



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00161

(22) Data de depozit: 08/03/2018

(41) Data publicării cererii:
30/10/2019 BOPI nr. 10/2019

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• NEMEȘ CIPRIAN-MIRCEA,
ALEEA DECEBAL NR.20, BL.U4, SC. B,
ET.1, AP.7, IAȘI, IS, RO;
• MUNTEANU FLORIN,
STR. MIRCEA ELIADE NR.32,
SAT VALEA LUPULUI,
COMUNA VALEA LUPULUI, IS, RO

(54) METODĂ PENTRU MANAGEMENTUL RECEPTOARELOR
CONSUMATORILOR REZIDENȚIALI ALIMENTAȚI DIN
SURSE FOTOVOLTAICE PROPRII

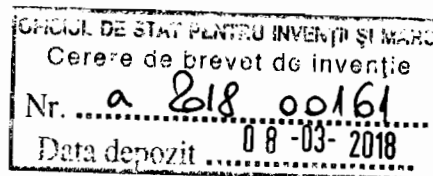
(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de management al sarcinilor consumatorilor rezidențiali, destinată majorării indicatorilor de autoconsum din sursele fotovoltaice proprii. Metoda conform invenției constă în stabilirea unui program de funcționare a receptoarelor unui consumator rezidențial alimentat din rețeaua electrică de joasă tensiune, și dintr-un sistem fotovoltaic propriu, bazat pe relocarea parțială sau totală a funcționării în

timp a receptoarelor, metoda utilizând tehnici de analiză probabilistică, prin care se modelează procesele de evoluție în timp a regimurilor de funcționare a receptoarelor, precum și a valorilor orare ale sarcinilor receptoarelor și ale puterii generate de sistemul fotovoltaic, cu ajutorul unor variabile aleatoare discrete.

Revendicări: 2





**Metodă pentru managementul receptoarelor consumatorilor rezidențiali
alimentați din surse fotovoltaice proprii**

Invenția se referă la o metodă de management al sarcinilor consumatorilor rezidențiali, **destinată** majorării nivelului de autoconsum din sursele fotovoltaice proprii.

Metoda se referă la planificarea și coordonarea funcționării receptoarelor unui consumator rezidențial alimentat din rețeaua electrică de joasă tensiune și dintr-un sistem fotovoltaic propriu, prin stabilirea momentelor de intrare în funcțiune și a duratelor de funcționare a receptoarelor, având ca obiectiv maximizarea nivelului de autoconsum. Metoda propusă este bazată pe tehnici de calcul probabilistic care, prin coordonarea relocării totale sau parțiale în timp a receptoarelor consumatorului, realizează suprapunerea profilului curbei de consum peste cel de producție din sursele fotovoltaice proprii, conducând astfel la minimizarea cantității de energie electrică schimbată cu rețeaua.

Literatura de specialitate afirmă că nivelul autoconsumului din surse fotovoltaice proprii în sectorul rezidențial este strict dependent de puterea instalată în sursele proprii, precum și de nivelul și profilul de sarcină a consumatorului [3,10]. **Sunt cunoscute** două direcții majore privind posibilitatea creșterii autoconsumului, și anume: managementul sistemelor de stocare a energiei electrice (în special prin utilizarea sistemelor de acumulatori) [4-6], respectiv implementarea sistemelor de management al sarcinii [7-9], prin relocarea totală sau parțială a funcționării lor în timp. În cazul utilizării sistemelor de management al sarcinii, nivelul autoconsumului poate crește cu valori cuprinse între 2 și 15 % [10], față de situațiile în care nu sunt implementate soluții de management al sarcinilor.

Este cunoscută metoda de management al sarcinilor, conform brevetului CN107240926 (A) [1], metodă care vizează controlul și optimizarea energiei stocate într-un sistem de acumulatori. Metoda implementată are la bază tehnici fuzzy, luând în calcul tarife orare diferențiate pentru energia consumată. Metoda minimizează costul energiei totale consumate prin optimizarea energiei stocate în acumulatori, însă prezintă dezavantajul utilizării unor sisteme de acumulatori, cu inconvenientele legate de investiții inițiale ridicate, necesitatea unui program de mentenanță al acumulatorilor, precum și înlocuirea acestora după expirarea duratelor lor de viață. **De asemenea, este cunoscută metoda** de management al sarcinilor, conform brevetului CN106408131 (A) [2], metodă ce coordonează receptoarele dintr-o micro-rețea având la bază tehnicile de optimizare Pareto. Optimizarea funcției obiectiv urmărește minimizarea costurilor totale de funcționare ale sistemului, precum și minimizarea cantității de energie stocată într-un sistem de acumulatori. Metoda prezintă, pe lângă dezavantajul utilizării unui sistem de acumulatori, dezavantajul rezultat din optimizarea Pareto, optimizare ce conduce la soluții multiple care fac dificilă alegerea variantei de decizie finală privind funcționarea receptoarelor. **De asemenea, este cunoscută o metodă** ce combină managementul sarcinilor cu un sistem de stocare a energiei în acumulatori [4], având drept scop creșterea ratei de autoconsum a unui mic consumator rezidențial. Metoda prezintă dezavantajul necesității unui sistem de acumulatori, precum și coordonarea sarcinilor în funcție de capacitatea sistemului de stocare și nivelul de încărcare al acumulatorilor.

Sunt cunoscute metode care implică necesitatea unor sisteme de stocare a surplusului de energie sub altă formă decât sub formă de energie electrică [5.6]. **Este cunoscută o metodă** de management al sarcinilor consumatorilor rezidențiali [6], metoda fiind orientată spre sistemele de utilizare și conversie a energiei electrice în energie termică, energie termică înmagazinată în apa din boilerele beneficiarului. În perioadele caracterizate de un surplus de energie, aceasta este folosită pentru prepararea apei calde menajere, pragurile de încălzire și răcire, precum și nivelul apei din boilere fiind monitorizate cu ajutorul unor senzori de temperatură și nivel, ce transmit informațiile către o unitate centrală de comandă. Dezavantajul metodei constă în necesitatea achiziționării și transmiterii unor informații suplimentare privind temperatura, nivelul apei în boiler, debitul de apă consumat, precum și adresabilitatea metodei doar către o categorie particulară de receptoare (boilere, cazane apă caldă etc.)

Este cunoscută o metodă de management al sarcinilor consumatorilor rezidențiali racordați la rețeaua de distribuție și tarifați diferențiat pe paliere orare [7], funcția obiectiv a modelului urmărind minimizarea vârfului de sarcină și reducerea costurilor totale de

alimentare cu energie electrică. Metoda prezintă dezavantajul unui proces decizional bazat pe prețul orar al energiei și deplasarea vârfurilor de sarcină astfel încât costul total să fie minim. În situația unui cost unitar pentru întreaga zi, atunci procesul decizional nu prezintă soluție și nu poate fi aplicat.

De asemenea, este cunoscută o metodă de management al sarcinilor [9], aplicată unui număr de 200 de consumatori rezidențiali, echipați cu sisteme fotovoltaice. Modelul monitorizează consumul în timp real a fiecărei sarcini a consumatorului și totodată este prognozată producția de putere din sistemul fotovoltaic pe baza informațiilor meteorologice legate de radiația solară și temperatura mediului ambiant. De asemenea, pentru minimizarea costurilor cu energia electrică, sunt luate în calcul prețurile de vânzare și cumpărare a energiei electrice. Toate aceste variabile referitoare la sarcina consumată, puterea prognozată și prețurile de achiziție și vânzare a energiei electrice sunt folosite pentru calculul coeficienților de autoconsum.

Principalele dezavantaje ale acestor metode sunt legate de faptul că:

- implică necesitatea unor sisteme de stocare a energiei (fie în acumulatori electrici, fie sub altă formă de energie);
- funcțiile obiectiv sunt bazate pe prognoze, greu de implementat și care necesită calcule laborioase și informații de la senzori suplimentari;
- funcția obiectiv privind maximizarea autoconsumului este în strânsă legătură cu minimizarea costurilor totale care pot fi estimate doar în cazul existenței unor costuri diferențiate pe paliere orare.

Scopul invenției este de planificare și coordonare în timp a funcționării receptoarelor unui consumator rezidențial având ca funcție obiectiv maximizarea nivelului de autoconsum din sursele proprii și minimizarea schimbului de energie cu rețeaua.

În cazul consumatorilor rezidențiali alimentați din surse fotovoltaice, în lipsa unui sistem de management al sarcinilor, profilul curbei de consum nu corespunde cu profilul curbei puterii generate. În situația unui consum mai mare decât puterea furnizată de sistemul fotovoltaic, deficitul de putere și energia necesară vor fi preluate din rețeaua electrică, în timp ce, în situația unui consum local mai mic decât producția de putere fotovoltaică, surplusul de putere va fi injectat în rețeaua electrică. Astfel, rețeaua electrică reprezintă punctul de echilibru în situațiile cu deficit sau exces de putere și energie în rețeaua consumatorului. În funcție de planurile tarifare contractate cu firma de furnizare a energiei și în cazurile în care nu există un sprijin substanțial pentru energia provenită din surse regenerabile, prețul de

vânzare al energiei fotovoltaice este, în mod normal, mai scăzut decât prețul de achiziție al energiei din rețeaua electrică, ceea ce conduce la un interes economic pentru autoconsumul energiei fotovoltaice proprii. Astfel, prin majorarea indicatorilor de autoconsum se urmărește utilizarea unei cantități cât mai mari din energia electrică "ieftină" produsă local din sursele proprii, precum și minimizarea consumului de energie "scumpă" preluată din rețeaua electrică.

Prin utilizarea tehnicilor probabilistice, metoda propusă rezolvă problema tehnică privind majorarea nivelului de autoconsum și elimină dezavantajele menționate anterior referitor la necesitatea utilizării unor sisteme de stocare, utilizarea unor tehnici dificile de prognoză, respectiv a unor tehnici de optimizare cu soluții multiple ce necesită funcționarea după paliere de preț orare.

Un prim obiectiv al invenției este de minimizare a diferenței dintre profilul curbei de sarcină și cel al curbei de producție din sursele fotovoltaice proprii prin relocare totală sau parțială în timp a funcționării receptoarelor, eliminând astfel necesitatea utilizării sistemelor de stocare a energiei în acumulatori electrici sau sisteme de apă caldă, sisteme echipate cu senzori suplimentari necesari pentru controlul sistemelor de încălzit.

Un alt obiectiv al invenției este de utilizare a informațiilor privind regimul de funcționare al receptoarelor consumatorului, respectiv a producției fotovoltaice, informații existente deja în istoria de funcționare a acestora, înlăturând astfel necesitatea utilizării dispozitivelor și tehnicilor de prognoză, precum și necesitatea utilizării în modelare a costurilor diferențiate pe paliere orare necesare formulării funcției obiectiv.

Având în vedere caracterul aleatoriu al regimurilor de funcționare a receptoarelor și al nivelelor puterii generate de sursele fotovoltaice, metoda propusă pentru managementul sarcinilor apelează la tehnici probabilistice pentru modelarea proceselor de evoluție în timp a sarcinilor și a puterilor orare generate din rețeaua de utilizare a consumatorului rezidențial. Astfel, aspectele inovative ale metodei propuse constau în modelarea regimurilor de funcționare a sarcinilor consumatorului și a puterii generate cu ajutorul proceselor probabilistice (stochastice), precum și modelarea lor, în fiecare unitate de timp, ca variabile aleatoare discrete. Modelarea cu ajutorul variabilelor aleatoare presupune identificarea explicită a nivelelor fiecărei sarcinii și a puterilor generate, respectiv a probabilitățile de apariție asociate fiecărui nivel.

Procesul stochastic asociat este discretizat pe paliere orare, astfel încât pentru fiecare oră în parte, pe baza istoriei de funcționare a receptoarelor și a puterii generate, se vor estima

variabilele aleatoare asociate sarcinilor și puterilor generate. De asemenea, pentru fiecare oră în parte, aceste variabile aleatoare vor fi însumate printr-un proces de convoluție, în scopul estimării variabilei putere netă disponibilă. Din analiza variabilei obținute se obțin informații despre: probabilitatea neacoperirii sarcinii, deficitul de energie electrică ce va fi consumată din rețea, respectiv excesul de energia electrică ce trebuie injectată în rețea.

În cele ce urmează, sunt prezentate etapele de aplicare a modelului probabilistic ce stă la baza coordonării funcționării sarcinilor consumatorului:

1. stabilirea, ca informații inițiale, a puterilor receptoarelor și a nivelului puterii instalate în sistemul fotovoltaic;
2. monitorizarea și achiziția datelor privind puterea și timpul de funcționare a fiecărui receptor, respectiv a puterii generate de sistemul fotovoltaic propriu, precum și stocarea datelor într-o bază de date;
3. discretizarea procesului de funcționare și derularea analizelor ulterioare pe paliere orare;
4. evaluarea și ponderarea probabilistică a puterilor orare cerute de fiecare receptor, astfel încât pentru fiecare oră să se stabilească probabilitățile asociate nivelurilor puterilor consumate de fiecare receptor în parte. Pentru stabilirea probabilităților asociate fiecărui nivel al sarcinii, trebuie luate în considerare informațiile regimurilor de funcționare a receptoarelor din datele disponibile în istoria de funcționare a receptorului. De asemenea, se vor considera corelațiile dintre regimurile de funcționare ale receptoarelor. Etapa se încheie cu determinarea probabilităților asociate nivelurilor de sarcină a fiecărui receptor;
5. evaluarea probabilistică a puterilor orare generate din sursele proprii în funcție de istoria indicatorilor de performanță existenți în baza de date. Pentru determinarea funcției de distribuție a puterii generate trebuie luat în considerare factorul timp ce influențează variabila putere generată;
6. însumarea orară a variabilelor asociate receptoarelor și a puterii generate printr-un proces de convoluție. Etapa se încheie cu determinarea, pentru fiecare oră, a unei variabile aleatoare a puterii nete disponibile, având un domeniu de apartenență atât pozitiv cât și negativ;
7. analiza variabilei obținute în domeniul negativ, calculându-se deficitul de energie care trebuie preluată din rețea, precum și în domeniul pozitiv, stabilind excesul de energie care trebuie injectată în rețea. Valorile energiilor schimbate cu rețeaua se estimează

prin însumarea, pentru fiecare unitate de timp, a tuturor valorilor puterilor nete ponderate cu probabilitățile asociate:

8. evaluarea importanței sarcinilor și a probabilităților atașate în mecanismul de schimb de energie cu rețeaua și stabilirea ponderilor fiecărui receptor, prin sarcinile orare, asupra schimbului de energie cu rețeaua;
9. stabilirea receptoarelor care prin însumare conduc la minimizarea diferenței dintre deficitul și excesul de energie;
10. repetarea etapelor pentru fiecare palier orar și generarea unui program de utilizare efectivă a receptoarelor prin evaluarea timpului de funcționare a fiecărui receptor.

Prin aplicarea metodei propuse, se obțin următoarele avantaje:

1. crește eficiența metodei de management al sarcinilor printr-un control atent al energiei schimbate cu rețeaua electrică;
2. eliminarea necesității utilizării unor sisteme de stocare a energiei pentru perioadele cu surplus de putere prin utilizarea modelării probabilistice a proceselor de funcționare a receptoarelor;
3. eliminarea necesității estimărilor și prognozelor pe termen scurt prin utilizarea informațiilor privind funcționarea receptoarelor existente deja în baza de date;
4. se reduc costurile de realizare a sistemelor de management al sarcinilor prin simplificarea sistemului și renunțarea la necesitatea unor sisteme suplimentare de senzori;
5. crește valoarea economică a energiei generate din sursele fotovoltaice prin maximizarea accesului la energia produsă local;
6. se reduc cheltuielile cu energia electrică a beneficiarului ca urmare a utilizării unor cantități mai mari din energia electrică produsă local și minimizarea consumului de energie din rețeaua electrică;
7. eficiența modelului conduce la posibilitatea implementării metodei în sisteme modulare de management al sarcinilor, realizate pe game de puteri și profile de sarcină tip.

Se dă în continuare, un exemplu de realizare a invenției, prin implementarea metodei propuse într-un sistem inteligent de management al sarcinii (SIMAS), realizat fizic dintr-o rețea de *module de comandă și monitorizare* interconectate la un *modulul central* inteligent, rețeaua activând în două planuri, și anume: în planul gestionării receptoarelor consumatorului, respectiv în cel al fluxului bidirecțional de informații.

În planul gestionării receptoarelor, modulele de comandă și monitorizare reprezintă interfețele distribuite dintre modulul central și receptoarele comandate, având rolul de monitorizare a fluxurilor de putere, precum și de execuție a deciziilor privind conectarea și deconectarea receptoarelor consumatorului. Modulul central inteligent are rolul de supraveghere a producției de putere din sistemul fotovoltaic al consumatorului.

În planul fluxului de informații, rețeaua formată din modulul central și modulele de comandă și monitorizare activează într-o rețea Wifi, transmisia bidirecțională de informații dintre modulul central (de tip master) și modulele de monitorizare și comandă (tip slave) fiind gestionate prin intermediul adreselor proprii de Internet Protocol (IP). Prin monitorizarea fluxurilor de putere ale receptoarelor, modulele de comandă și monitorizare transmit către modulul de control informații referitoare la puterile fiecărui receptor, intervalele de funcționare și energia consumată. Toate aceste informații referitoare la funcționarea receptoarelor, precum și informațiile privind puterea fotovoltaică monitorizată de modulul central sunt stocate permanent într-o bază de date. Totodată, principalul rol al modulului de comandă inteligent este de a derula, în cadrul unui software implementat în memoria acestuia, etapele metodei probabilistice propuse. Astfel, pe baza informațiilor din baza de date, clasificate pe paliere orare, modulul central execută operații de însumare probabilistică a variabilelor puterilor receptoarelor și a puterii generate, obținând o variabilă a puterii nete disponibile. Din analiza acestei variabile se estimează valorile medii ale energiilor injectate și consumate în și din rețeaua electrică. Prin minimizarea diferenței dintre cele două mărimi, se stabilește programul de funcționare a fiecărui receptor. În funcție de acest program de funcționare, modulul central transmite, către modulele de comandă și monitorizare, decizia conectării sau deconectării receptorului alimentat. Arhitectura wireless a sistemului asigură transferul fluxului de informații prin rețeaua Wifi, asigură astfel o instalare ușoară a sistemului și permite totodată coordonarea unui număr mare de receptoare. Un exemplu de monitorizare și stocarea a datelor în timp real de către sistemul SIMAS se regăsesc pe pagina web www.simas.tuiasi.ro.



- REVENDICĂRI -

1. Metoda pentru managementul receptoarelor consumatorilor rezidențiali bazată pe relocarea parțială sau totală a funcționării în timp a receptoarelor, **caracterizată prin aceea că** valorile orare ale sarcinilor receptoarelor și ale puterii fotovoltaice generate sunt modelate ca variabile aleatoare discrete, caracterizate prin nivele de putere și probabilitățile asociate, variabile calculate pe baza istoriei de funcționare a receptoarelor și a surselor fotovoltaice.
2. Metoda pentru managementul receptoarelor consumatorilor rezidențiali conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** programul de relocare a funcționării receptoarelor este stabilit pe baza minimizării diferenței dintre valorile energiilor schimbate cu rețeaua electrică, aceste energii fiind calculate ca media ponderată a tuturor nivelelor puterilor variabilei aleatoare obținute prin convoluția variabilelor aleatoare din revendicarea 1.