



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00577

(22) Data de depozit: 18/08/2017

(41) Data publicării cererii:
30/03/2018 BOPI nr. 3/2018

(71) Solicitant:
• CONTROL ENGINEERING & ENERGY
S.R.L., SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR. 313,
SALA CET 001, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO

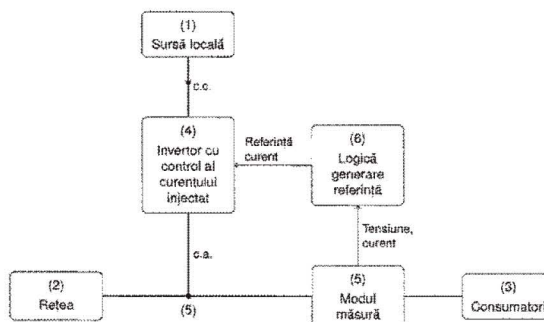
(72) Inventatori:
• PETRESCU CĂTĂLIN DUMITRU,
STR. AROMEI NR.3, BL.L3, SC.1, AP.32,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• ȚICLEA ALEXANDRU, STR. BALTAGULUI
NR. 5, BL. V81, SC. 1, ET. 3, AP. 11,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• POPESCU DUMITRU,
STR. ARIEȘUL MARE NR.3, BL.110, SC.F,
ET.2, AP.84, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO

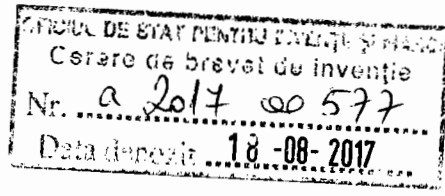
(54) PROCEDEU DE OPERARE A UNEI SURSE LOCALE
DE ENERGIE ELECTRICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de operare a unei surse (1) locale de energie electrică, conectată la o derivație a unei rețele (2) electrice în care este prezent cel puțin un consumator (3) local. Procedeu conform invenției urmărește folosirea cu prioritate a sursei (1) locale față de rețeaua (2) electrică, pentru asigurarea nevoilor de consum ale consumatorilor (3), și cuprinde următorii pași: se determină caracteristicile de consum ale consumatorilor (3), exprimate în termenii armonicilor curentului absorbit, se stabilește, pe baza unei logici care ține seama de caracteristicile sursei (1) și ale unui invertor (4) conectat la sursă (1), cât și la rețeaua (2) electrică, ce componente ale acestui consum pot fi suportate local, și se injectează curent într-un nod de conexiune (5), conform componentelor stabilite la pasul anterior, degrevând astfel rețeaua (1) electrică de furnizarea unei părți din puterea activă, reactivă și deformantă solicitată de consumatori (3).

Revendicări: 3
Figuri: 1





Descrierea invenției

Invenția se referă la un **procedeu de operare a unei surse locale de energie electrică** ce posedă față de consumatorii locali un rol de sursă secundară, în sensul că în general nu are caracter permanent astfel încât să poată asigura necondiționat nevoile de consum local în orice moment, fiind nevoie de existența în paralel a unei surse primare (rețeaua electrică) care să poată prelua integral consumul atunci când este nevoie. Un exemplu reprezentativ de scenariu de acest fel este cel în care sursa locală este reprezentată de o capacitate de producție de energie din surse regenerabile cu caracter sezonier, cum ar fi energia eoliană, fotovoltaică etc.

În prezent, soluția tipică de integrare a unei surse locale pe lângă rețeaua electrică utilizează ceea ce se numește un *invertor conectat la rețea*. Procedeu standard de operare a ansamblului sursă-invertor presupune sincronizarea cu rețeaua și injectarea în punctul de conexiune a întregii puteri active disponibile, în ipoteza că aceasta va fi absorbită pe de o parte de eventualii consumatori locali și pe de altă parte de rețea.

În cazul particular în care sursa secundară este constituită din panouri fotovoltaice, cererea de brevet **DE10201221939A1** descrie o versiune modificată a procedurii standard, în care se efectuează limitarea puterii active injectate în rețeaua electrică. Acest procedeu este, ca și cel standard, axat exclusiv pe interacțiunea cu rețeaua electrică și nu pe interacțiunea cu eventualii consumatori local. Din această perspectivă, principalul dezavantaj al procedurii standard rezidă în ignorarea oportunității oferite de ansamblul sursă-invertor de a compensa local nu numai consumul activ, dar și consumul reactiv și deformant, ceea ce poate conduce la îmbunătățirea calității consumului din rețeaua electrică și contribui astfel la creșterea eficienței energetice.

Pe de altă parte, există implementate soluții prin care un invertor conectat la rețea poate să furnizeze sau să absoarbă la cerere putere reactivă din rețeaua electrică, un exemplu de astfel de invertor conectat la o sursă fotovoltaică fiind descris în brevetul **US 8907615 B2**, dar procedeu de operare este în continuare conceput din perspectiva rețelei, cu ignorarea consumatorilor locali.

Problema pe care o rezolvă invenția se referă la operarea sursei locale cu obiectiv principal deservirea nevoilor de consum activ, reactiv și deformant ale consumatorilor locali, cu aport din rețeaua electrică doar în caz de nevoie; generarea de putere activă suplimentară care să fie absorbită de către rețea reprezintă în acest caz un obiectiv secundar.

Concret, procedeu de operare a sursei locale constă în injectarea de curent în nodul de conexiune în conformitate cu componentele armonice semnificative ale curentului instantaneu absorbit de către consumatorii locali.

Avantajele invenției față de stadiul tehnicii sunt următoarele:

1. îmbunătățirea calității consumului din rețeaua electrică;
2. creșterea eficienței în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor locali;

3. asigurarea compensării în mod permanent a consumului deformant, chiar și atunci când sursa locală nu generează energie electrică.

Prezentăm în continuare un exemplu de realizare a invenției, cu referire la Figura 1, în care:

- (1) – sursă locală de energie electrică; se presupune că generează curent continuu;
- (2) – rețea electrică, se presupune că furnizează curent alternativ;
- (3) – consumatori locali;
- (4) – inverter cu modul de control al curentului debitat la ieșire; se presupune că un regulator adecvat ce poate realiza urmărirea exactă de referințe ce sunt combinații liniare de sinusoidale cu pulsații cunoscute este construit prin tehnici specifice teoriei controlului automat;
- (5) – modul de măsură a valorilor instantanee de tensiune și curent la bornele consumatorilor;
- (6) – logică de generare a referinței de curent pentru inverter, implementată cu ajutorul unui echipament de calcul numeric și descrisă în detaliu în cele ce urmează, reprezintă nucleul invenției.

Conform invenției, modalitatea de generare a referinței de curent pentru inverterul conectat la rețea folosește pe de o parte informații în ceea ce privește puterea pe care o poate debita sursa locală și, ca element de noutate, informații în ceea ce privește consumul local, în speță tensiunea de alimentare și curentul absorbit de către consumatori, ambele ca valori instantanee.

În particular, pentru obținerea de informații precise referitoare la componentele armonice ale curentului, este folosit următorul procedeu de achiziție a datelor:

- semnalul furnizat de către traductorul de tensiune este preluat de către un modul PLL care generează prin multiplicare de frecvență semnalul F_e care va fi utilizat ca bază de timp pentru eșantionarea semnalelor achiziționate; Frecvența semnalului F_e este de N ori mai mare decât cea a tensiunii rețelei electrice, unde N este în mod ideal o putere a lui 2 și corespunde numărului de eșantioane pe care va fi realizată analiza semnalelor achiziționate;
- procesul de eșantionare este sincronizat cu forma de undă a tensiunii din rețea, în sensul că pentru fiecare bloc de N eșantioane achiziționate, trecerile prin zero ale tensiunii sunt localizate la nivelul eșantioanelor de indecși $0, \frac{N}{2} - 1$, respectiv $N - 1$.

Informația referitoare la tensiune și curent este prelucrată pe blocuri a câte N eșantioane memorate de-a lungul unei perioade a tensiunii rețelei și stocate în două „buffere”; prelucrarea are loc pe perioada imediat următoare a tensiunii rețelei, înainte ca noile blocuri de măsurători să fie disponibile.

Următoarele prelucrări sunt efectuate în acest interval:

1. Pe baza eşantioanelor tensiunii rețelei se calculează valoarea eficace U_{ef} a acestei tensiuni și mai departe folosind valoarea puterii disponibile la ieșirea sursei locale P_{loc} se determină valoarea maximă pe care o poate avea amplitudinea componentei active a fundamentalei curentului injectat în nodul de conexiune:

$$I_{lim} = \sqrt{2} \frac{P_{loc}}{U_{ef}}.$$

În cazul în care este activă opțiunea de injectare a energiei excedentare în rețeaua electrică, dar este impusă o limită P_{lim_retea} a puterii active ce poate fi absorbită de către rețea, se calculează de asemenea amplitudinea maximă a curentului ce poate fi injectat în rețea în fază cu tensiunea acesteia:

$$I_{lim_retea} = \sqrt{2} \frac{P_{lim_retea}}{U_{ef}}.$$

2. Se aplică Transformarea Fourier Discretă eşantioanelor curentului absorbit de către consumatori în vederea obținerii amplitudinii componentelor armonice ale acestuia (până la armonica de ordin $\frac{N}{2}$). Fiecare componentă I_k este descrisă de două valori numerice I_{p_k} respectiv I_{q_k} care corespund amplitudinii a două semnale sinusoidale în cuadratură, astfel:

$$I_k(t) = I_{p_k} \sin(2\pi k f_{retea} t) + I_{q_k} \cos(2\pi k f_{retea} t), \text{ pentru } k = 1 \dots \frac{N}{2}.$$

3. În cazul componentei fundamentale, I_{p_1} este în fază cu tensiunea rețelei fiind responsabil de componenta activă a puterii consumate iar I_{q_1} fiind defazat cu 90° este responsabil de componenta reactivă a acestei puteri. Amplitudinea I_{p_1} este comparată cu valoarea I_{lim} de mai sus pentru a determina valoarea maximă a acestei componente în referința de curent a inverterului, astfel:

$$(I_{p_1})_{max} = \min\{I_{lim}, I_{lim_retea}\}$$

sau în cazul în care se poate injecta energie în rețeaua electrică,

$$(I_{p_1})_{max} = \min\{I_{lim}, I_{lim_retea} + I_{p_1}\}.$$

Valoarea $(I_{p_1})_{max}$ este utilizată pentru a genera un vector cu N eşantioane, anume $(I_{activ})_n = (I_{p_1})_{max} \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$, $n = 1 \dots N-1$, corespunzătoare unei perioade a curentului I_{activ} injectat.

4. Amplitudinea componentei reactive I_{q_1} precum și a primelor A componente armonice (I_{p_k}, I_{q_k}) $k = 2 \dots A$, ce vor fi compensate sunt ponderate cu constante pozitive subunitare în ordine descrescătoare a priorității în compensarea componentelor și apoi folosite pentru a genera N

eșantioane corespunzătoare unei perioade a curentului de compensare

$$(I_{comp})_n = (Iq_1)_{\max} \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + \sum_{k=2}^A \left[I\rho_k \sin\left(\frac{2\pi k n}{N}\right) + Iq_k \cos\left(\frac{2\pi k n}{N}\right) \right].$$

Ponderile sunt alese astfel încât după adunarea vectorului I_{comp} cu vectorul I_{activ} să nu rezulte un curent ce depășește curentul maxim ce poate fi generat de inverter.

5. Eșantioanele rezultate în urma adunării vectorilor I_{activ} și I_{comp} sunt extrase succesiv în mod sincron cu perioada de eșantionare utilizată și trimise către regulatorul de curent al inverterului, în paralel cu reluarea pașilor 1-4.

Procedeul descris mai sus prezintă un potențial important de a fi implementat și produs industrial, având în vedere interesul manifestat în prezent pentru utilizarea cu prioritate de energie provenită din surse regenerabile, precum și pentru îmbunătățirea eficienței energetice în general, un aspect important în acest scop fiind îmbunătățirea calității consumului prin minimizarea consumului reactiv și deformant. Procedeul poate fi proiectat și utilizat pe o gamă largă de puteri, cu diverse surse de energie regenerabilă și pentru diverse tipuri de sarcină. Poate fi folosit atât în mediu industrial, cât și la nivel rezidențial, de unități de comerț, mici întreprinzători etc., și în general oriunde există posibilitatea instalării unei surse locale de energie electrică (în mod tipic energie fotovoltaică și/sau eoliană, dar nelimitat la acestea).

Revendicări

1. Procedeu de operare a unei surse locale de energie electrică (1) conectată la o derivație a unei rețele electrice (2) în care este prezent un consumator local (3), în scopul folosirii cu prioritate a sursei locale și compensării componentelor reactive și armonice a consumului local. Procedeu este caracterizat prin aceea că generează o referință către regulatorul de current al inverterului (4) conform următoarelor etape:
 - Se măsoară curentul consumat și se descompune în serie Fourier;
 - Pentru componenta activă a consumului se generează o referință sinusoidală în fază cu tensiunea rețelei astfel încât puterea rezultată să nu depășească consumul local cu mai mult de o valoare prestabilită (P_{lim_retea}) și nici puterea disponibilă din sursa locală;
 - Pentru componentele reactivă și armonice se generează o referință formată dintr-o sumă de sinusoidale cu frecvențele și fazele corespunzătoare acestor componente și amplitudinile alese astfel încât să nu rezulte un curent care să depășească valoarea maximă pe care o poate furniza inverterul.
2. Procedeu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că amplitudinea componentei active a curentului generat de inverter este aleasă ca minimul dintre curentul absorbit de consumator plus curentul maxim injectabil în rețea și curentul care poate fi asigurat de sursa locală;
3. Procedeu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că amplitudinea componentelor reactivă și armonice ale curentului generat de inverter sunt alese astfel încât suma ponderată a acestora adunată cu componenta activă să nu depășească capacitatea inverterului.

Figuri

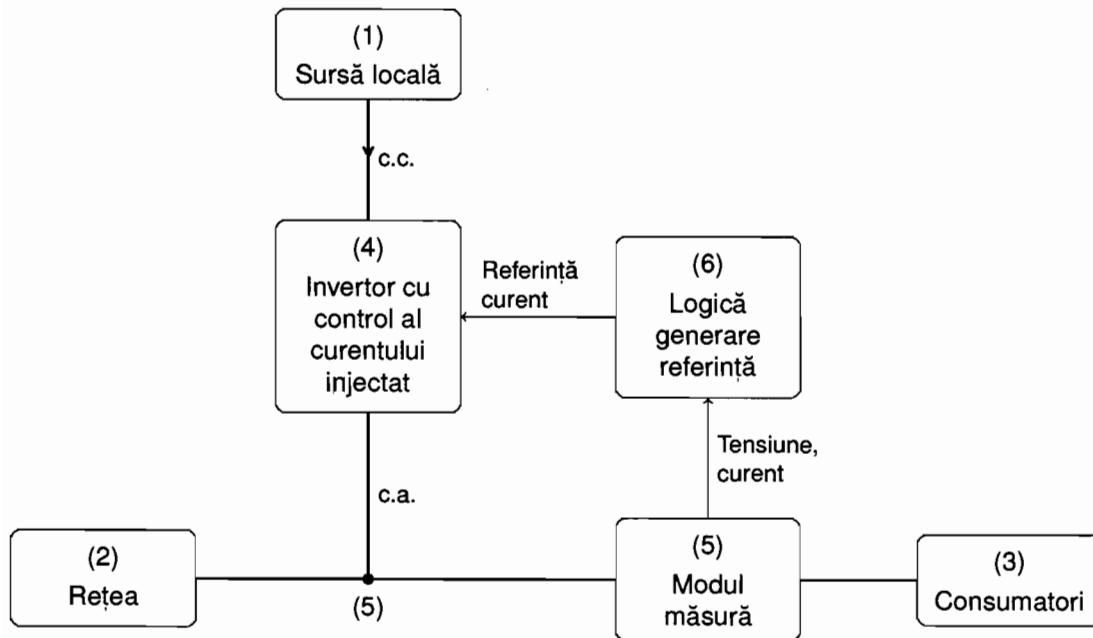


Figura 1. Schema de principiu a invenției.