



(11) **RO 127599 B1**

(51) Int.Cl.

**G01R 21/133** <sup>(2006.01)</sup>,

**G01R 19/25** <sup>(2006.01)</sup>,

**G06F 19/00** <sup>(2006.01)</sup>

(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 01185**

(22) Data de depozit: **25/11/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/12/ 2015** BOPI nr. **12/2015**

(41) Data publicării cererii:  
**29/06/2012** BOPI nr. **6/2012**

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA,**  
*STR.ALEXANDRU IOAN CUZA NR.13,*  
*CRAIOVA, DJ, RO*

(72) Inventatori:  
• **NICOLAE T. PETRE-MARIAN,**  
*STR.FILIP LAZĂR NR.4, BL.F 5, SC.1, AP.7,*  
*CRAIOVA, DJ, RO;*

• **MANDACHE N. LUCIAN,** *STR.ARTĂRULUI*  
*NR.9, BL.M 29, AP.9, CRAIOVA, DJ, RO;*  
• **NICOLAE V.D. ILEANA-DIANA,**  
*STR.FILIP LAZĂR NR.4, BL.F 5, SC.1, AP.7,*  
*CRAIOVA, DJ, RO*

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 20030125890 A1; RO 109987 B1;**  
**RO 116750 B1; US 20060212238 A1**

(54) **SISTEM DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOZĂ ÎN ENERGETICĂ**



# RO 127599 B1

1           Invenția se referă la un sistem de monitorizare și diagnoză în energetică, destinat rețelelor trifazate simetrice și/sau nesimetrice, cu sarcini puternic deformante.

3           Sunt cunoscute și alte sisteme de monitorizare și diagnoză, care prezintă dezavantajul că nu oferă detalii legate de erorile de determinare/măsurare primară a diverselor mărimi ce

5           intră în componența indicatorilor de calitate ai energiei electrice, nu oferă detalii legate de compensarea regimurilor nesinusoidale în afară de încadrarea în anumite standarde, pe baza unui

7           criteriu legat de un indicator de calitate care se referă la nedepășirea unei valori impuse pentru distorsiunea armonică totală a curenților (de exemplu, Standardul IEEE 519/1992). Nu sunt

9           luate în considerare aspecte legate de puteri și de circulația de puteri pe armonica fundamentală și pe armonici superioare. În aplicațiile ingineresti, analizele armonice ale mărimilor periodice, bazate pe descompunerea în serii Fourier, conform standardelor actuale la nivel european și mondial, limitează numărul de armonici reprezentative la 40 (conform standardului european

11           EN 50160) sau 50 (conform standardului IEEE 519/1992). Niciunul dintre aceste standarde nu precizează însă un criteriu după care armonicile tensiunilor periodice sau curenților periodici

13           sunt selectate pentru a fi luate în considerare. Programele de descompunere armonică impun din start un unic criteriu de limitare a numărului de armonici. De asemenea, Standardul IEC 61000-4-30 nu oferă detalii legate de limitarea numărului de armonici pe baza unui criteriu clar. Aceasta din cauză că, în toate cazurile, s-a ținut cont doar de eventuala influențare a zgomotului

15           audibil și de corelarea cu frecvențele de comutație de la componentele convertoarelor statice de putere (de exemplu PE 143-94 intitulat „*Normativ privind limitarea regimului deformant și nesimetric în rețelele electrice de distribuție*”, reînnoit în 2008, în România limitează numărul de armonici până la ordinul 25 - neținând seama de comutația tiristoarelor care se produce în

17           gama armonicilor de ordin 21...23). Nu sunt specificate niciun fel de referințe legate de selecția armonicilor după un criteriu de eroare față de armonica fundamentală sau legat de frecvența de eșantionare a semnalelor analizate. De asemenea, la analiza cu transformata Fourier (inclusiv cu FFT - Fast Fourier Transform), nu este menționat un criteriu după care numărul de

19           armonici se plafonează la o anumită valoare. Anumite sisteme de achiziții industriale permit descompunerea în armonici până la o valoare multiplu de  $2^n$  (de exemplu, se consideră un număr de 128 armonici pentru anumite sisteme de achiziții de date industriale), fără o justificare clară a acestei alegeri. Descompunerea într-un număr de armonici trebuie să țină cont de frecvența de eșantionare utilizată în cazul înregistrărilor efectuate. Conform criteriului lui Nyquist, acest număr nu poate depăși, fără interpolări, jumătate din frecvența de eșantionare. Dacă se

21           utilizează interpolări cu funcții speciale (de exemplu: funcții spline, polinoame cubice), nu se poate depăși numărul dublu al frecvenței considerate la descompunerea armonică (de exemplu: cu transformata Fourier rapidă), ceea ce echivalează de fapt cu frecvența de eșantionare utilizată la înregistrarea semnalelor. Totodată, nu este specificat, în multe situații din practica inginerescă, timpul de calcul la descompunerea cu calculatorul într-un număr de armonici

23           selectate. Cu cât numărul de armonici este mai mare, cu atât va crește și timpul de calcul. În funcție de utilizări (de exemplu: a) pentru măsurarea unor mărimi periodice stabilizate; b) pentru determinarea unor parametri de calitate ai puterii/energiei pentru formele de undă periodice stabilizate; c) pentru determinarea unor cantități de putere în vederea monitorizării sau taxării consumatorilor), este posibil ca acest inconvenient legat de timpul de prelucrare numerică să nu afecteze măsurătorile efectuate. Dacă se dorește compensarea în timp real a sarcinilor trifazate, timpul de calcul prea mare poate fi un impediment în compensarea dinamică a sarcinilor trifazate nesinusoidale și/sau dezechilibrate. De asemenea, monitorizarea și diagnoza realizate până în prezent nu conțin date referitoare la circulația de puteri active și reactive, pentru a ușura interpretarea facilă a datelor monitorizate, neoferind în acest mod soluții de compensare în timp real la sarcini perturbatoare din sistemul energetic. Mai mult, în urma

# RO 127599 B1

cercetărilor efectuate, s-a observat că utilizarea unui set de indicatori de calitate ai energiei electrice, corelați cu o analiză detaliată a circulației de puteri (care nu este prezentă decât cel mult în câteva lucrări științifice, fără aplicații concrete practice), inclusiv pe armonici superioare în rețele monofazate sau trifazate, permite diagnoza în timp real și oferă posibilitatea unei compensări complete de sarcină la consumatori importanți din sistem. Acest lucru se impune cu necesitate, mai ales, la sarcinile trifazate nesinusoidale și/sau dezechilibrate de putere mare, deoarece efectele asupra consumurilor energetice devin însemnate și pot influența chiar funcționarea sistemului energetic.

Există o serie de invenții brevetate la ora actuală, atât la nivel național, cât și internațional, de exemplu **US 2006/0212238 A1**, care abordează doar anumite aspecte ale calității puterii, bazate doar pe indicii de calitate ai formelor de undă. Nu sunt făcute referiri la puteri și circulația de puteri pe armonica fundamentală și pe armonici superioare. În plus, înregistrarea datelor cu sisteme de achiziții de date face puține referiri la modalitatea de achiziționare și înregistrare a datelor, nefiind folosite sisteme de achiziție de date dedicate. În aceste invenții nu sunt făcute precizări privind diagnoza finală pe care o poate decide un operator uman și nici programe avansate de prelucrare a datelor, care să impună criteriile de selecție a armonicilor tensiunii și curentului, indici de calitate care trebuie considerați, și cum trebuie cuantificate mărimile de natură electrică prin programe software dedicate de prelucrare și de stabilire a unei metode de monitorizare și/sau diagnoză.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în compensarea erorilor care apar în măsurătorile din domeniul energiei, erori datorate imperfecțiunilor constructive sau funcționale ale senzorilor de măsură și ale sistemelor de achiziții de date.

Sistemul de monitorizare și diagnoză în energetică, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că este constituit din:

- niște traductoare de măsură de tensiune și de curent, incluse într-un bloc de adaptare semnale electrice, care preiau date de la un punct de măsurare parametri energetici și transmit semnalele de tensiune și curent determinate la o placă de achiziție de date care înregistrează și memorează datele într-un mediu de memorie electronică sub forma unor fișiere cu semnale discrete care, împreună cu parametrii specificați de operator prin intermediul unei interfețe, constituie date de intrare pentru un modul de calcul al frecvenței fundamentale care este transmisă, prin intermediul unui modul de condiționare a semnalelor prin filtrare numerică, către un modul de analiză a transformatei Fourier discretă,

- un modul de recompunere a componentelor armonice bazat pe superpoziția acestora, rezultatul obținut fiind comparat cu semnalele originale înregistrate,

- un modul de comparare, ce determină erorile și validează rezultatele;

- un modul de determinare a componentelor spectrale ale puterilor;

- un alt mediu de memorie electronică în care sunt stocate datele de ieșire sub forma unor fișiere text și reprezentări grafice, și

- un bloc de diagnoză și decizie, care oferă operatorului informații referitoare la parametrii de calitate rezultați, la încadrarea sau nu în anumite standarde și la posibilitatea realizării unei compensări complete de sarcină.

Avantajele invenției sunt următoarele:

- oferă flexibilitate privind interconectarea cu diverse sisteme de achiziții de date, inclusiv cu analizoare de calitate industriale, destinate înregistrării evenimentelor;

- permite crearea de arhive compacte cu rezultate ale analizelor efectuate, care pot fi vizualizate independent de programul care le-a creat;

# RO 127599 B1

1 - funcționarea programului aferent sistemului de monitorizare și diagnoză în energetică  
se bazează pe principii care îi conferă calități suplimentare în raport cu programe similare: flexi-  
3 bilitate în alegerea parametrilor analizei prin care să se poată modifica criteriul după care se pot  
lua în considerare armonicile reprezentative, determinarea și afișarea fazelor inițiale ale compo-  
5 nentelor spectrale;

- accesul la rezultatele obținute este facil. Acestea se prezintă sub formă de text com-  
7 pletat cu anexe sub formă de reprezentări grafice. Ele sunt indexate și stocate într-o memorie  
electronică și pot fi citite cu programe de largă circulație;

9 - sistemul conform invenției permite identificarea sensurilor de circulație ale compo-  
nentelor spectrale ale puterilor;

11 - compensează, prin prelucrare numerică, unele imperfecțiuni constructive sau func-  
ționale ale senzorilor de măsură și sistemelor de achiziții de date de la care sunt prelevate sem-  
13 nalele de măsurare (neliniarități, valori reziduale);

- furnizează informații complete pentru regimuri puternic deformante, care permit  
15 alegerea soluțiilor optime de compensare a puterilor (reactive, deformante, în general neactive  
pe armonica fundamentală).

17 Se dau, în continuare, două exemple de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1-33,  
care reprezintă:

19 - fig. 1, schema bloc simplificată a sistemului de monitorizare și diagnoză în energetică,  
conform invenției;

21 - fig. 2, schema detaliată a sistemului de monitorizare și diagnoză în energetică, conform  
invenției;

23 - fig. 3, traductoarele de curent tip HOP 1500;

- fig. 4, bloc adaptare semnale electrice;

25 - fig. 5, sistem de achiziții de date cu 8 canale pentru înregistrări;

- fig. 6, sistem de achiziții de date și bloc de adaptare semnale electrice;

27 - fig. 7, ecranul principal al aplicației pentru situația în care achiziția este oprită;

- fig. 8, ecranul principal al aplicației pentru situația în care achiziția este pornită;

29 - fig. 9, lanțul de măsurare, achiziție și stocare a datelor primite, conform primului  
exemplu de realizare;

31 - fig. 10, selectarea fișierului de test, conform primului exemplu de realizare;

33 - fig. 11, interfața grafică interactivă cu mărimile de intrare și parametrii analizei, conform  
primului exemplu de realizare;

35 - fig. 12, spectrele armonice ale tensiunilor și curenților, conform primului exemplu de  
realizare;

37 - fig. 13, spectrele armonice ale puterilor active și reactive, conform primului exemplu  
de realizare;

39 - fig. 14, reprezentarea fazorială a componentelor fundamentale ale tensiunilor trifazate  
de fază și a curenților trifazați, conform primului exemplu de realizare;

41 - fig. 15, bara de progres pentru recompunerea semnalelor din semnalele selectate la  
descompunere, conform primului exemplu de realizare;

43 - fig. 16, compararea mărimilor reconstruite cu cele originale, conform primului exemplu  
de realizare;

- fig. 17, afișarea rezultatelor sub formă de text, conform primului exemplu de realizare;

45 - fig. 18, fereastra de dialog pentru alegerea figurilor, conform primului exemplu de  
realizare;

47 - fig. 19, schema electrică utilizată în standul de încercări cu filtru activ, conform celui  
de-al doilea exemplu de realizare;

# RO 127599 B1

- fig. 20, formele de undă pentru tensiuni și curenți ale semnalelor analizate pentru un interval de 3s, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 1
  - fig. 21, spectrul armonic al tensiunilor și curenților, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 3
  - fig. 22, spectrele armonice ale puterilor activă și reactivă, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 5
  - fig. 23, calitatea descompunerii armonice, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 7
  - fig. 24, reprezentarea fazorială a componentelor fundamentale ale tensiunilor și curenților și defazajele dintre armonicile omoloage de tensiune și curent, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 9
  - fig. 25, formele de undă pentru tensiuni și curenți ale semnalelor analizate, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 11
  - fig. 26, spectrele armonice ale tensiunilor și curenților înregistrați, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 13
  - fig. 27, spectrele armonice ale puterilor activă și reactivă, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 15
  - fig. 28, calitatea descompunerii armonice pentru tensiuni și curenți, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 17
  - fig. 29, reprezentarea fazorială a componentelor fundamentale ale tensiunilor și curenților și defazajele dintre armonicile omoloage, conform celui de-al doilea exemplu de realizare; 19
  - fig. 30, schema bloc a sistemului de monitorizare și diagnoză în energetică, conform invenției; 21
  - fig. 31, interfața pentru specificarea parametrilor analizei - exemplu; 23
  - fig. 32, compararea semnalelor recombuse din spectrul armonic cu semnalele originale - exemplu; 25
  - fig. 33, componentele spectrale ale puterilor și sensurile lor de circulație - exemplu. 27
- Sistemul de monitorizare și diagnoză în energetică, conform invenției, are schema bloc simplificată, prezentată în fig. 1. 29
- O schemă desfășurată, cu întregul lanț de realizare a modului în care are loc efectiv monitorizarea și diagnoza în energetică, pe baza sistemului conform sistemului de monitorizare și diagnoză propus, este dată în fig. 2. 31
- În fig. 2, punctul de măsurare a parametrilor energetici din care se fac înregistrările poate fi fie o stație **SD MJ/JT** de distribuție a energiei electrice de medie tensiune (MT) sau de joasă tensiune (JT), fie poate fi primarul sau secundarul unui transformator aflat la MT sau JT, fie poate fi circuitul de alimentare al unui consumator monofazat sau trifazat echilibrat/ dezechilibrat și/sau deformant. Datele sunt preluate pentru tensiuni - fie direct, fie prin intermediul unor transformatoare (reductoare) de tensiune (în funcție de nivelul tensiunii înregistrate). Dacă tensiunile au valori standardizate (de cel mult 100 Vc.a.) preluarea tensiunilor se face direct; dacă în schimb valorile sunt mai mari, preluarea tensiunilor se va face din secundarul transformatoarelor (reductoarelor) de tensiune (cu tensiuni standardizate de 100 Vc.a.). Datele înregistrate pentru curenți sunt preluate din secundarul transformatoarelor de măsură (cu curenți standardizați de 5 Ac.a.) sau se pot prelua în interiorul lanțului de achiziție ale blocului **BA** de adaptare pentru curenți din cadrul blocului **TM** ce conține traductoarele de măsură din fig. 1. 33
- În cazul invenției de față, s-au folosit adaptoare pentru curenți în care traductoarele utilizate pentru achiziția curentului sunt de tip HOP1500 și sunt produse de LEM - fig. 3. Câteva caracteristici ale traductoarelor tip HOP1500: curentul nominal în primar:  $I_{PN}=1500$  A; domeniul 35
- 37
- 39
- 41
- 43
- 45
- 47

# RO 127599 B1

1 de măsură pentru curentul primar:  $I_p = \pm 3000$  A; valoarea tensiunii la ieșirea analogică la  $I_{PN} \cdot V_{out} =$   
2  $\pm 4$  V; tensiunea de alimentare: V c.c. =  $\pm(12 \dots 15)$  V; precizie (la  $I_{PN}$ ,  $\pm 12 \dots 15$  V ( $\pm 5\%$ )  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ):  
3  $X < \pm 2\%$ ; eroarea liniară:  $\epsilon_L < \pm 1\%$ ; timp de răspuns:  $t_R < 10$   $\mu\text{s}$ ;  $di/dt = 50$  A/ $\mu\text{s}$ ; banda de frecvență  
4 (-1dB):  $f = \text{DC} \dots 10$  kHz.

5 Transformatoarele (reductoarele sau traductoarele) pentru tensiuni și curenți sunt ampla-  
6 sate într-un bloc pentru adaptarea semnalelor electrice - fig. 4. Ele constituie mărimile de intrare  
7 pentru blocul **BA** de adaptare a semnalelor electrice și pentru circuitele de condiționare a  
8 semnalelor care sunt incluse în blocul **BA** de adaptare a semnalelor electrice.

9 Condiționarea semnalelor are la bază traductoare LEM de curent și de tensiune, iar  
10 pentru a-i conferi sistemului un maxim de flexibilitate, blocul de condiționare semnale a fost  
11 conceput și realizat ca și echipament de sine stătător în cadrul blocului **BA** de adaptare  
12 semnale electrice. Pentru a aduce valorile tensiunilor și curenților într-un domeniu măsurabil de  
13 către unitatea de achiziție și procesare a datelor, sunt utilizate în cadrul blocului **BA** de adaptare  
14 semnale electrice traductoare de tensiune și de curent - care vor furniza mărimile de ieșire sau  
15 echivalent mărimile de intrare pentru sistemul de achiziții de date ale blocului **BA** de adaptare  
16 a semnalelor electrice din fig. 4. Astfel, în blocul de intrare din cadrul blocului **BA** de adaptare  
17 semnale electrice, pentru realizarea achiziției datelor, pentru cele patru tensiuni, s-au folosit  
18 traductoare de tensiune de tip LV25P, pentru a aduce valoarea tensiunilor într-un domeniu  
19 măsurabil de către unitatea de procesare. Pentru fiecare dintre cei patru curenți de intrare, se  
20 folosește câte un traductor de curent tip LA55P. La trecerea curentului prin traductorul de  
21 curent, sunt culese valorile căderilor de tensiune pe rezistența internă a traductorului, care este  
22 dimensionată în așa fel încât să se obțină tensiuni măsurabile de către unitatea de procesare.  
23 În acest punct, există o ecranare între partea de forță și cea logică. În acest fel, la ieșirea din  
24 blocul de intrare, vom avea 8 tensiuni măsurabile, 4 corespunzătoare tensiunilor ce se doresc  
25 a fi măsurate și 4 corespunzătoare curenților ce se doresc a fi mășurați. Întrucât la ieșirea  
26 traductoarelor de curent tip LA55P, unitatea de procesare nu poate să lucreze cu valori  
27 negative, s-a realizat o deplasare în nivel, pentru a obține numai valori pozitive, acesta fiind rolul  
28 blocului de interfață. În blocul de interfață, există câte o protecție pentru fiecare tensiune care  
29 intră, pentru a nu risca supratensiuni pe circuitul de deplasare în nivel. Dispozitivul de deplasare  
30 în nivel este un circuit dedicat, construit în jurul unui amplificator operațional LM741. La ieșirea  
31 traductoarelor de curent, se obține o tensiune de  $\pm 4$  V, în funcție de amplitudinea curentului  
32 măsurat. Din acest motiv, a fost necesară realizarea unui bloc de adaptare a semnalului - un  
33 amplificator cu factorul de amplificare de 2.5, care face să se obțină la intrare în placa de  
34 achiziție a unor imagini în tensiune pentru curenți și tensiuni, imagini al căror domeniu de valori  
35 să nu depășească intervalul [-10 V; +10 V] pentru toate canalele utilizate. În acest mod, la  
36 intrarea în blocul **BA** de adaptare semnale electrice, vom avea 4 tensiuni și patru curenți din  
37 conexiunea cu punctul de măsurare, iar la ieșirea blocului **BA** de adaptare semnale electrice,  
38 vom avea 8 imagini în tensiune pentru curenți, corespunzător celor 4 curenți de intrare, și  
39 tensiuni, corespunzător celor 4 tensiuni de intrare, imagini al căror domeniu de valori să nu  
40 depășească intervalul [-10 V; +10 V] pentru toate canalele utilizate la intrarea în sistemul **SAD**  
41 de achiziții de date.

42 Sistemul **SAD** de achiziție a datelor din fig. 5 este structurat ca un sistem distribuit de  
43 achiziție a datelor. Sistemul este prevăzut cu 8 intrări, patru pentru tensiuni și patru pentru  
44 curenți - mărimi provenite de la blocul **BA** de adaptare pentru semnalele electrice. Procesul de  
45 achiziție a datelor presupune comanda de conversie analog-numerică, succesiv, pe fiecare  
canal de intrare analogic din cele 8 intrări.

# RO 127599 B1

Unitatea centrală este de tipul PFM-620S rev. B. Câteva dintre caracteristicile plăcii PC-104: procesor Intel ULV Celeron 400/500 MHz; suportă până la 512 MB SDRAM; rețea 10/100 Base-Tx Fast Ethernet; suportă monitor LCD; dispune de 2 porturi USB 1.1, 1 port paralel, 2 porturi seriale și un port IrDA; soclu de tip PC/104+; Watchdog Timer 1-255 sec. 1  
3

Placa de achiziții de date este una rapidă, având până la 19,2 kHz rata de eșantionare. Placa utilizată, tip AX10410A, este proiectată special pentru a fi conectată cu calculatoare compatibile IBM PC/AT. Câteva dintre caracteristicile importante ale plăcii de achiziții de date: tensiune de alimentare +12 Vcc/120 mA, -12 Vcc/20 mA, +5 V/600 mA; interfață de tip PC104; achiziție analog/numerică pe 12 biți cu rata de achiziție pe cele 16 canale de maximum 90 kHz în modul DMA; domeniu de intrare programabil  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2,5$  V,  $\pm 1,25$  V, pentru intrări bipolare; 8 canale pentru intrări bipolare; mod de achiziție utilizat: achiziție rapidă, de până la 90 kHz, prin mecanismul DMA cu trigger intern al timerului sau extern. 5  
7  
9  
11

Unitatea centrală controlează procesul de achiziție a datelor, prelucrarea locală a acestora și transferul la nivelul ierarhic superior. Programul de achiziție poate fi dezvoltat utilizând medii vizuale de dezvoltare, iar arhitectura utilizată permite folosirea unor suporturi de date (memorii) deosebite atât ca și capacitate, cât și ca viteză de acces. Sistemul de achiziție a datelor înregistrează și memorează datele într-un mediu MME de memorie electronică - fig. 2. 13  
15  
17

Semnalele eșantionate supuse prelucrării sunt furnizate de sisteme de achiziții de date, care la rândul lor, primesc informația sub formă de mărimi analogice, de la blocul BA de adaptare semnale electrice - fig. 6. Pentru a putea achiziționa semnalele electrice s-a proiectat un program software care permite declanșarea, respectiv oprirea achiziției semnalelor electrice. Oprirea achiziției se poate face și din programul soft dezvoltat, după trecerea unui anumit număr de perioade ale semnalului eșantionat achiziționat - pentru aplicațiile realizate s-au ales 10 perioade de achiziționat la o singură procedură de achiziție a datelor - fig. 7, fig. 8. 19  
21  
23

Fișierele de date achiziționate într-un interval de timp stabilit se stochează într-un spațiu de memorie comun sau într-un mediu MME de memorie, de unde vor fi accesate secvențial de către un program de calcul. Ele pot fi salvate: 25  
27

- ca fișiere de intrare:

a) format text ASCII, sub formă tabelară, în care timpul și mărimile eșantionate sunt organizate pe coloane (până la opt coloane); fișierele pot fi de tip .txt, .xls sau .csv.; 29  
31

b) format binar, în care timpul și semnalele electrice eșantionate sunt vectori sincronizați, de aceeași dimensiune; fișierele pot avea extensia .mat sau .dat. 33

Spațiul de memorie maxim ocupat de un fișier de intrare: 10 MB. Numărul minim de perioade complete memorat într-un fișier de intrare: 10. Numărul maxim de perioade complete memorat într-un fișier de intrare: neprecizat, dar cu respectarea spațiului de memorie maxim admis. 35  
37

- ca fișiere de ieșire:

a) format text ASCII, cu extensia .txt; 39

b) reprezentări grafice, ca anexe la rezultatele prezentate sub formă de text; fișiere de tip PostScript. 41

Numărul de semnale cu care programul poate opera este de până la opt, în funcție de tipul conexiunii studiate. Se remarcă prezența blocului BFN de filtrare numerică a semnalelor eșantionate, a se vedea fig. 2, cu contribuție majoră la îmbunătățirea preciziei analizei. Blocul BRS de recompunere a semnalelor primește la intrare spectrul armonic și, împreună cu blocul BCV de comparare și validare din fig. 2, permite verificarea calității analizei armonice într-un mod foarte eficient. 43  
45  
47

# RO 127599 B1

1 Sistemul de prelucrare a datelor și interpretare a rezultatelor, prezentat schematic în  
fig. 1, este un sistem de calcul cu instrumente software specifice și este reprezentat de  
3 programul dedicat din fig. 2, în care se observă și datele de intrare, conținute în fișierele de  
intrare cu semnale discrete, precum și datele de ieșire, conținute în fișierele de ieșire cu text  
5 și figuri editabile.

7 Caracteristicile principale ale programului de calcul aferent sistemului de monitorizare  
și diagnoză sunt:

9 a) Compatibilitatea cu rețeaua electrică și echipamentele de măsură, achiziție și  
eșantionare:

• Scheme de conexiuni pentru care se realizează analiza de calitate:

11 - sistem monofazat;

- sistem trifazat echilibrat, cu măsurarea curentului și tensiunii pe o singură fază;

13 - sistem trifazat cu conductor neutru, cu trei sau patru senzori de curent;

- sistem trifazat fără conductor neutru, cu doi sau trei senzori de curent.

15 • Frecvența nominală a rețelei analizate: 50 Hz; 60 Hz;

• Frecvența de eșantionare a mărimilor electrice: 1 kHz - 250 kHz;

17 • Formatul fișierelor de intrare:

19 - format text ASCII, sub formă tabelară, în care timpul și mărimile eșantionate sunt  
organizate pe coloane (până la opt coloane); fișierele pot fi de tip .txt, .xls sau .csv.

21 - format binar, în care timpul și semnalele electrice eșantionate sunt vectori sincronizați,  
de aceeași dimensiune; fișierele pot avea extensia .mat sau .dat.

• Formatul fișierelor de ieșire:

23 - format text ASCII, cu extensia .txt;

25 - reprezentări grafice, ca anexe la rezultatele prezentate sub formă de text; sunt fișiere  
de tip PostScript.

b) Compatibilitatea cu sistemul de calcul:

27 • Cerințele calculatorului pentru instalarea și rularea programului: orice sistem de calcul  
tip PC care acceptă sistemul de operare Windows 2000, Windows XP;

29 • Sistemul de operare compatibil: Windows 2000, Windows XP;

• Spațiu de memorie ocupat: aproximativ 200 MB;

31 • Programe adiacente necesare pentru vizualizarea rezultatelor: un editor de text  
(exemple: WordPad, NotePad, care sunt conținute în mediul de programare; Microsoft Word);  
33 orice cititor de fișiere PostScript (exemple: Ghostscript, care se livrează gratuit; Acrobat Distiller,  
care permite conversia fișierelor PostScript în fișiere tip PDF);

35 • Program adiacent opțional pentru vizualizarea rezultatelor: MATLAB, pentru editarea  
figurilor obținute ca mărimi de ieșire (schimbarea scărilor grafice, a culorilor, etichetelor etc.).

37 *Principii pe care se bazează funcționarea programului:*

39 - filtrarea numerică de tip trece-jos, pentru calculul frecvenței fundamentale și eliminarea  
eventualelor componente spectrale superioare frecvenței Nyquist, care ar putea denatura  
calitatea analizei;

41 - interpolarea semnalelor eșantionate prin algoritmi cu polinoame cubice pentru iden-  
tificarea de puncte intermediare, necesare minimizării erorilor specifice transformatei Fourier;

43 - versiune îmbunătățită a transformatei Fourier discrete;

45 - calcularea parametrilor de calitate specifici regimurilor puternic deformante, folosind  
expresii normalizate.



# RO 127599 B1

<i>Caracteristici și facilități speciale ale programului de calcul:</i>	1
• Modul de specificare a parametrilor analizei de către operator: de la tastatură, în mod interactiv.	3
• Posibilitatea creșterii frecvenței de eșantionare prin filtrare numerică, pentru o mai bună acuratețe a analizei.	5
• Posibilitatea afișării preferențiale, sub formă grafică, a componentelor armonice dominante, care depășesc un prag precizat.	7
• Posibilitatea alegerii perioadei de referință dintr-un șir de date de intrare.	9
• Prevăzut cu interfață grafică interactivă.	9
• Prevăzut cu un program utilitar pentru citirea și interpretarea rezultatelor.	9
Frecvența de eșantionare este determinantă pentru ordinele armonice luate în considerare. Ținând cont de faptul că această frecvență determină și frecvența maximă ce se poate considera la descompunerea în serie Fourier, fără interpolări adiacente, este de preferat ca această frecvență să constituie un punct de plecare pentru luarea în considerare a numărului maxim de armonici ce se vor considera din descompunerile tensiunilor și curenților nesinusoidali. Din experiență, considerarea arbitrară a unui număr de armonici din Standardele existente pe plan mondial, european sau național (EN 50160 - cel puțin 40 de armonici luate în considerare, IEEE 519/1992 - cel puțin 50 de armonici luate în considerare, IEEE 1459/2010, IEC 61000-4-30 -preia numărul de armonici din EN 50160 pentru frecvența de 50 Hz și numărul de armonici din IEEE 519/1992 pentru frecvența de 60 Hz) nu este soluția optimă. Mai mult, ar trebui corelate aceste armonici ca număr cu cele reprezentative de la determinarea puterilor sau cel puțin de la determinarea puterilor active. De aceea se propune luarea în considerare a numărului de armonici după două considerente: (a) un criteriu de eroare de la descompunerea în serie Fourier într-un număr maxim de armonici, dat de frecvența de eșantionare, care să considere doar acele armonici pentru care ponderea acestora să depășească, ca amplitudine, o anumită valoare procentuală din armonica fundamentală: de exemplu, ponderea armonicii pentru orice ordin „n” (dintre cele rezultate la descompunerea în serie Fourier $n < N/2$ unde $N/2$ reprezintă cel mai înalt rang din descompunerea armonică) să fie mai mare decât 1% (ca amplitudine) din armonica fundamentală, realizate prin lanțul prezentat în fig. 2, format din blocul ID de import date - blocul CFF de calcul a frecvenței fundamentale - blocul TFF al transformatei Fourier discrete; (b) din recompunerea din numărul de armonici păstrate la descompunerea în serie Fourier a unui număr de armonici care respectă criteriul de la (a) să rezulte o diferență sub 1% între valorile semnalului inițial descompus, dat prin punctele de eșantionare, și semnalul rezultat din recompunerea în numărul finit de componente armonice selectate la descompunerea de la (a) realizată prin lanțul din fig. 2, format din blocul BRS de recompunere a semnalelor - blocul BCV de comparare și validare.	11
Aceste considerente țin cont și de faptul că frecvența de eșantionare a crescut semnificativ în ultima perioadă. Pentru cazul analizat în cadrul acestei invenții frecvența de eșantionare a fost de 19,200 Hz, rezultând o frecvență maximă de la descompunerea în serie Fourier de 9,600 Hz - ceea ce corespunde unui ordin armonic maxim $N/2=192$ .	13
Această frecvență este mai apropiată și de ultimele preocupări din domeniile calității energiei electrice și compatibilității electromagnetice - conform unor Standarde de compatibilitate electromagnetică, frecvența minimă de analiză începe de la 9 kHz sau, echivalent, 9,000 Hz - ceea ce înseamnă că ar fi acoperit tot domeniul de frecvență în Standardele de calitate și cele de compatibilitate electromagnetică. Dacă s-ar considera frecvențele din Standardele actuale de calitate a energiei electrice pentru ordinul 40 din EN 50160, ar rezulta o	15
	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45

# RO 127599 B1

1 frecvență maximă de analiză de 2 kHz; pentru ordinul 50 din IEEE 519/1992, ar rezulta o  
2 frecvență maximă de analiză de 3 kHz - la frecvența fundamentală de 60 Hz. În consecință, s-a  
3 considerat că numărul pentru ordinul armonic maxim este  $N/2$ , iar ordinele armonice luate în  
4 considerare sunt cele care îndeplinesc cele două criterii de mai sus ((a), (b)). Aceste lucruri sunt  
5 justificate și la compensarea de sarcină prin filtrare pasivă - unde este importantă cunoașterea  
6 armoniilor semnificative - mai ales la puteri mari, acolo unde nu este posibilă construirea unor  
7 filtre pentru fiecare armonică separat. Totdeauna descompunerile armonice trebuie corelate cu  
8 puterile care rezultă pe armonicile superioare, pentru o proiectare și realizare corespunzătoare  
9 a compensării statice. Pentru filtrarea dinamică este necesară descompunerea armonică și  
10 corelarea cu componentele de filtrare activă - mai ales în cazul filtrării hibride pentru valori mari  
11 ale sarcinilor. De aceea, determinarea componentelor de putere pe armonici superioare este  
12 absolut necesară, mai ales dacă este necesară și compensarea pe armonica fundamentală.  
13 Sensurile de circulație ale puterilor reactive în aceste situații ne arată dacă în astfel de cazuri  
14 pentru compensare este nevoie de baterii de condensatoare sau de bobine.

15 După descompunerile armonice ale tensiunilor și curenților în cazul trifazat, sunt recom-  
16 puse semnalele într-un număr limitat de armonici - din cele selectate la descompunere, printr-un  
17 calcul bazat pe superpoziția (suprapunerea) acestora, realizată în fig. 2, prin intermediul blocului  
18 **BRS** de recompunere a semnalelor. Semnalele recompuse sunt comparate cu semnalele  
19 originale înregistrate. Determinarea erorilor rezultate în urma descompunerii armonice și recom-  
20 punerii semnalelor și limitarea acestora într-o anumită plajă validează rezultatele în blocul de  
21 calcul, prin intermediul blocului **BCV** de comparare și validare, ceea ce permite determinarea  
22 componentelor armonice semnificative ale tensiunilor și curenților.

23 Determinarea componentelor armonice semnificative ale tensiunilor și curenților  
24 permite determinarea indicilor de calitate ai puterii/energiei electrice printr-un modul de calcul.  
25 Sunt determinate totodată componentele spectrale ale puterilor active, reactive, toate ace-  
26 tea constituind datele de ieșire ale unui bloc de calcul, sub formă de fișiere text și reprezentări  
27 grafice, acțiune realizată în fig. 2, prin intermediul blocului **BCP** de calcul al parametrilor  
28 energetici.

29 În consecință, structura datelor de ieșire ale programului de calcul va avea în  
30 componentă:

31 ● Conținutul fișierului sub formă de text:

32 - data și ora la care au fost achiziționate eșantioanele analizate;

33 - data la care s-a efectuat analiza numerică;

34 - frecvența de eșantionare;

35 - frecvența fundamentală calculată;

36 - spectrele armonice ale tuturor tensiunilor și curenților, fiind afișate numai compo-  
37 nentele armonice a căror pondere depășește pragul precizat; spectrul armonic conține: ordinul  
38 armonicii, valoarea efectivă și faza inițială a fiecărei componente, precum și ponderea acesteia  
39 din fundamentală;

40 - spectrele armonice ale puterilor active, fiind afișate numai componentele corespun-  
41 zătoare tensiunilor și curenților a căror pondere depășește pragul precizat; spectrul armonic  
42 conține: ordinul armonicii, valoarea puterii active spectrale, afectată de semn care arată sensul  
43 de circulație a acesteia, ponderea acesteia din puterea activă totală;

44 - valorile efective ale tuturor tensiunilor și curenților, calculate pe baza tuturor compo-  
45 nentelor armonice calculate, inclusiv cele neafișate anterior;

# RO 127599 B1

- indicii de calitate ai puterii/energiei electrice: reziduurile deformante ale tuturor tensiunilor și curenților, determinate pe baza tuturor componentelor armonice calculate, inclusiv cele neafișate anterior; factorii de distorsiune armonică ai tuturor tensiunilor și curenților, determinați pe baza tuturor componentelor armonice calculate, inclusiv cele neafișate anterior; valorile de vârf ale tuturor tensiunilor și curenților; coeficientul de nesimetrie a tensiunilor pe armonica fundamentală; coeficientul de nesimetrie a curenților pe armonica fundamentală;	1
- puterea activă totală transferată prin punctul de măsură;	7
- puterea reactivă totală transferată prin punctul de măsură;	9
- puterea deformantă totală;	11
- puterea aparentă totală;	11
- factorul de putere global;	11
- denumirile anexelor conținute în fișierul cu reprezentări grafice.	11
● Conținutul fișierului cu reprezentări grafice are în componență:	13
- semnalele supuse analizei și parametrii analizei;	13
- spectrele armonice ale tensiunilor și curenților;	15
- reprezentarea fazorială a componentelor fundamentale;	15
- spectrul armonic al puterilor active;	17
- spectrul armonic al puterilor reactive;	17
- afișarea la aceeași scară și în același sistem de coordonate, a semnalelor originale și a celor recompuse din spectrul armonic, pentru verificarea calității analizei armonice.	19
Programul este destinat prelucrării numerice a semnalelor periodice de tensiune/curent achiziționate la nivelul rețelelor monofazate și trifazate simetrice și/sau nesimetrice cu sarcini puternic deformante. Datele de ieșire sunt transmise către blocul <b>MME</b> de memorie electronică din fig. 2, ceea ce permite diagnoza și stabilirea deciziei optime - prin blocul <b>IR</b> de interpretare a rezultatelor, inclusiv pentru compensare completă de sarcină la consumatori industriali. În acest fel operatorul poate decide ce regim a rezultat în urma analizei prin nivelul unor parametri de calitate ai analizei rezultați din înregistrările și prelucrările numerice, circulația de puteri, încadrarea sau neîncadrarea în anumite Standarde de specialitate, decizia de a realiza sau nu o compensare completă de sarcină, de exemplu reducerea regimurilor nesinusoidale și/sau compensarea factorului de putere pe armonica fundamentală. Discuția legată de circulația de puteri intervine suplimentar, ca o propunere pentru a realiza compensarea completă de sarcină care prin Standardele actuale presupune doar limitarea distorsiunii armonice totale a curentului la o valoare impusă, fără a considera puterile și factorul de putere global.	21
Specificarea parametrilor analizei de către operatorul care utilizează programul se efectuează printr-o interfață, care facilitează corelarea parametrilor cu particularitățile semnalelor de curent și de tensiune măsurate în sistemul fizic - așa cum s-a precizat anterior. Se remarcă posibilitatea de a alege o frecvență de eșantionare virtuală prin multiplicarea frecvenței de eșantionare reale cu un factor întreg, în scopul minimizării erorilor care însoțesc descompunerea spectrală.	23
Sistemul de monitorizare și diagnoză în energetică conceput compară semnalele originale măsurate cu traductoarele de tensiune și curent cu cele reconstruite din numărul finit de armonici considerat după criteriile de mai sus, cu detalii obținute din spectrele armonice, și calculează în final abaterile maxime procentuale. La reconstruirea semnalelor sunt considerate toate componentele armonice până la ordinul limitat de frecvența Nyquist. Componentele spectrale ale puterilor active și reactive, precum și sensurile lor de circulație sunt reprezentate în unități relative. Calitatea descompunerii spectrale a puterilor active este verificată prin compararea cu puterile active calculate prin medierea puterilor instantanee, conform definițiilor acceptate pe plan internațional de către toate standardele în vigoare.	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

# RO 127599 B1

1 Un prim exemplu de realizare a invenției se referă la utilizarea sistemului de monitori-  
zare și diagnoză pentru secundarul unui transformator trifazat de la care se alimentează un  
3 redresor trifazat cu diode prin intermediul căruia este alimentată linia de curent continuu de  
600 V c.c. pentru tramvaie.

5 Transformatorul analizat are parametri nominali:  $S_n = 2300$  kVA; Conexiune:  $\Delta-\Delta_0$ ;  
 $I_{1N}=66,4$  A;  $U_{1N}=20$  kV;  $I_{2N} = 2828$  A;  $U_{2N}=470$  Vc.a. (tensiuni de fază prin crearea de neutru  
7 artificial:  $U_{2N}=272$  Vc.a.);  $U_{sc} = 7,8\%$ . Din secundarul transformatorului tensiunile sunt preluate  
direct iar curenții sunt preluați prin intermediul unor transformatoare (reductoare) de curent tip  
9 HOP 1500 - a se vedea fig. 9.

După realizarea și stocarea înregistrărilor numerice folosind sistemul de achiziții de date  
11 - pentru care componentele care permit înregistrarea și stocarea datelor ce urmează a fi  
prelucrate și analizate sunt descrise în partea de descriere a invenției și sunt date în fig. 4 - 8,  
13 se prezintă în continuare pașii necesari pentru a stabili diagnoza în cazul unui consumator trifaza-  
zată puternic deformant. Modul de aplicare al invenției se referă la un set de date achiziționate  
15 într-un punct de măsură de la intrarea unui consumator puternic deformant - reprezentat de  
redresorul trifazat cu diode prin intermediul căruia se alimentează linia de c.c. utilizată pentru  
17 alimentarea tramvaielor la tensiunea de 600 V c.c. Fișierul cu datele de intrare este înregistrat  
în memoria externă (disc) a calculatorului în locația unde este instalat programul de analiză.

19 • se lansează în execuție aplicația "start.exe" - fig. 10. Se va deschide o fereastră de  
dialog, se alege fișierul cu datele de intrare, apoi se apasă butonul "Open". Urmează  
21 deschiderea ferestrei pentru importul de date.

• prima etapă a procesului de calcul impune alegerea parametrilor analizei de calitate  
23 folosind facilitățile interfeței grafice din fig. 11. Aceasta conține reprezentările grafice ale  
mărimilor achiziționate (tensiuni și curenți), ale căror scări de reprezentare se pot adapta  
25 folosind instrumentele tip lupă + sau - din bara de instrumente. Valoarea frecvenței de  
eșantionare este afișată informativ în interfața grafică; în cazul de față este 19,200 Hz.

27 Operatorul alege următoarele opțiuni:

- frecvența nominală a sistemului energetic, respectiv 50 Hz în cazul analizat.

29 - activarea blocului de calcul al frecvenței fundamentale; acest calcul poate dura de la  
ordinul fracțiunilor de secundă până la câteva secunde, în funcție de performanțele  
31 calculatorului folosit.

- factorul de multiplicare artificială a frecvenței de eșantionare, cu rol de a minimiza  
33 erorile analizei.

- pragul de afișare a componentelor armonice, exprimat în procente din fundamentală,  
35 având rol în ignorarea componentelor nesemnificative.

- momentul inițial al perioadei de referință, pentru care se efectuează analiza de calitate;  
37 valoarea dorită se citește pe abscisa reprezentărilor grafice și se înscrie în câmpul cores-  
punzător.

39 - activarea blocului de calcul pentru recompunerea semnalelor periodice pornind de la  
spectrele armonice, în vederea comparării lor cu semnalele originale. Aceasta oferă indicii clare  
41 asupra preciziei analizei armonice.

După alegerea opțiunilor de calcul, se apasă butonul "OK" pentru a continua sau "QUIT"  
43 pentru a renunța. Din motive de comoditate a utilizării programului, opțiunile de calcul alese la  
aplicația curentă se memorează automat și vor fi afișate ca opțiuni predefinite la aplicația  
45 următoare.

# RO 127599 B1

- spectrele armonice ale tensiunilor și curenților pe cele trei faze sunt afișate sub formă grafică, ca în fig. 12. Se afișează numai componentele care au ponderea peste pragul precizat anterior. În câmpul legendei se afișează valorile efective ale mărimilor analizate (tensiuni sau curenți) corespunzătoare armonicii fundamentale. În reprezentările grafice din fig. 12, așa cum se observă și din legenda acestor figuri, s-au păstrat culorile pentru cele trei tensiuni de fază și cei trei curenți de fază, ca în fig. 11. Așa cum se observă și din aceste figuri, armonicile reprezentative ale tensiunilor și curenților trifazați, cu ponderi peste 1%, sunt limitate până la ordinul armonic 47, nefiind impus acest număr decât de criteriul specificat la descrierea invenției. 1
  - componentele spectrale ale puterilor active și reactive sunt afișate sub formă grafică, ca în fig. 13. Sunt selectate numai componentele corespunzătoare tensiunilor și curenților afișați anterior. În câmpul legendei, se afișează puterile active, respectiv, reactive, pe fiecare fază, și globale, păstrând aceleași culori pentru puterile fazelor ca și cele din fig. 11 și fig. 12. Se observă sensurile de circulație ale puterilor: spre exemplu, atât puterile active ale fazelor, cât și puterea activă, totală, corespunzătoare armonicii de ordinul 5, având valori negative, circulă de la sarcină spre generator, sursa de alimentare în acest caz fiind constituită din secundarul transformatorului de alimentare MT/JT. 3
  - urmează reprezentarea fazorială a componentelor fundamentale ale tensiunilor și curenților, a se vedea fig. 14, cu punerea în evidență a defazajelor pe fiecare fază. 5
  - calculul de recompunere a semnalelor periodice pornind de la spectre este monitorizat de bara de progres - a se vedea fig. 15. 7
  - mărimile reconstruite se compară cu cele originale, prin reprezentarea la aceeași scară grafică - a se vedea fig. 16. Determinarea erorilor dintre semnalele originale și cele recompuse din armonicile selectate arată o eroare sub 1%, deci descompunerea armonică este validată! 9
  - rezultatele calculelor sunt afișate sub formă de text în fereastra principală, așa cum se arată în fig. 17m și salvate, în aceeași formă, într-un fișier text. 11
  - fișierul text cu datele de ieșire este înregistrat în memoria externă a calculatorului. În aceeași locație se salvează un fișier PostScriptm care conține, ca anexe la rezultatele sub formă de text, fig. 11, 12, 13, 14 și 16. Pentru a finaliza aplicația, se apasă butonul "OK". 13
  - alături de fișierele de ieșire text și PostScript, în aceeași locație de memorie, se salvează fig. 11, 12, 13, 14 și 16 într-un format editabil, care corespund fig. 1, 2, 3, 4, 5 de mai sus. Vizualizarea și editarea lor ulterioară se face cu ajutorul aplicației "Vizualizare\_figuri.exe". După lansarea acesteia în execuție, o fereastră de dialog, ca cea din fig. 18, permite alegerea figurii dorite. 15
- Sunt posibile imprimarea figurilor, modificarea scârilor grafice, rotirea, exportul sau alte acțiuni. 17
- După înregistrarea datelor și derularea programului de calcul, cu specificațiile de mai sus, operatorul uman desprinde următoarele concluzii (aceasta reprezentând acțiunea de diagnoză): 19
- distorsiunea armonică a tensiunilor este în plaja admisă pentru punctul de conectare, de exemplu dacă se compară cu Standardul IEEE 519/1992; 21
  - distorsiunea armonică a curenților pentru fiecare din cele trei faze nu este în plaja admisă pentru curenții absorbiți pentru acest tip de consumatori, de exemplu dacă se compară cu Standardul IEEE 519, unde se admite pentru curenți o distorsiune armonică totală de maximum 8%; 23

# RO 127599 B1

1 - este necesară compensarea pe armonici superioare:

2 (a) din graficele pentru puteri, se observă că dacă se va adopta un sistem de compen-  
3 sare pasivă, vor trebui proiectate și realizate filtre pentru reducerea armonicilor de ordin 5, 7,  
11, 13, a se vedea fig. 13;

4 (b) dacă se va adopta un sistem de compensare activă vor trebui proiectate și realizate  
5 filtre active care să reducă armonicile de ordin 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, a se  
6 vedea fig. 13 - pentru fluxurile de puteri active și reactive;

7 - valoarea globală a factorului de putere probabil nu va necesita și compensare pe  
8 armonica fundamentală. Valoarea factorului de putere este superioară lui 0,92 („factor de putere  
9 neutral”) pentru cazul analizat; diagnoza privind compensarea pe armonica fundamentală va  
10 fi stabilită după compensarea regimurilor nesinusoidale.

11 Un al doilea exemplu realizare a invenției se referă la utilizarea sistemului de monitori-  
12 zare și diagnoză pentru cazul unor teste de validare realizate pe un stand de încercări experi-  
13 mentale cu filtru activ - a se vedea fig. 19. Această soluție de filtrare poate fi folosită într-o stație  
14 de transformare a energiei electrice din care se alimentează o linie de c.c. la 600 V din secun-  
15 darul transformatorului trifazat de MT/JT, cum este și cazul prezentat în primul exemplu de  
16 realizare a invenției.

17 Schema din fig. 19 corespunde unei scheme reale prin care se alimentează un motor  
18 de c.c. de 160 kW din secundarul transformatorului de rețea din rețeaua standului de încercări  
19 experimentale. Transformatorul MT/JT este în conexiune  $\Delta/Y_0$  și are tensiunile de 20 kV în  
20 primar (la MT) și de 380 V c.a. tensiuni de linie (în secundar la JT) sau de 220 V c.a. tensiuni  
21 de fază. Din secundarul transformatorului MT/JT, este alimentat un redresor trifazat cu diode,  
22 prin intermediul căruia se alimentează un chopper care reglează tensiunea de ieșire pentru ali-  
23 mentarea motorului de c.c. Motorul de c.c. poate antrena un generator asincron - în procese de  
24 frânare cu recuperare de energie. Sistemul chopper - motor de c.c este alimentat pe stand de  
25 la un transformator de rețea MT/JT și, întrucât s-au constatat regimuri nesinusoidale puternice  
26 în stația de alimentare cu energie electrică a liniei de tramvai de 600 Vc.c. din cazul real, s-a  
27 propus pentru reducerea acestora utilizarea unui filtru activ, așa cum se poate observa în  
28 schema din fig. 19.

29 Tensiunea de alimentare a filtrului activ este în plaja de 208 - 480 V c.a., ceea ce per-  
30 mite adaptarea la condițiile existente pe stand. Filtrul a fost conectat între transformatorul trifa-  
31 zat și redresorul necomandat cu diode. Înaintea filtrului, imediat după secundarul transforma-  
32 torului de alimentare, s-a conectat sistemul de monitorizare și diagnoză, conform invenției, care  
33 cuprinde transformatoarele și traductoarele de curent de mare precizie din fig. 3, blocul BA de  
34 adaptare a semnalelor din fig. 4, sistemul de achiziții de date cu 8 canale pentru înregistrarea  
35 a trei tensiuni de fază, cu valori efective de aproximativ 220 Vc.a. și a trei curenți absorbiți de  
36 sistemul format din redresor, chopper și motor de curent continuu.

37 Testarea sistemului s-a realizat în două variante:

38 a) fără conectarea sistemului complex de compensare și creșterea a eficienței energetice,  
39 fără filtru activ, înregistrând tensiunile de alimentare și curenții absorbiți de la rețea prin  
40 intermediul sistemului de monitorizare și diagnoză conectat în secundarul transformatorului de  
41 rețea MT/JT. Pentru aceste măsurători s-au făcut ulterior prelucrările numerice cu programul  
42 software dedicat realizat în cadrul sistemului de monitorizare și diagnoză prezentat pe larg la  
43 descrierea invenției - a se vedea fig. 2.

b) prin conectarea sistemului complex de compensare și creștere a eficienței energetice, cu filtru activ, după sistemul de monitorizare și diagnoză conectat în secundarul transformatorului de rețea și redresorul trifazat necomandat cu diode. Și de data aceasta prelucrările numerice s-au realizat cu programul software dedicat realizat în cadrul sistemului de monitorizare și diagnoză prezentat pe larg la descrierea invenției - a se vedea fig. 2. Filtrul activ poate compensa, selectiv, fie o anumită armonică superioară, fie un anumit grup de armonici superioare selectate pentru compensare, fie toate armonicile rezultate în urma utilizării sistemului de monitorizare și diagnoză descris în cadrul prezentei invenții. De asemenea, filtrul activ prezintă două modalități diferite pentru reducerea semnificativă a nivelului armonicilor superioare și respectiv pentru compensarea pe armonica fundamentală:

- reducerea în cadrul procesului de compensare completă de sarcină mai întâi a nivelului (ponderii) armonicilor superioare și apoi a compensării pe armonica fundamentală („Modul de lucru 1”);

- compensarea mai întâi pe armonica fundamentală, urmată apoi de reducerea nivelului (ponderii) armonicilor superioare („Modul de lucru 2”).

Testele experimentale derulate pentru diverse valori ale curentului sarcinii în acest caz au validat „Modul de lucru 1”. De aceea, în continuare, se vor prezenta rezultatele obținute cu sistemul de monitorizare și diagnoză, conform invenției, doar pentru „Modul de lucru 1”.

Întrucât la primul exemplu de aplicare al invenției, am descris pe larg modul de funcționare a sistemului, în acest al doilea exemplu, se vor prezenta succint doar câteva din etapele descrise anterior în urma aplicării invenției.

Cazul 1: Testarea fără sistem complex de compensare și creștere a eficienței energetice:

Pe baza schemei din fig. 19, fără însă a conecta sistemul complex de compensare și creștere a eficienței energetice (filtrul activ) împreună cu conexiunile sale, s-au respectat pașii descriși la punctul legat de descrierea invenției. Rezultatele înregistrărilor realizate au fost prelucrate cu ajutorul modulului BC, program dedicat din fig. 2. Valoarea curentului absorbit de motor a fost pentru cazul analizat de 120 A. Programul dedicat permite afișarea valorilor efective, a defazajelor, a ponderilor armonicilor pentru armonicile de curent și tensiune și a spectrului armonic pentru puterile active, așa cum s-a precizat la descrierea invenției. Pentru selectarea armonicilor de curent s-a utilizat un prag de 2% (echivalent cu ponderea unei armonici de curent selectate mai mare ca valoare efectivă de 2% din armonica fundamentală).

Au fost determinate valorile efective pe armonica fundamentală și reziduu deformant pentru tensiunile și curenții trifazați, determinați cu ajutorul sistemului de monitorizare și diagnoză. De asemenea, au fost determinați factorii de distorsiune pentru tensiune și curent (THD - distorsiunile armonice totale). Se observă că la curent factorii de distorsiune (THD - distorsiunile armonice totale) - ca indici de calitate a energiei electrice sunt de aproximativ 50%, valori cu mult mai mari decât cele impuse prin Standarde de calitate, de exemplu în Standardul IEEE 519/1992 pentru acest tip de aplicații distorsiunile armonice totale ale curenților trifazați nu trebuie să depășească 8%.

Factorul de putere este de 0,85891 și are caracter inductiv - valoare sub valoarea neutrală (= 0,92). Puterea aparentă totală a fost de 45976,1813 VA, puterea activă de 39489,5229 W, puterea reactivă de 5797,9231 VAR, iar cea deformantă de 22817,8797 VAd.

Fig. 20 prezintă formele de undă ale semnalelor originale precum și parametrii de care s-a ținut cont în analiza și prelucrarea datelor - valori înregistrate pe o perioadă mai lungă de timp. Din aceste forme de undă, se pot selecta și perioade mai scurte de timp, de ordinul a câtorva perioade ale frecvenței fundamentale.

# RO 127599 B1

1 Rezultatele obținute în urma descompunerii armonice pentru curenți și pentru tensiuni  
sunt prezentate în fig. 21, iar pentru puterile activă și reactivă, sunt prezentate în fig. 22. Se  
3 observă valorile mari pentru armonicile de ordin 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29 ale tensiunilor  
trifazate și ale curenților trifazați.

5 Se observă faptul că, pe armonica 5, receptorul absoarbe putere activă și reactivă, iar  
pe armonica 7, cedează putere activă și reactivă. Puterea totală activă pe cele trei faze a fost  
7 de 39,489 kW, iar puterea reactivă totală, de 5,797 kVAr.

9 Fig. 23 și 24 prezintă calitatea descompunerii armonice pentru curenți și pentru tensiuni,  
precum și diagramele fazoriale ale componentelor fundamentale.

Observații:

11 1) Diagnoza în acest caz de aplicare a invenției, prin utilizarea sistemului de monitori-  
zare și diagnoză, a arătat că pentru acest tip de sarcină este necesară compensarea completă  
13 de sarcină (reducerea nivelului armonicilor superioare+compensarea pe armonica funda-  
mentală).

15 2) Dacă s-ar alege criteriul de eroare pentru armonicile tensiunii și curentului de 1%, ar  
fi prezente în formele de undă ale tensiunii, curentului și puterilor active și reactive armonicile  
17 de ordin 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29 (prezente și la alegerea criteriului de 2%), la care se  
adaugă pentru acest criteriu (de 1%) armonicile de ordin 31, 35, 37, 41, 43, 47, 49, în condițiile  
19 unui factor de putere global tot în jur de 0,85.

21 3) Compensarea selectivă doar a unor armonici permite să se vadă cu ajutorul siste-  
mului de monitorizare și diagnoză, conform invenției, încadrarea sau neîncadrarea în Standarde  
de calitate a energiei (de exemplu IEEE 519/1992). De exemplu, prin selectarea compensării  
23 doar a armonicilor de ordin 5 din formele de undă ale tensiunilor și curenților trifazați, distor-  
siunile armonice ale curenților au rezultat în jur de 30% (THDI1 = 30,19%; THDI2 = 28,88%;  
25 THDI3 = 29,39%), iar factorul de putere a crescut la 0,95169. Acestea permit să se ajungă la  
concluzia că este necesară în continuare diminuarea ponderii armonicilor superioare pentru a  
27 reduce ponderea armonicilor de curent sub 8% - Conform Standardului IEEE 519/1992.  
Rezultate asemănătoare se obțin și dacă se compensează un grup de două armonici (de  
29 exemplu - reducere armonici 5 și 7, când THDI1 = 12,93%; THDI2 = 13,27 %; THDI3 = 13,91%),  
iar factorul de putere compensat pe armonica fundamentală a crescut la valoarea 0,98448 (cu  
31 caracter inductiv). Similar, dacă se compensează mai multe armonici simultan (ex. - reducere  
armonici 5, 7, 11, 13 când THDI1 = 10,83%; THDI2 = 10,23%; THDI3 = 11,28%), iar factorul de  
33 putere compensat pe armonica fundamentală a crescut la valoarea 0,98806 (cu caracter  
inductiv), se constată neîncadrarea în Standardul de calitate IEEE 519/1992.

35 Pentru o compensare completă de sarcină în acest caz, validată de încadrarea, de  
exemplu în Standardul IEEE 519/1992, s-a constatat experimental necesitatea compensării  
37 (reducerii ponderii) armonicilor de ordin 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37, 41, 43, pre-  
zente la alegerea criteriului de 1%, urmat de compensarea pe armonica fundamentală („Modul  
39 1" de lucru al filtrului activ), așa cum se constată din prezentarea Cazului 2 în continuare.

41 Cazul 2: Experimentare sistem cu filtru activ, cu compensarea armonicilor 5, 7, 11, 13,  
17, 19, 23, 25, 35, 37, 41 și 43 - curent motor 120 A:

43 În această fază s-a dorit compensarea armonicilor 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 35, 37,  
41 și 43 în Modul 1.

45 Fig. 25 prezintă formele de undă ale semnalelor originale, precum și parametrii de care  
s-a ținut cont în analiza și prelucrarea datelor.



# RO 127599 B1

Rezultatele obținute în urma descompunerii armonice pentru curenți și pentru tensiuni sunt prezentate în fig. 26, iar spectrele pentru puterile activă și reactivă sunt prezentate în fig. 27. 1  
3

Figurile următoare prezintă calitatea descompunerii armonice pentru curenți și pentru tensiuni, fig. 28, precum și diagramele fazoriale ale componentelor fundamentale, fig. 29. 5

Aplicarea invenției în acest caz permite operatorului uman să realizeze diagnoza, după aplicarea programului dedicat din fig. 2: 7

- s-au compensat armonicile de ordin 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 35, 37, 41 și 43 de curent; totodată s-au redus și armonicile de curent de ordin 47 și 49. 9

- se constată o reducere semnificativă față de testele fără filtru (120 A curent absorbit de motor) a armonicilor de ordin 5 pentru curent de la valoarea de aproximativ 50% din valoarea fundamentalei la valoarea de sub 1% din valoarea fundamentalei. 11

- se observă că la curent factorii de distorsiune au scăzut de la aproximativ 50% (pentru cazul 1 - Funcționare fără filtru) la 6% (pentru cazul 2 - Funcționare cu filtru), ceea ce permite încadrarea în Standardul de calitate IEEE 519/1992. 13  
15

- filtrul realizează în modul 1 și o compensare reactivă de putere, factorul de putere crescând de la 0,85891, până la 0,99426, având tot un caracter inductiv. 17

- puterea aparentă totală a fost de 45,888 kVA, puterea activă a fost de 45,62 kW, puterea reactivă a fost de 3,866 kVAr, iar cea deformantă a scăzut de la valoarea de 22,817 kVAd la valoarea de 3,016 kVAd. 19

- la o putere aparentă aproximativ aceeași pentru cele două cazuri prezentate, la un curent absorbit în cazul 1 (fără echipament de filtrare) și cazul 2 (cu echipament de filtrare și compensare a armonicilor de ordin 5,7,11,13,17,19,23,25,35,37,41 și 43, la care se adaugă compensarea pe armonica fundamentală), puterea activă a crescut de la 39,489 kW la 45,624 kW, cu scăderi semnificative ale puterilor reactivă și deformantă. 21  
23  
25

- spectrele puterilor active și reactive suferă reduceri importante ale acestor puteri pe armonicile superioare. Spectrele acestor puteri dau informații corecte, corelat cu indicele de calitate „distorsiune armonică totală” pentru curenți, în ceea ce privește compensarea completă de sarcină. 27  
29

- corelarea unor indici de calitate ai puterii/energiei (distorsiune armonică, factor de putere global), permite stabilirea riguroasă a compensării complete de sarcină. 31

- distorsiunile tensiunilor fazelor în aceste 2 cazuri s-au încadrat în limitele admise de Standardele de calitate (EN 50160, IEEE 519/1992), ceea ce a impus limitarea la analizele armonice doar pentru armonicile de curent (criteriul după care s-au luat în considerare). 33

- nesimetriile între fazele sistemelor trifazate au fost reduse, ceea ce nu a impus o diagnoză suplimentară legată de acestea și nici o comparare a reziduurilor deformante sau a celorlalți indici de calitate prezentați în cadrul invenției pentru acest tip de aplicații. 35  
37

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, generalizat, în legătură cu fig. 30-33. 39

Sistemul de monitorizare și diagnoză în energetică, cu structura prezentată în fig. 30, preia datele de la un sistem 1 fizic, ce poate fi un punct de măsurare și înregistrare parametri energetici fie direct, fie prin intermediul unor transformatoare (reductoare) de tensiune și curent tip HOP 1500, transmite datele prin traductoarele 2 de măsură de tensiune tip LV25P și de curent tip LA55P incluse într-un bloc BA de adaptare semnale electrice, care asigură și obținerea la intrarea în placa de achiziție a unor imagini în tensiune pentru curenți și tensiuni, transmite datele prin intermediul unor circuite de condiționare a semnalelor, la un sistem 3 de 41  
43  
45

# RO 127599 B1

1 achiziție de date, care înregistrează și memorează datele într-un mediu 4 de memorie elec-  
tronică. Acesta oferă datele de intrare pentru blocul BC de calcul sub forma unor fișiere 5 cu  
3 semnale discrete care, împreună cu parametrii specificați de operator 6 cu ajutorul interfeței 7,  
oferă suport pentru importul de date către modulele de calcul. Datele importate permit  
5 determinarea frecvenței fundamentale în modulul 8 de calcul, iar cu aceasta, prin modulul 9 de  
condiționare a semnalelor prin filtrare numerică, datele sunt transmise către modulul 10 de  
7 analiză cu transformata Fourier discretă care folosește o frecvență de eșantionare virtuală a  
cărei valoare este aleasă ca multiplu întreg al frecvenței fundamentale furnizate de modulul 8  
9 de calcul. Semnalele astfel descompuse sunt limitate, în funcție de standardul adoptat, la  
numărul corespunzător de componente armonice, care sunt apoi recombinate printr-un bloc 11  
11 de calcul bazat pe superpoziția acestora, rezultatul obținut fiind comparat cu semnalele originale  
înregistrate. Determinarea erorilor (rezultate în urma descompunerii armonice și recompunerii  
13 semnalelor) și limitarea acestora într-o anumită plajă validează rezultatele în blocul de calcul,  
printr-un modul 12 de comparare, ceea ce permite determinarea componentelor armonice  
15 semnificative ale tensiunilor și curenților, ca și indicatorii de calitate ai energiei electrice prin  
modulul 13 de calcul. Sunt determinate totodată componentele 13 spectrale ale puterilor, toate  
17 acestea constituind datele 14 de ieșire ale blocului BC de calcul, sub formă de fișiere text și  
reprezentări grafice. Acestea sunt transmise către mediul 15 de memorie electronică, ceea ce  
19 permite diagnoza și stabilirea deciziei optime - prin blocul 16 din punct de vedere energetic,  
inclusiv pentru compensare completă de sarcină la consumatori industriali.

21 Specificarea parametrilor analizei de către operator se efectuează printr-o interfață de  
tipul celei prezentate în fig. 31, care facilitează corelarea parametrilor cu particularitățile semna-  
23 lelor măsurate în sistemul fizic. Se remarcă posibilitatea de a alege o frecvență de eșantionare  
virtuală prin multiplicarea frecvenței de eșantionare reale cu un factor întreg, în scopul mini-  
25 mizării erorilor care însoțesc descompunerea spectrală.

27 Calitatea analizei armonice, care condiționează precizia de calcul a indicatorilor de  
calitate a energiei este verificată prin compararea semnalelor originale măsurate în sistemul fizic  
cu cele reconstruite din spectrele armonice și calcularea abaterilor maxime procentuale. La  
29 reconstruirea semnalelor sunt considerate toate componentele armonice până la ordinul limitat  
de frecvența Nyquist. O imagine care ilustrează calitatea analizei armonice este exemplificată  
31 în fig. 32.

33 Componentele spectrale ale puterilor active și reactive, precum și sensurile lor de circu-  
lație, sunt exemplificate în fig. 33. Valorile componentelor spectrale sunt reprezentate în unități  
relative. Calitatea descompunerii spectrale a puterilor active este verificată prin compararea cu  
35 puterile active calculate prin medierea puterilor instantanee, conform definițiilor acceptate pe  
plan internațional de către toate standardele în vigoare.

# RO 127599 B1

## Revendicare

	1
Sistem de monitorizare și diagnoză în energetică, caracterizat prin aceea că este constituit din:	3
- niște traductoare (2) de măsură de tensiune și de curent, incluse într-un bloc (BA) de adaptare semnale electrice, care preiau date de la un punct (1) de măsurare parametri energetici și transmit semnalele de tensiune și curent determinate la o placă (3) de achiziție de date, care înregistrează și memorează datele într-un mediu (4) de memorie electronică, sub forma unor fișiere (5) cu semnale discrete care, împreună cu parametrii (6) specificați de operator, prin intermediul unei interfețe (7), constituie date de intrare pentru un modul (8) de calcul al frecvenței fundamentale, care este transmisă, prin intermediul unui modul (9) de condiționare a semnalelor prin filtrare numerică, către un modul (10) de analiză a transformatei Fourier discretă,	5
- un modul (11) de recompunere a componentelor armonice, bazat pe superpoziția acestora, rezultatul obținut fiind comparat cu semnalele originale înregistrate,	7
- un modul (12) de comparare, ce determină erorile și validează rezultatele;	9
- un modul (13) de determinare a componentelor spectrale ale puterilor;	11
- un alt mediu (15) de memorie electronică în care sunt stocate datele de ieșire sub forma unor fișiere text și reprezentări grafice, și	13
- un bloc (16) de diagnoză și decizie, care oferă operatorului informații referitoare la parametrii de calitate rezultați, la încadrarea sau nu în anumite standarde și la posibilitatea realizării unei compensări complete de sarcină.	15
	17
	19
	21

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

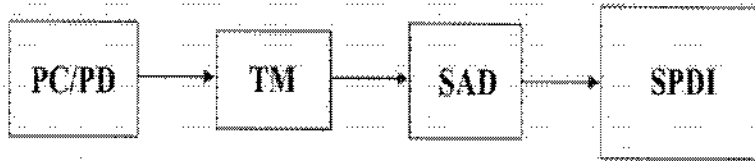


Fig. 1

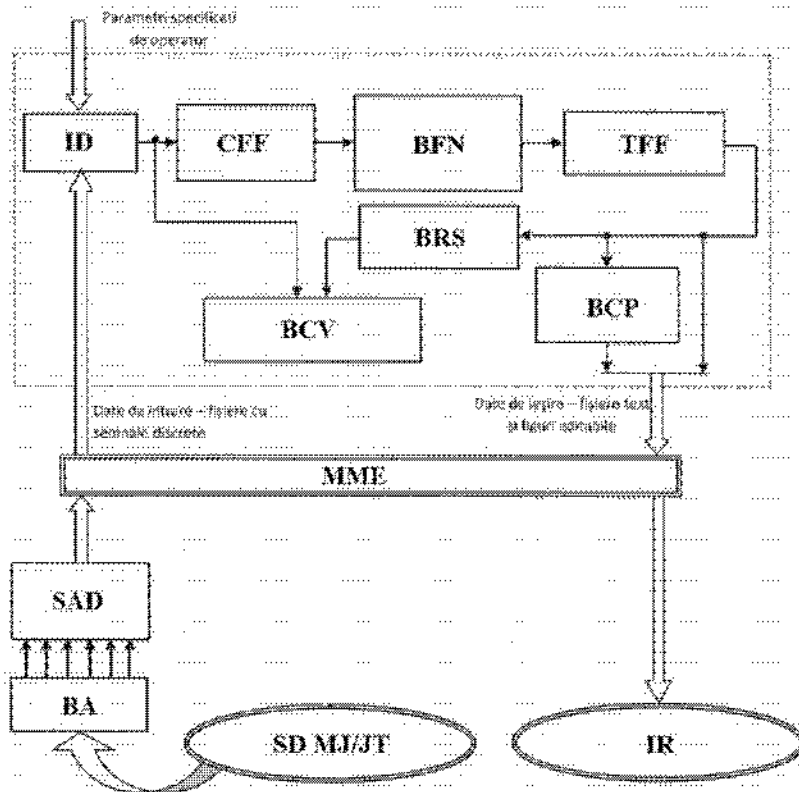


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

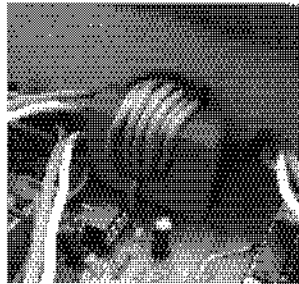


Fig. 3

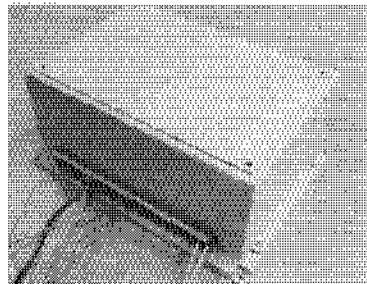


Fig. 4



Fig. 5

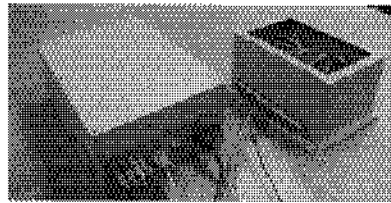


Fig. 6

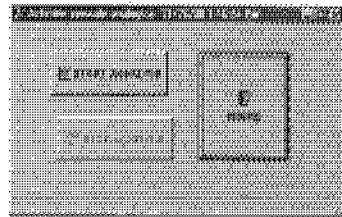


Fig. 7

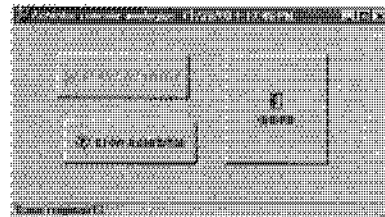


Fig. 8

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),  
 G01R 19/25 (2006.01),  
 G06F 19/00 (2006.01)

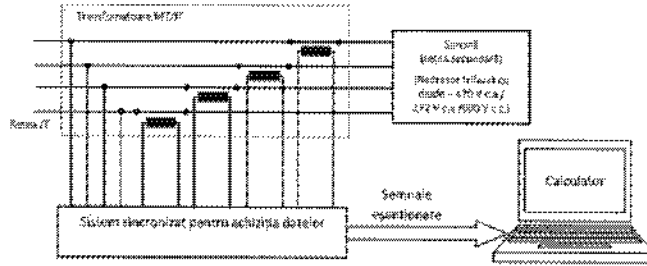


Fig. 9

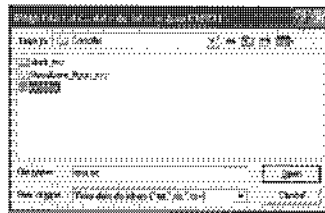


Fig. 10

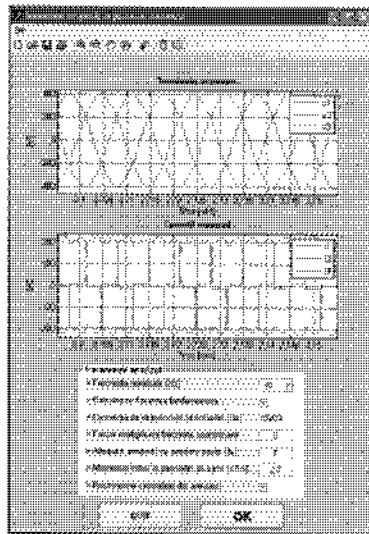


Fig. 11

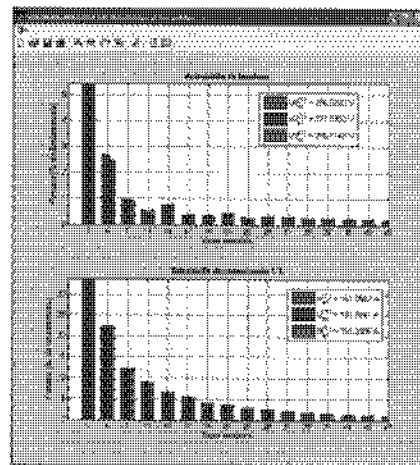


Fig. 12

(51) Int.Cl.  
G01R 21/133 (2006.01),  
G01R 19/25 (2006.01),  
G06F 19/00 (2006.01)

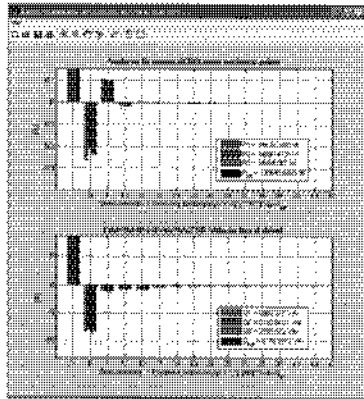


Fig. 13



Fig. 15

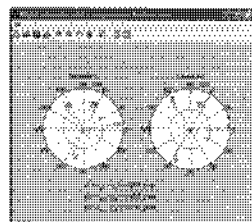


Fig. 14

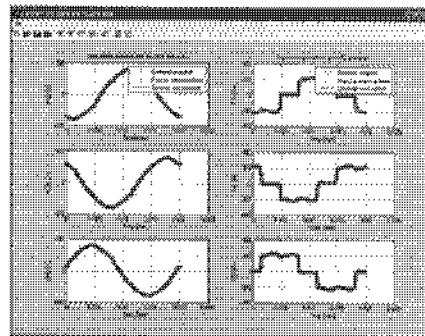


Fig. 16

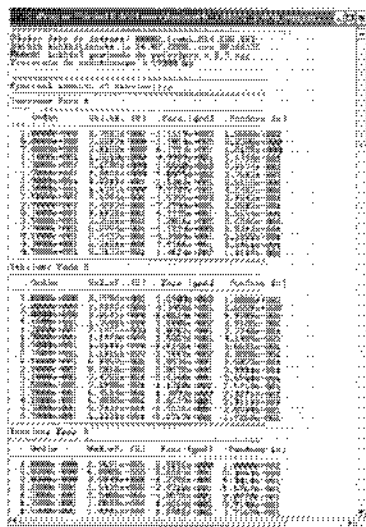


Fig. 17

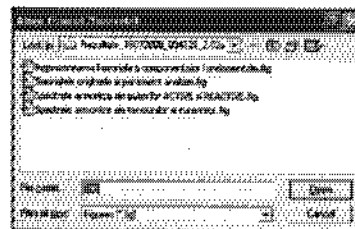


Fig. 18

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

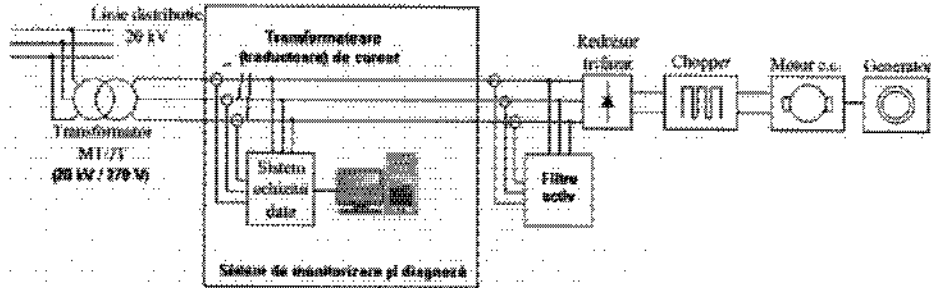


Fig. 19

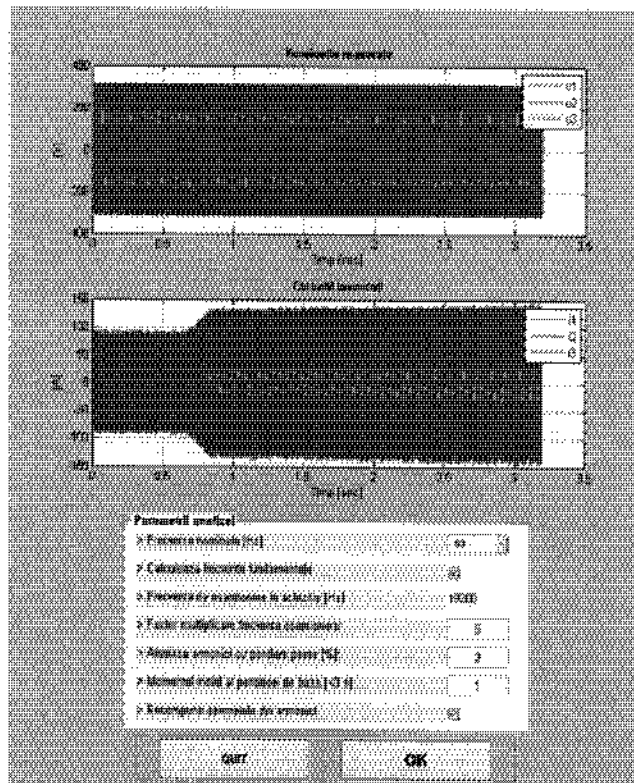


Fig. 20



(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

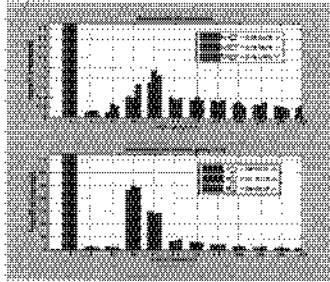


Fig. 21

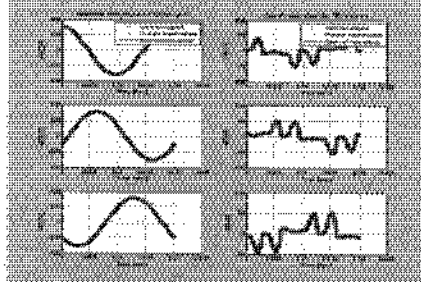


Fig. 23

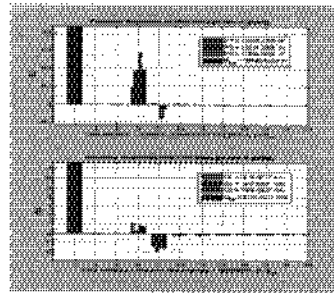


Fig. 22

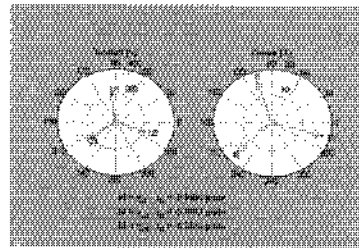


Fig. 24

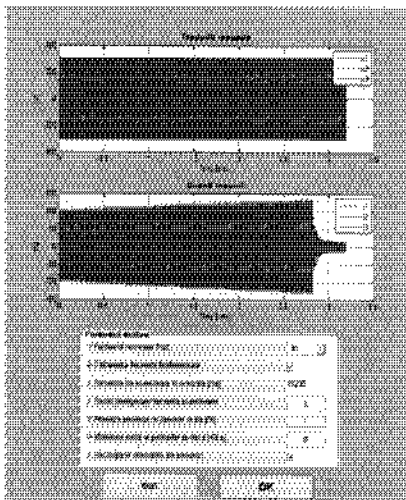


Fig. 25

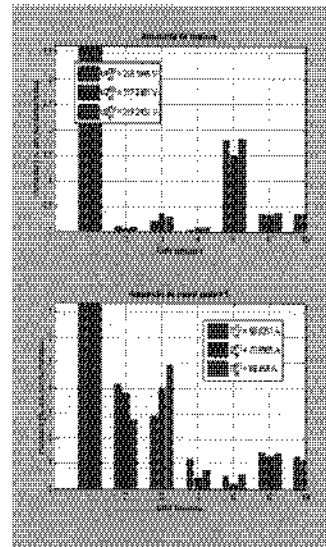


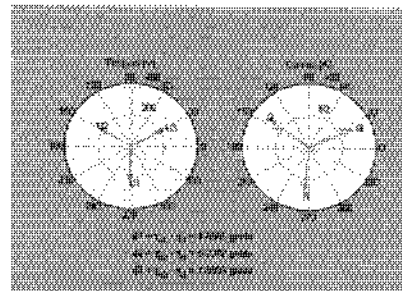
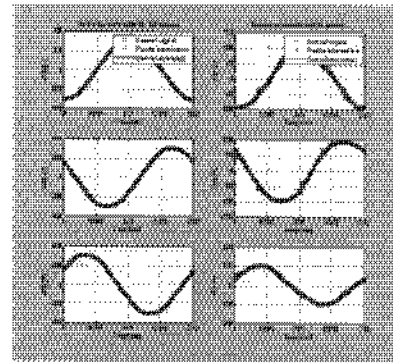
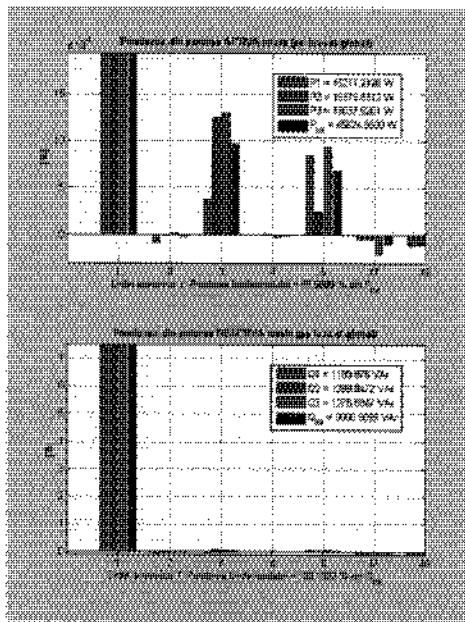
Fig. 26

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)



(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

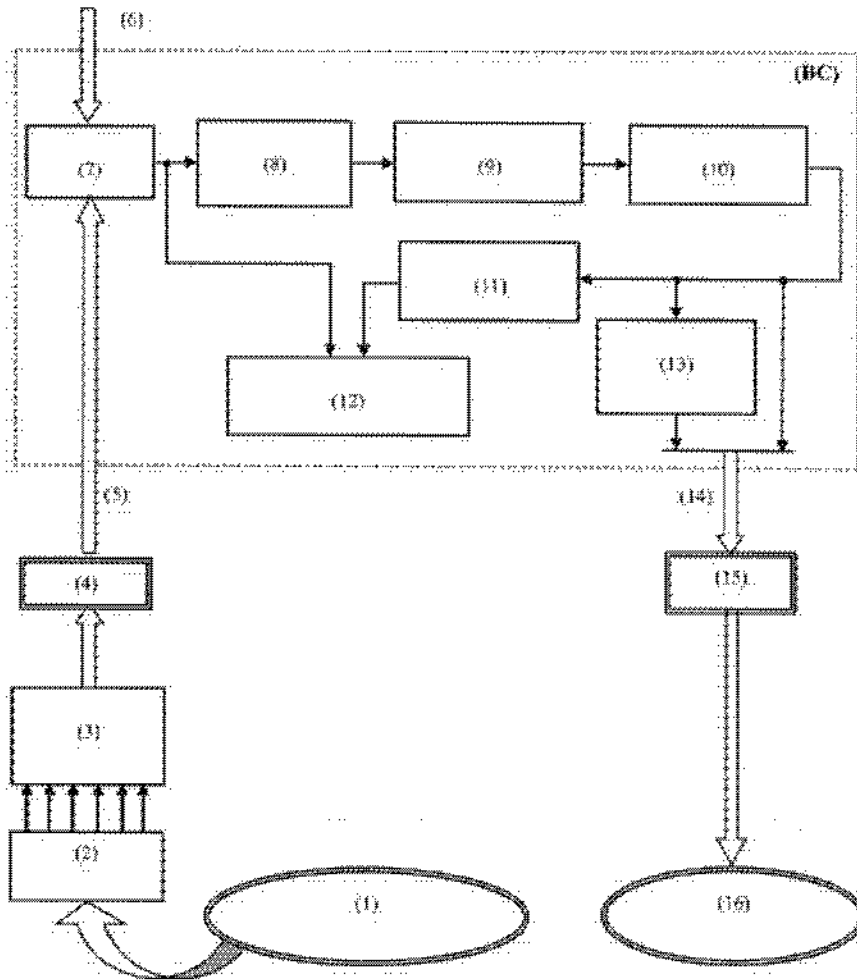


Fig. 30

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

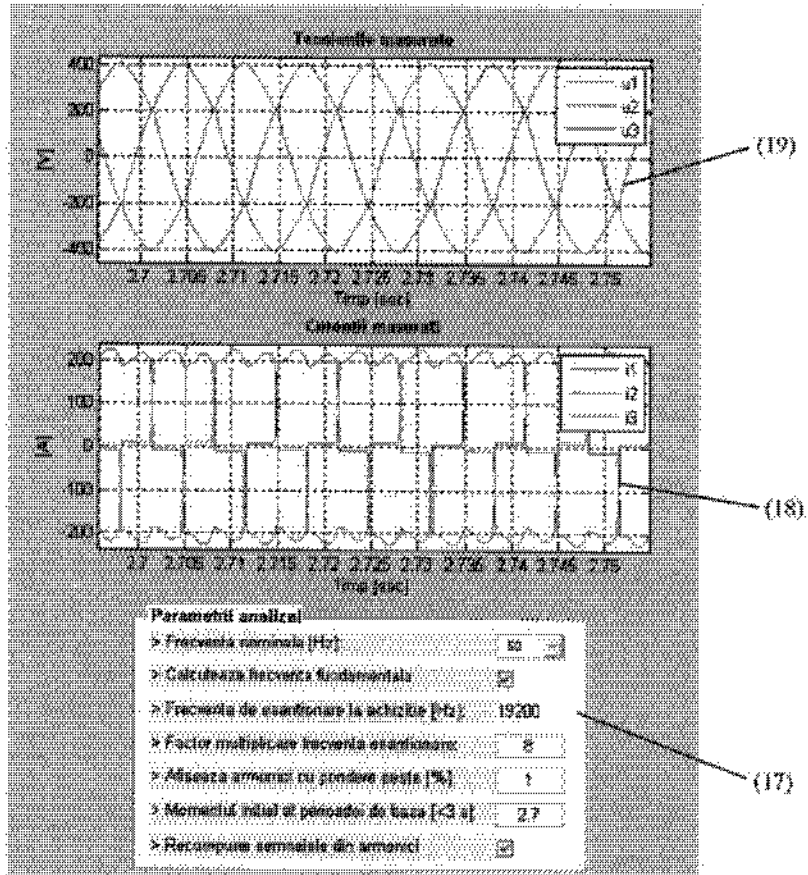


Fig. 31

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

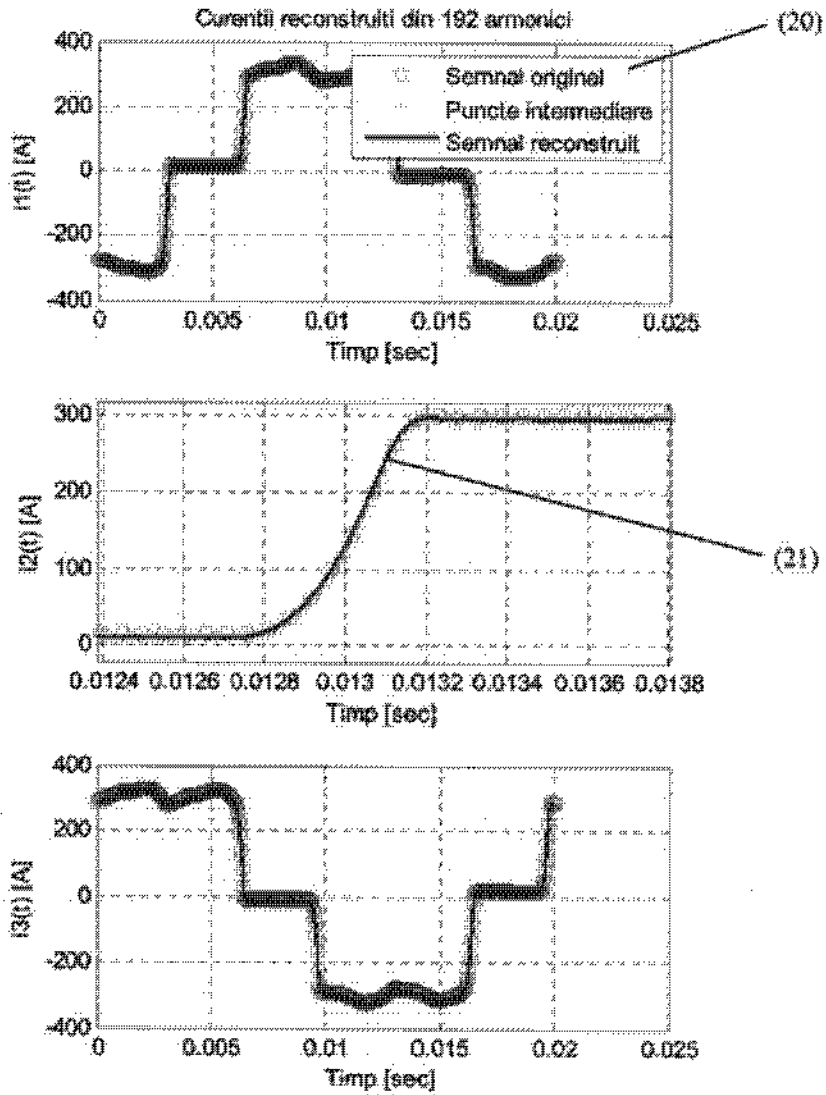


Fig. 32

(51) Int.Cl.

G01R 21/133 (2006.01),

G01R 19/25 (2006.01),

G06F 19/00 (2006.01)

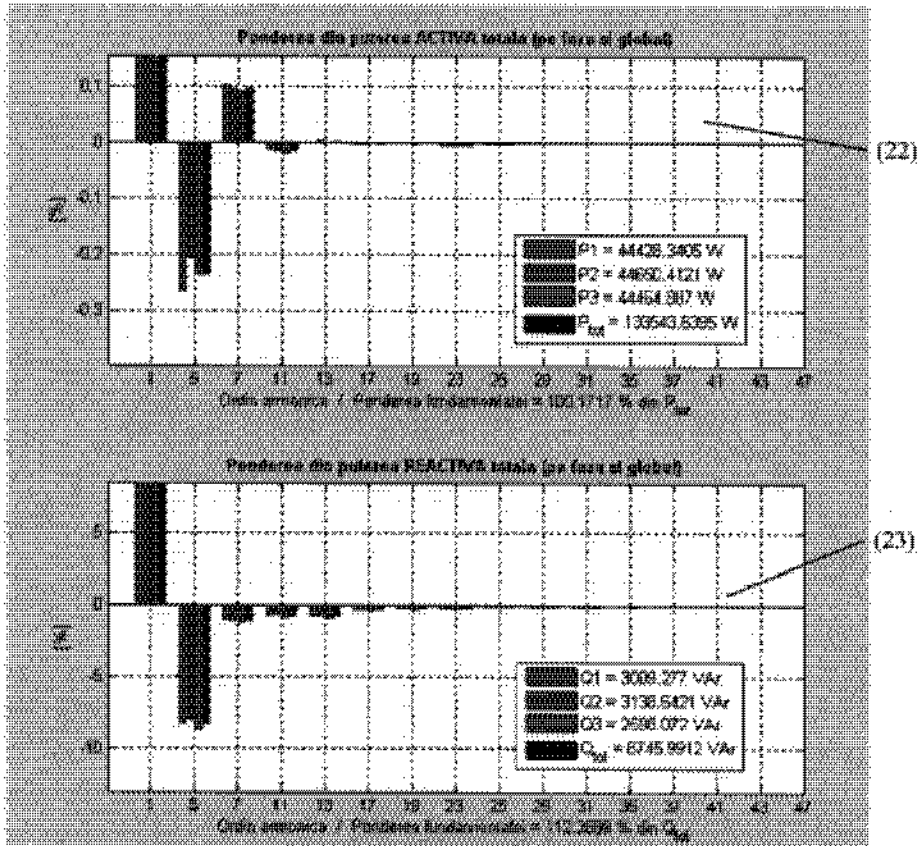


Fig. 33



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 705/2015