



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2023 00113**

(22) Data de depozit: **10/03/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2024 BOPI nr. **9/2024**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• UNIVERSITATEA DE VEST DIN
TIMIȘOARA, BD.VASILE PÂRVAN NR.4,
TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:
• PETREUȘ DORIN, STR.PLOIEȘTI, NR.27,
AP.5, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• PĂTĂRĂU TOMA, STR.ANDREI ȘAGUNA,
NR.285, BOITA, SB, RO;

• SZILAGYI ENIKO,
STR.EREMIA GRIGORESCU, BL.III, AP.54,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• PAULESCU MARIUS, STR.MARTIR
MARIUS CIOPEC, NR.2, SC.A, AP.11,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• STROIA NICOLETA, NR. 299A,
SAT OGRA, COMUNA OGRA, MS, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, SC.1,
AP. 2, CLUJ NAPOCA, CJ

(54) METODĂ DE MANAGEMENT A ENERGIEI ÎN MICRORETELE INTELIGENTE, BAZATĂ PE ALGORITMI DE PREDICȚIE, DE OPTIMIZARE ȘI DE CORECȚIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de management al energiei în microrețele inteligente de alimentare cu mai multe tipuri de energie regenerabilă, prin combinarea unor algoritmi de predicție cu algoritmi de corecție care folosesc date preluate în timp real și cu algoritmi de optimizare, cu scopul de a reduce costul energiei electrice. Metoda constă în parcurgerea următoarelor etape:

- preluarea irradianței și temperaturii de la un pirometru (11) din proximitatea unor panouri (1) fotovoltaice și salvarea acestora într-un prim fișier (12) local;

-estimarea irradianței și temperaturii aferente zilei următoare, pe baza unui algoritm (14) de predicție care folosește date din primul fișier (12) sau date satelitare și înregistrarea datelor într-un alt fișier (15);

-determinarea datelor privind funcționarea generatoarelor și optimizarea costurilor cu ajutorul unui algoritm (17) de optimizare; și corectarea datelor de funcționare a generatoarelor cu un algoritm (19) de corecție care rulează pe un sistem (16) de calcul extern.

Revendicări: 2

Figuri: 5

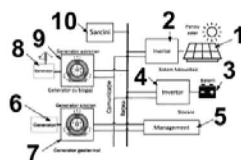


Fig. 1

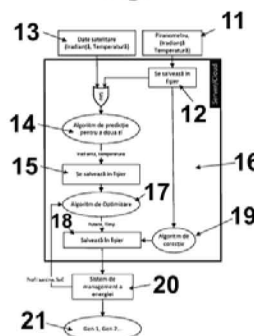
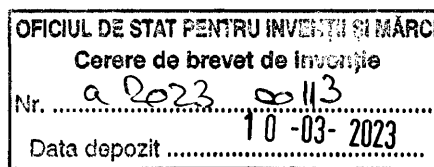


Fig. 2

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).





Metodă de management a energiei în microrețele inteligente, bazată pe algoritmi de predicție, de optimizare și de corecție

Invenția se referă la o metodă de control a unei microrețele inteligente de alimentare cu mai multe tipuri de energie regenerabilă cu scopul de a reduce costul energiei electrice. Metoda de control poate fi folosită pentru a realiza managementul energiei în microrețele cu energii regenerabile (ex. energie: solară, geotermală, din biomasă, a vântului, etc.). Microrețele sunt sisteme hibride de alimentare cu energie electrică care pot să folosească ca resursă primară atât energie regenerabilă cât și alte tipuri de energie combinate cu stocare pentru a alimenta consumatorii. Microrețelele pot funcționa conectate la rețea sau în mod insularizat. O schemă a unei microrețele insulare este reprezentată în Figura 1. Această microrețea este formată dintr-un generator fotovoltaic (panou fotovoltaic 1 și invertor 2), un sistem de stocare cu baterii (pachet baterii 3 și invertor baterii 4), un generator geotermal (generator 6 și generator sincron 7) și un generator cu biogaz (motor termic 8 și generator asincron 9). Blocul 10 reprezintă sarcinile microrețelei.

În această microrețea doar unul din generatoare este master și generează rețeaua locală (230V, 50Hz), este formator de rețea. În cazul exemplificat funcția de generator master sau formator de rețea poate fi realizată de generatorul sincron sau de sistemul de stocare. Microrețelele au nevoie și de un sistem de management al energiei 5 care să controleze fluxurile de energie în funcție de diferite criterii (costul energiei pentru fiecare tip de generator, durata de viață a bateriilor, etc.) dar și datorită faptului că unele surse au caracter intermitent (ex: energia fotovoltaică).

Din literatura de specialitate se poate deduce că algoritmi de management al energiei sunt de obicei implementați în straturi. În primul strat se face de obicei o predicție pentru a doua zi a parametrilor principali de funcționare a microrețelei bazată pe prognoze meteorologice sau date măsurate local [1] iar rezultatele se trimit celui de-al doilea strat.

În stratul al doilea se folosesc algoritmi de optimizare bazați pe minimizarea unei funcții obiectiv. Funcțiile obiectiv pot fi construite în mai multe moduri. Există funcții obiectiv pentru: optimizarea costurilor, optimizarea capacității bateriei, optimizarea duratei de viață a bateriei și optimizarea emisiilor de gaze cu efect de seră [2]. Aceste obiective se pot folosi și combinat. Algoritmii de optimizare au la bază diferite metode matematice de optimizare: programare dinamică, programare liniară și programare liniară întreagă (mixtă), programare pătratică [3]. De asemenea pot folosi metode inteligente de optimizare: algoritmi genetici, algoritmi fuzzy, optimizare roi de particule [4]. În microrețele de generare a energiei, în controlerele de management a energiei de obicei se implementează individual una din metodele de optimizare de mai sus. Asupra rezultatelor obținute după optimizare nu se aplică corecții în timp real. Acest lucru conduce de obicei la creșterea costului energiei, la creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră sau la deteriorarea prematură a sistemului de stocare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a realiza un management inteligent al energiei în microrețele care să conducă la reducerea costului energiei.

Metoda propusă de această invenție elimină dezavantajele metodelor de mai sus prin faptul ca dezvoltă o metodă care combină algoritmi de predicție cu o zi în avans, algoritmi de corecție care folosesc date preluate în timp real și algoritmi de optimizare a costurilor de funcționare.

Metoda presupune parcurgerea următoarelor etape:

- a. realizarea unei predicții folosind un algoritm de predicție cu o zi în avans (pe baza datelor colectate local cu o zi înainte sau preluate din satelit);
- b. optimizare a costurilor de funcționare pe baza unui algoritmi de optimizare;
- c. aplicarea unei corecții cu un algoritm de corecție care folosește date preluate în timp real (iradiantă și temperatură), care să corecteze erorile de predicție;
- d. sistemul de management preia datele de la sistemul de calcul (server sau serviciu cloud) si le folosește pentru a seta timpul și puterea la care funcționează generatoarele de energie din microrețea.

Algoritmi de predicție, optimizare și corecție vor fi rulați pe un sistem cu putere mare calcul pentru a îmbunătății viteza de calcul.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1-5 care reprezintă:

- Figura 1, Schema unei microrețele insulare hibride;
- Figura 2, Metoda propusă de management al energiei în microrețea;
- Figura 3, Format fișier predicție pentru ziua următoare;
- Figura 4, Format fișier optimizare;
- Figura 5, Transfer fișier între server și sistemul de management al energiei.

În prima etapă, se preiau date locale (iradianță și temperatură) de la un piranometru 11, instalat în proximitatea panourilor fotovoltaice 1, la un interval predefinit de timp și se salvează într-un prim fișier local 12.

Pe baza datelor din fișierul local 12, sau folosind date satelitare 13 (preluate de pe website-uri dedicate), se aplică un algoritm de predicție 14 pentru estimarea iradianței și a temperaturii aferente zilei următoare.

Algoritmul de predicție 14 se execută o dată pe zi, la o oră prestabilită (ex: 23:30). Rezultatele sunt salvate într-un al doilea fișier 15. Structura fișierului 15 este descrisă în tabelul din figura 3, în care:

- prima coloană conține timpul (ex: ora, min);
- a doua coloană conține valorile pentru iradianță, măsurată la intervalele de timp din prima coloană;
- a treia coloană conține temperatura pentru același interval de timp din prima coloana

Prelucrarea se va face pe un sistem cu putere mare de calcul extern 16, de tip server sau serviciu cloud.

În a doua etapă are loc optimizarea costurilor de funcționare, pe baza unui algoritm de optimizare 17, aplicat asupra datelor din fișierul 15.

Algoritmii de optimizare urmăresc minimizarea unei funcții obiectiv, pentru a reduce costul de funcționare a microrețelei prin distribuirea optimă a resurselor energetice sub formă de putere generată și timp de funcționare pentru fiecare generator în parte. Datorită variabilității puterii generate de sistemul fotovoltaic, algoritmul de

optimizare folosește puterea prezisă preluată din fișierul 15 împreună cu profilul de sarcină și starea de încărcare a sistemului de baterii 3, pentru a determina combinația optimă de funcționare a generatoarelor pentru fiecare interval de timp din decursul unei zile. Se satisface astfel necesarul energetic cu un cost total minim de funcționare a microrețelei.

Algoritmul de management a energiei poate fi bazat pe:

- modele matematice: programare dinamică, programare liniară și programare liniară întreagă (mixtă), programare pătratică.
- metode inteligente de optimizare: algoritmi genetici, algoritmi fuzzy, algoritmi inspirați din natură.
- metode hibride: se combină diferite metode de optimizare, de exemplu: optimizare roi de particule bazat pe algoritmi genetici.

Datele obținute în urma optimizării sunt stocate pe același sistem de calcul într-un al treilea fișier 18 care este accesat de sistemul de management energetic (în fiecare interval de timp prestabilit), printr-o conexiune de WAN/LAN/WLAN, pentru a extrage parametrii de funcționare a generatoarelor (Putere, Timp) și a le porni corespunzător. Structura celui de-al treilea fișier 18 este prezentată în Figura 4, în care:

- prima coloană conține intervalul orar;
- a doua coloană conține puterea pentru fiecare generator;
- în a treia coloană, se memorează durata de timp cât trebuie să rămână fiecare generator pornit.

Predicția cu o zi în avans este realizată folosind fie date locale (măsurate în ziua anterioară) fie date meteorologice. Se cunoaște faptul că acești algoritmi pot să aibă erori mari de estimare. Astfel, în a treia etapă, se utilizează un algoritm de corecție 19 cu scopul de a reduce eroarea dintre valorile prezise și cele reale. Acest algoritm de corecție rulează la un interval de timp mai scurt prestabilit de-a lungul zilei modificând, doar dacă este cazul la fiecare pas valorile în cel de-al treilea fișier 18.

Prin aplicarea algoritmului de corecție se obțin următoarele date:

- puterea corectată pentru fiecare generator;
- timpul de funcționare al fiecărui generator.

Sistemul de management al energiei din microrețea 20 va interoga fișierul 18 de pe server la intervale predefinite de timp și va copia datele, cu scopul de a controla corespunzător generatoarele de energie 21.

Metoda de transmitere a fișierului de pe sistemul de calcul extern 16 către sistemul de management al energiei 20 se reprezintă în figura 5 și se face în următorii pași:

- a. inițializarea parametrilor de conectare 22 (parametrii gazdă, numele de utilizator și parola) pentru că sistemul de calcul extern 16 este privat și permite transferul de fișiere doar între utilizatori înregistrați;
- b. se deschide un canal de comunicație 23, se accesează 24 fișierul 18 de pe sistemul de calcul extern 16;
- c. se creează un fișier țintă 25, pe sistemul local de management al energiei 20 și se deschide;
- d. se citește 26 primul pachet de date din fișierul 18 de pe server și se salvează conținutul pachetului în fișierul țintă 25;
- e. se verifică 27, dacă s-a ajuns la sfârșitul fișierului 18 de pe server, iar dacă nu se trimit pe rând toate pachetele, apoi se închide 28 fișierul țintă 25 și se închide 29 canalul de comunicație 23.

Prin aplicarea acestei invenții se obțin următoarele avantaje:

- metoda îmbină avantajele tuturor algoritmilor folosiți;
- metoda poate fi implementată în microrețele care utilizează invertoare industriale cât și generatoare sincrone și asincrone;
- se pot alege algoritmii care au cele mai bune rezultate pentru un caz concret
- poate utiliza orice tip de energie ca resursă primară;
- datorită utilizării unui server/serviciu cloud cu putere mare de procesare se pot folosi algoritmi cu grad ridicat de complexitate.

Referințe

[1] P. Sharma, H. Dutt Mathur, P. Mishra, and R. C. Bansal, "A critical and comparative review of energy management strategies for microgrids," *Appl. Energy*, vol. 327, p. 120028, Dec. 2022.

[2] M. S. Hossain Lipu et al., "A review of controllers and optimizations based scheduling operation for battery energy storage system towards decarbonization in microgrid: Challenges and future directions," *J. Clean. Prod.*, vol. 360, p. 132188, Aug. 2022.

[3] V. Stennikov, E. Barakhtenko, D. Sokolov, and B. Zhou, "Current state of research on the energy management and expansion planning of integrated energy systems," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 10025–10036, Nov. 2022.

[4] A. O. Ali, M. R. Elmarghany, M. M. Abdelsalam, M. N. Sabry, and A. M. Hamed, "Closed-loop home energy management system with renewable energy sources in a smart grid: A comprehensive review," *J. Energy Storage*, vol. 50, p. 104609, Jun. 2022.

REVENDICĂRI

1. Metodă de management a energiei în microrețele inteligente, bazată pe algoritmi de predicție, de optimizare și de corecție, **caracterizată prin aceea că**, presupune parcurgerea următoarelor etape:

- a. Preluarea iradianței și temperaturii de la un piranometru (11), instalat în proximitatea panourilor fotovoltaice (1), la intervale predefinite de timp și salvarea acestora într-un prim fișier local (12);
- b. estimarea iradianței și a temperaturii aferente zilei următoare pe baza unui algoritm de predicție (14) care se execută pe un sistem de calcul extern (16), la sfârșitul zilei în care se face predicția, și care folosește date din fișierul local (12) colectate în ziua predicției, sau după caz, date satelitare preluate de pe site-uri specializate și înregistrarea datelor rezultate într-un fișier (15);
- c. determinarea datelor privind funcționarea generatoarelor și optimizarea costurilor cu un algoritm de optimizare (17), pe baza datelor din fișierul (15) împreună cu profilul de sarcină și starea de încărcare a sistemului de baterii (3), determinându-se combinația optimă de funcționare a generatoarelor pentru fiecare interval de timp din decursul unei zile și înregistrarea datelor într-un fișier (18), pe sistemul de calcul extern (16);
- d. aplicarea unei corecții cu un algoritm de corecție (19) care rulează pe sistemul de calcul extern (16) și care folosește date (iradianță și temperatură) preluate în timp real de piranometru (1) și care corectează datele obținute în etapa c, privind funcționarea generatoarelor;
- e. sistemul de management (20) preia datele de la sistemul de calcul extern (16) și le folosește pentru a comanda parametrii de funcționare (puterea și timpul) a generatoarelor de energie din microrețea.

2. Metodă de management a energiei în microrețele inteligente, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, transmiterea fișierului de pe sistemul de

calcul extern (16) către sistemul de management a energiei (20) se face în următorii pași:

- a. se inițializează parametrii de conectare (22) pentru conectare cu sistemul de calcul extern (16);
- b. se deschide un canal de comunicație (23), se accesează fișierul (18) de pe sistemul de calcul extern (16);
- c. se creează un fișier țintă (25), pe sistemul local de management al energiei (20) și se deschide;
- d. se citește (26) primul pachet de date din fișierul (18) de pe server și se salvează conținutul pachetului în fișierul țintă (25);
- e. se verifică (27), dacă s-a ajuns la sfârșitul fișierului (18) de pe server, iar dacă nu se trimit pe rând toate pachetele, apoi se închide (28) fișierul țintă (25) și se închide (29) canalul de comunicație (23).

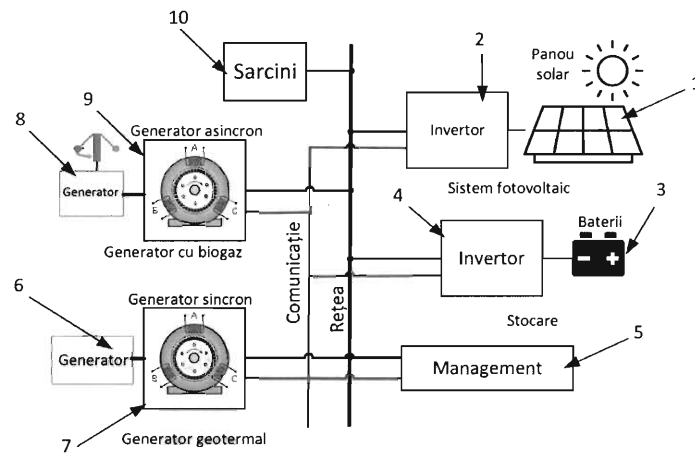


Figura 1

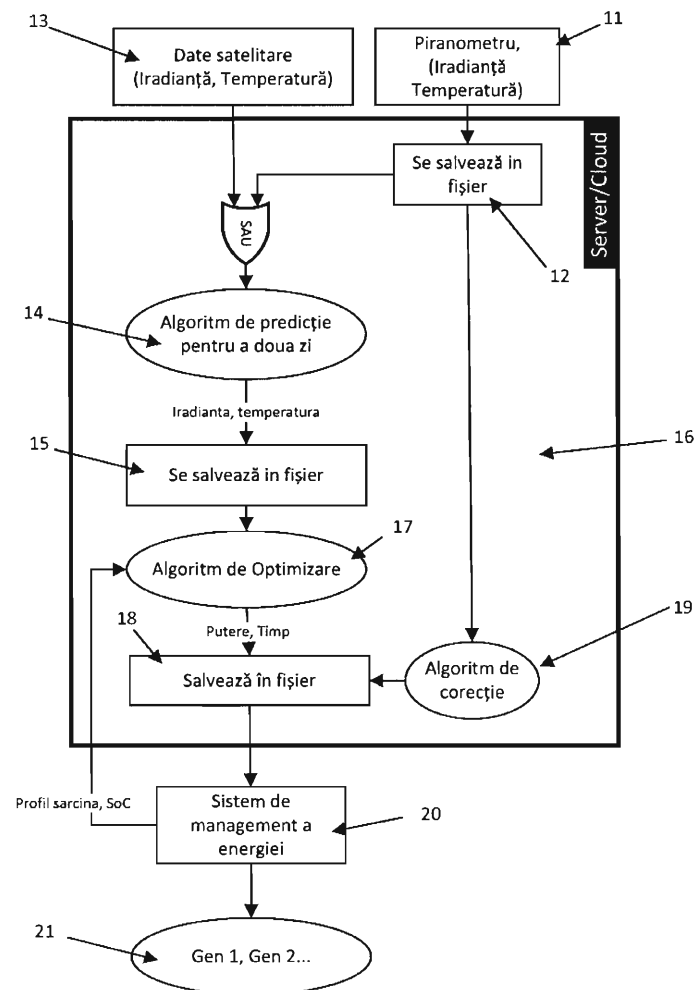


Figura 2

Interval Timp	Iradianță	Temperatură
X1	Valoare 1	Valoare 1
X2	Valoare 2	Valoare 2
..	..	..

Figura 3

Interval orar	Putere generator	Timp funcționare generator
X1	Pgen1, Pgen2...	TimpGen1, TimpGen2...
X2	Pgen1, Pgen2...	TimpGen1, TimpGen2...
X3	Pgen1, Pgen2...	TimpGen1, TimpGen2...
..	..	..

Figura 4

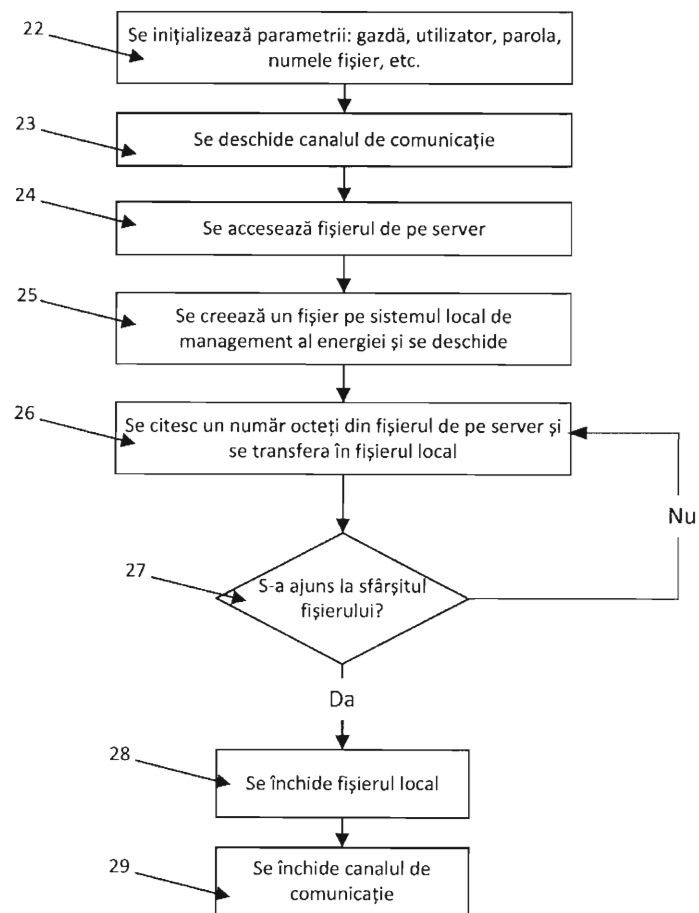


Figura 5