatia sistemului de urmarire sunt controlate cu ajutorul senzorilor de rotatie 15 si de elevatie 16.

Elementul central al sistemului electronic îl constituie o placă de dezvoltare cu microcontroller, PDC. Microcontrollerul folosit are o arhitectură RISC pe 8 biți cu pini de uz general, suport pentru conversie AD și DA, comunicație serială și USB.

Sistemul de comandă și control este implementat în software-ul procesorului plăcii

de dezvoltare. Acest software permite două moduri de funcționare ale standului. Standul poate funcționa în regim autonom, independent de alte elemente de control, după un program de simulare prestabilit. Acest mod de funcționare este util ca mijloc demonstrativ al tehnologiilor folosite. Pe de altă parte funcționalitatea standului poate fi dictată de un sistem de calcul conectat prin USB la modulul de control care astfel devine doar un element de legătură și interfață între convertizoarele motoarelor, modulul de alimentare al LED-ului de putere și senzorii de insolație.

## REVEDICARI

1. Stand de incercari pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere, caracterizat prin aceea ca in scopul testarii si validarii functionarii oricarui element din cadrul unui sistem fotovoltaic de mici dimensiuni destinata managementului energetic este alcatuit din sistemul fotovoltaic P cu unul sau mai multe panouri solare, sistemul de orientare T, sistemul de preluare a energiei format din invertor fotovoltaic I, sistem de stocare a energiei B format din bateria de acumuloare, sarcina variabila, sistemul de achizitie date A, sistemul de simulare solara E si respectiv sistemul de comanda si control C.
2. Stand de incercari pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca sistemul de comanda si control al celor 4 motoare de angrenare folosite în componența standului respectiv motorul axa de rotație 2, motorul axa de elevație a sistemului de urmarire,- motorul axă rotație 7 si motorul axă translație 8 al simulatorului solar, sunt alimentate prin convertizoarele dedicate 11... 14 pentru controlul vitezei și protecția motoarelor la supracurent și protecția la supra temperatură și scurt circuit, rotatia si elevatia sistemului de urmarire fiind controlate cu ajutorul senzorilor de rotatie 15 si de elevatie 16, elementul central al sistemului electronic constituindu-l placa PDC de



dezvoltare cu microcontroller bazat pe arhitectură RISC pe 8 biți cu pini de uz general, suport pentru conversie AD și DA, comunicație serială și USB.

3. Stand de incercari pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca sistemul de comanda si control este implementat în software-ul procesorului plăcii de dezvoltare care permite două moduri de funcționare ale standului, respectiv ca mijloc demonstrativ al tehnologiilor folosite în regim autonom, independent de alte elemente de control, după un program de simulare prestabilit, sau in regim controlat de sistemul de calcul conectat prin USB la modulul de control care astfel devine elementul de legătură și interfață între convertizoarele motoarelor, modulul de alimentare al LED-ului de putere și senzorii de insolație.
  
4. Metoda pentru verificarea managementului energetic al centralelor fotovoltaice de mica putere presupune efectuarea urmatorilor pasi:
  - rularea de catre sistemul de simulare solara E a unei traiectorii solare si unui program de insolatie predefinite- PAS 0;
  - determinarea de caracterizari comparative ale setului de panouri fotovoltaice P in cadrul careia sarcina este setata pe valoarea nominala a panourilor ce urmeaza a fi testate, se masoara setul (U,I) aferent panoului fotovoltaic si se calculeaza puterea electrica P si se ridica graficul curbelor de putere in functie de timp folosit pentru compararea finala –PAS 1 ;
  - determinarea de caracterizari calitative ale invertorului fotovoltaic I , in cadul careia sarcina este setata progresiv de la 0 la valoarea nominala a panoului fotovoltaic, apoi bateria de acumulatori este deconectata, se masoara seturile (U,I) aferente intrarii si iesirii din invertorul fotovoltaic si se calculeaza randamentul puterii  $\eta_P$ , si in final se ridica graficul tridimensional al randamentului in functie de puterea de intrare si cea de iesire-PAS 2;
  - determinarea de caracterizari calitative ale bateriei de acumulatori B in carul careia ,sarcina este setata progresiv de la 0 la valoarea nominala a panoului fotovoltaic P, ciclurile de functionare ale sistemului de simulare solara E (incarcare baterie) se repeta pana la incarcarea completa a bateriei si sunt alternate cu cele de functionare ale sarcinii (descarcare baterie) care se repeta pana la descarcarea completa a bateriei, se masoara seturile (U,I)

aferente bateriei pentru ciclurile de incarcare/descarcare si se calculeaza randamentul energiei  $\eta_E$  si respectiv se ridica grafice de caracterizare a timpului de incarcare in functie de puterea de intrare, timpul de descarcare in functie de puterea de iesire-PAS 3;

- determinarea de caracterizari calitative ale sistemului de pozitionare T , care presupune ca sarcina se deconecteaza, se conecteaza bateria de acumulatori complet descarcata la inceputul fiecarui test, se masoara seturile (U,I) aferent bateriei de acumulatori si sistemului de pozitionare si se ridica grafice de caracterizare a productiei de energie cu/fara sistemul de tracking luandu-se in calcul pierderile de energie aferente functionarii sistemului de tracking-PAS 4 ;

-determinarea de caracterizari calitative ale intregului sistem fotovoltaic: care repune ca sarcina este setata progresiv de la 0 la valoarea nominala a panoului fotovoltaic masurarea seturilor (U,I) aferente panoului fotovoltaic si sarcinii si calculul randamentul puterii  $\eta_P$  si respectiv ridicarea graficului tridimensional al randamentului in functie de puterea de intrare si cea de iesire-PAS 5.

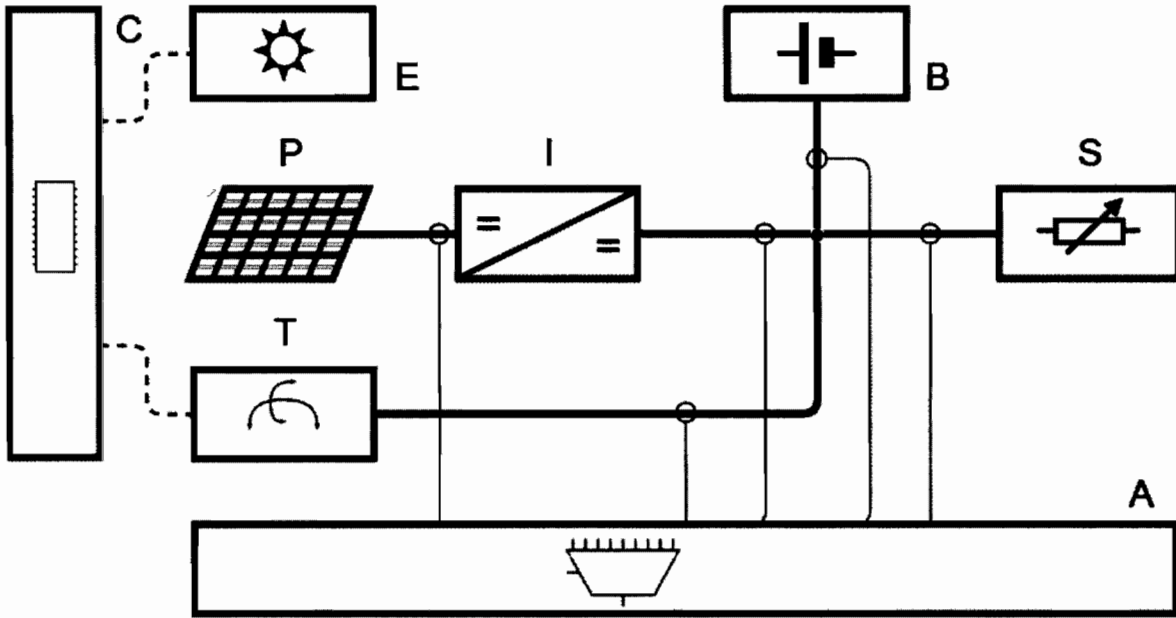


Fig. 1

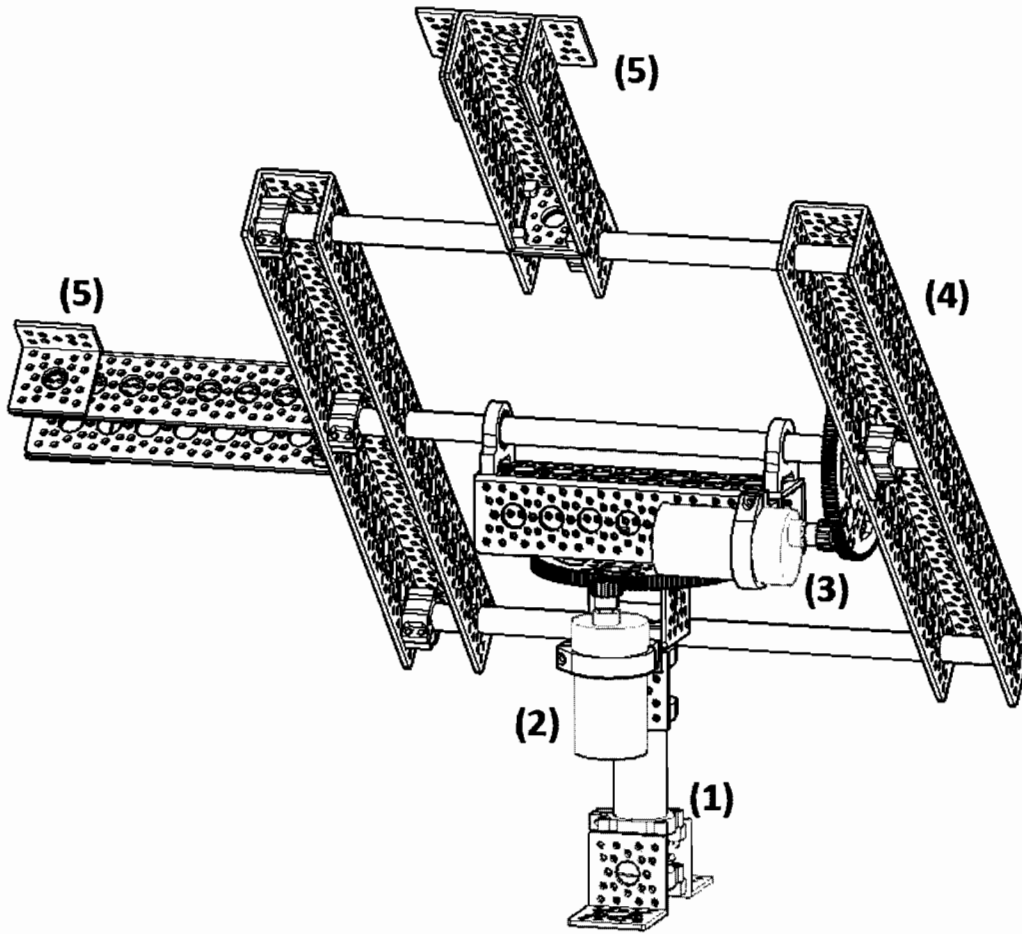


Fig. 2

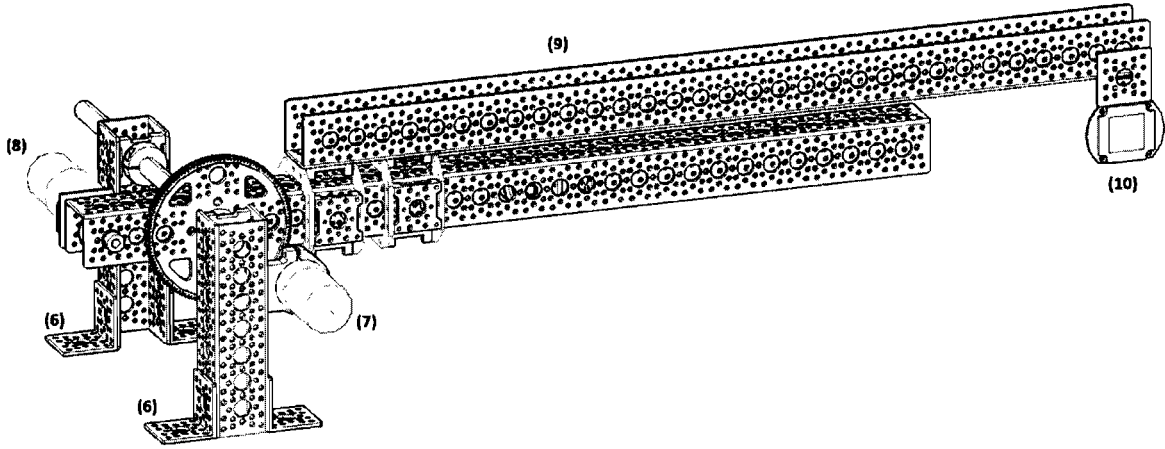


Fig. 3

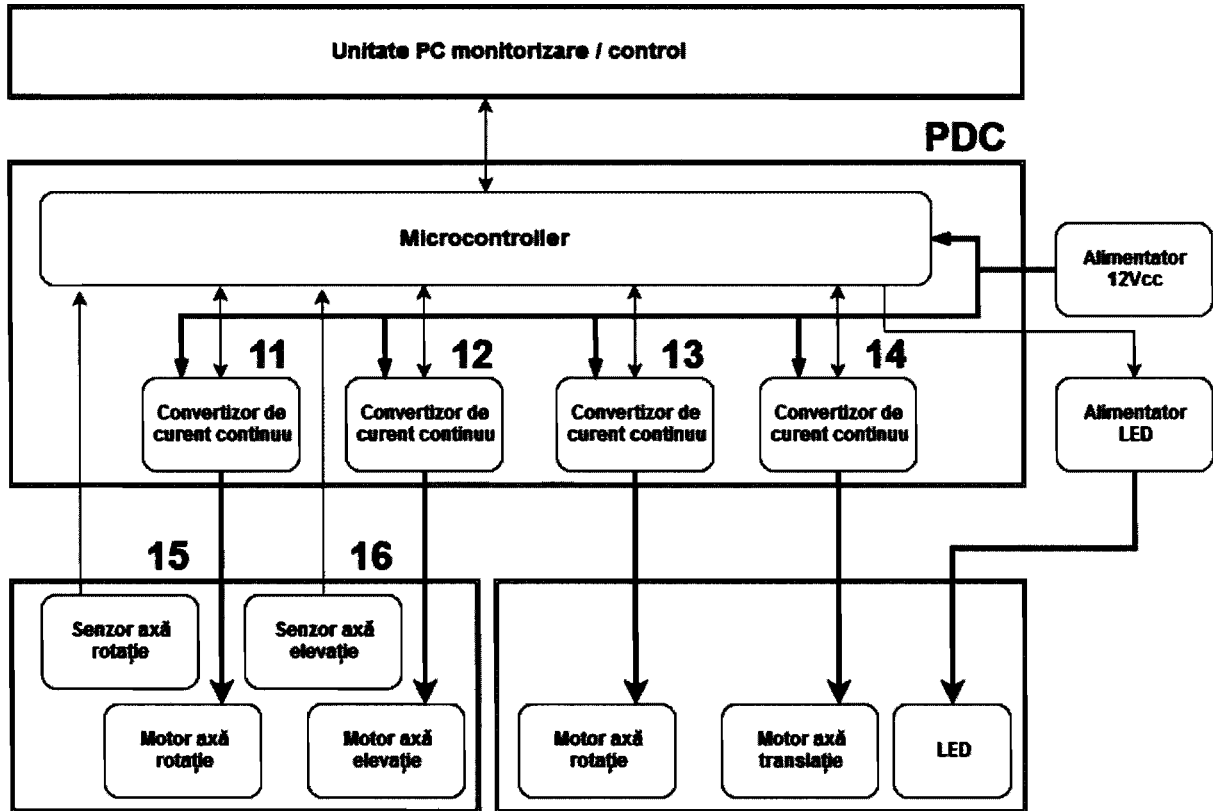


Fig. 4

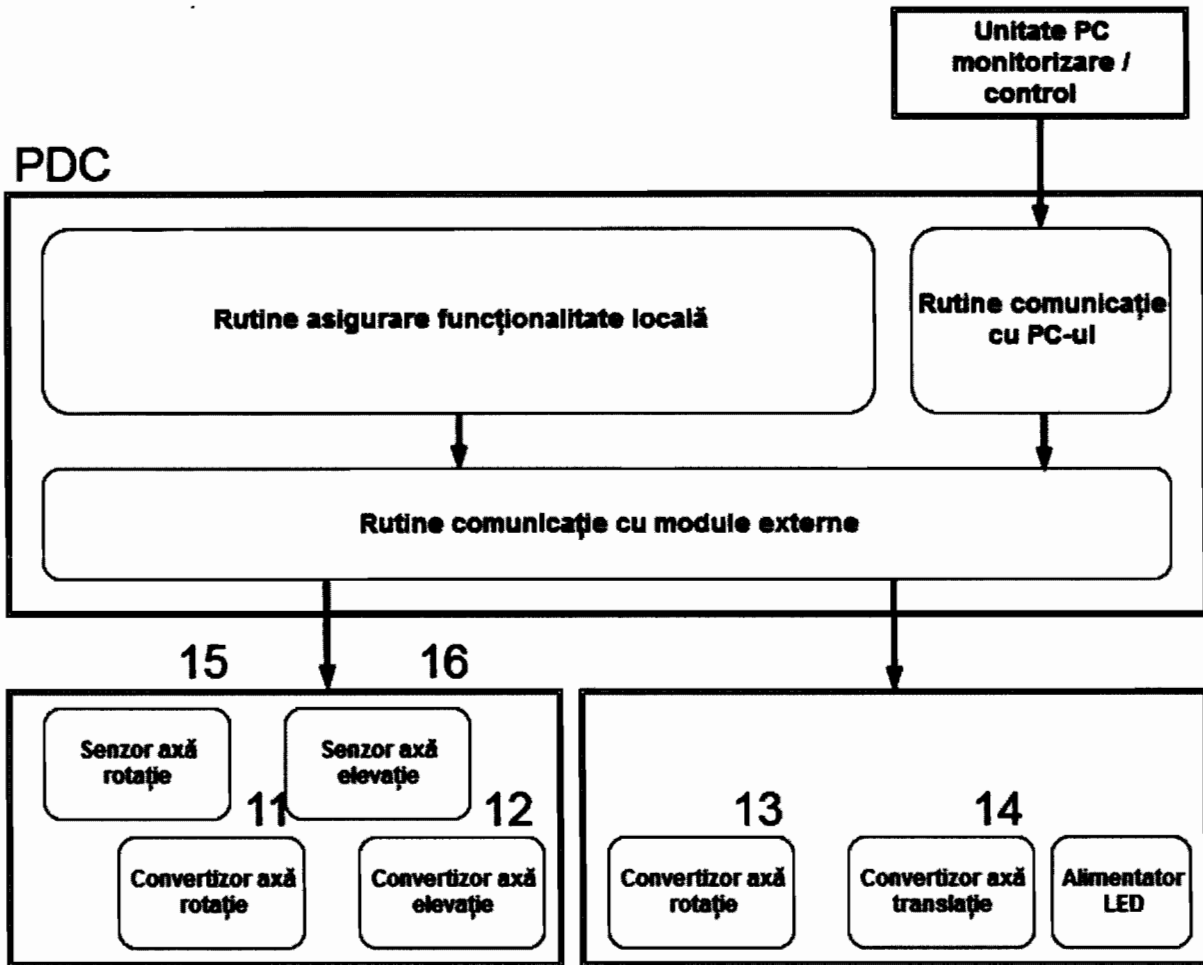


Fig. 5

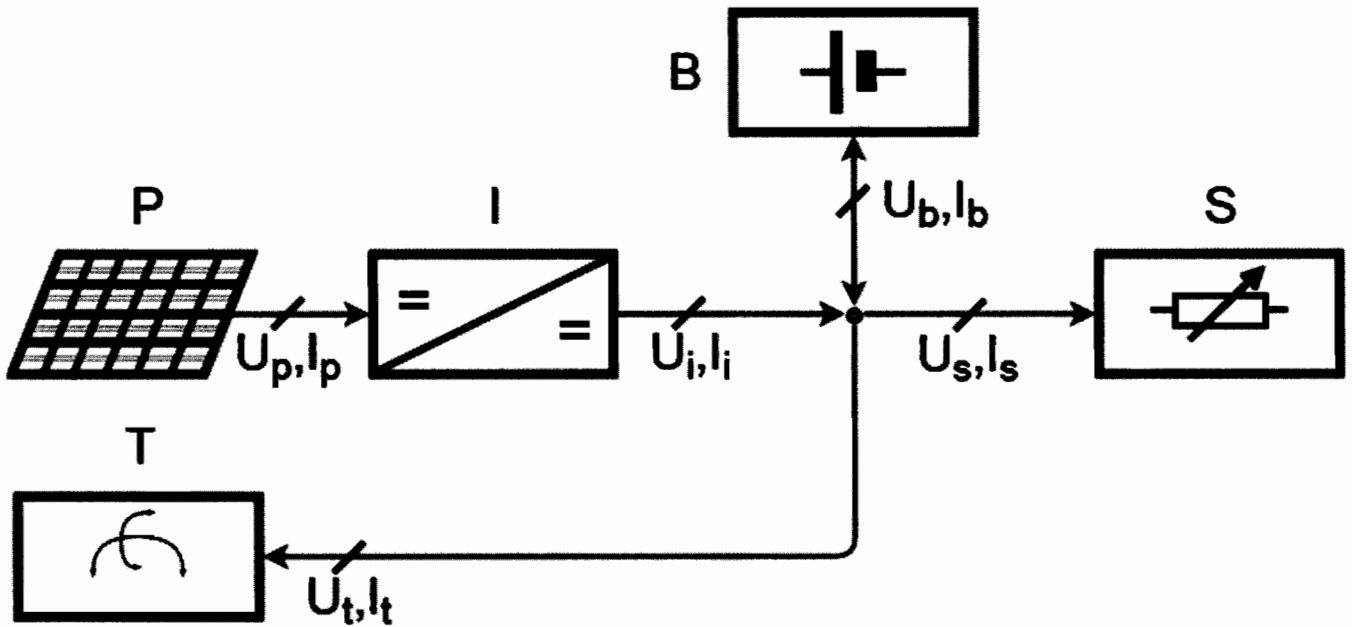


Fig. 6