



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00420**

(22) Data de depozit: **04.06.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.07.2012** BOPI nr. 7/2012

(66) Prioritate internă:

04.06.2008 RO a 2008 00420

(41) Data publicării cererii:

30.12.2010 BOPI nr. 12/2010

(73) Titular:

• **GESIN RESEARCH S.R.L., ȘOS.BERCENI
NR.104, BL.T3, SECTOR 4, BUCUREȘTI,
RO**

(72) Inventatori:

• **TĂNĂSESCU GABRIEL,
BD.CONSTANTIN BRÂNCOVEANU NR.111,
BL.V5, ET.1, AP.1, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **NOTINGHER PETRU,
STR.DRUMUL TABEREI NR.103, BL.A10,
SC. E, AP.67, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**US 6529135 B1; EP 0841574 A2;
US 5726911**

(54) **SISTEM ȘI METODĂ DE MONITORIZARE ȘI
DIAGNOSTICARE A SISTEMELOR DE IZOLAȚIE ALE
MAȘINILOR ELECTRICE DE MEDIE ȘI MARE PUTERE**



RO 125933 B1

1 Prezenta invenție se referă la un sistem și la o metodă de monitorizare și diagnos-
ticare a sistemelor de izolație ale mașinilor electrice (SMD SIME), utilizate pentru evaluarea
3 integrității izolației mașinilor electrice de medie și mare putere.

5 În perioada actuală, în țara noastră, este prioritară reabilitarea mașinilor electrice de
6 medie și mare putere, întrucât majoritatea acestora se află în funcțiune de peste 20-30 de
7 ani; unele dintre ele se află într-o fază de îmbătrânire avansată și necesită testarea parame-
trilor înfășurărilor, determinarea gradului de degradare și analiza integrității fizice a acestora.

9 În timpul fabricării și exploatării, sistemele de izolație ale mașinilor electrice sunt
supuse la o serie de solicitări de scurtă și/sau lungă durată, permanente sau temporare,
11 constante sau variabile, de natură mecanică (forțe electromagnetice, presiuni de montaj și
diluări termice, vibrații, șocuri), electrică (solicitări datorate câmpului electric produs de ten-
13 siunile de serviciu sau de supratensiunile de natură atmosferică sau de comutație), termică
(încălziri datorate pierderilor de putere din conductoare, din materialele electroizolante sau
15 din circuite magnetice, prin frecări mecanice și de ventilație), radiații solare și ionizante,
factori agresivi de mediu (oxigen, umiditate atmosferică, poluare atmosferică industrială,
17 ceață salină, microorganisme, ciuperci, insecte). Efectele acestor solicitări, dependente de
duratele și intensitățile solicitărilor, determină modificări fizico-chimice în structura sistemului
19 de izolații (îmbătrânire fizică, îmbătrânire chimică, îmbătrânire biochimică, îmbătrânire
mecano-chimică), care se reflectă prin reducerea performanțelor electroizolante, cu efecte
directe sau indirecte asupra aptitudinii de funcționare și a duratei de viață a mașinii.

21 Cum performanțele în exploatare ale mașinilor electrice depind în mod esențial de
stările sistemelor de izolație și în multe situații s-a constatat că defectările în sarcină ale
23 mașinilor electrice sunt cauzate de probleme ale sistemelor lor de izolație, invenția propusă -
SMD SIME - trebuie să permită, pe lângă evaluarea stării generale a mașinii monitorizate și
25 evaluarea stărilor sistemelor acestora de izolație, atât on-line (fără deconectarea mașinii din
sistem), cât și off-line (cu deconectarea mașinii din sistem). De altfel, în multe situații, este
27 de comun acord acceptat faptul că duratele de exploatare a mașinilor electrice sunt limitate
de duratele de viață ale sistemelor lor de izolație. Din aceste motive, sistemele de
29 diagnosticare și monitorizare se referă, în principal, la această componentă a mașinilor
electrice.

31 Cercetările efectuate în ultimii ani de principalii fabricanți și utilizatori de mașini
electrice din SUA, Germania, Marea Britanie, Franța, Elveția, Japonia, China etc. se referă,
33 îndeosebi, la diagnosticarea și monitorizarea sistemelor de izolație. Scopul acestor cercetări
constă în stabilirea parametrilor care dau informațiile cele mai complete privitoare la stările
35 sistemelor de izolație și a valorilor lor limită, realizarea de echipamente pentru măsurarea
valorilor parametrilor aleși și achiziționarea rezultatelor și realizarea unor programe de
37 calculator performante, de prelucrare și interpretare a datelor, semnalarea depășirilor
valorilor limită admisibile și luarea unor decizii privind eventualele deconectări ale mașinilor
39 electrice.

41 În cadrul Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE - International
Council on Large Electric Systems), s-au constituit grupuri de lucru pentru elaborarea unor
43 metodologii de diagnosticare și monitorizare, iar majoritatea conferințelor și simpozioanelor
internaționale, privitoare la echipamentele electrice, tratează acest subiect. De asemenea,
această preocupare se reflectă în tematicile sesiunilor științifice, organizate în cadrul
45 Expoziției anuale internaționale de la Berlin, privind înfășurările, izolația și fabricarea
produselor electrotehnice (CWIEME - Coil Winding, Insulations & Electrical Manufacturing
47 Exhibition).

RO 125933 B1

Pe de altă parte, necesitatea elaborării unor soluții noi cu privire la monitorizarea și diagnosticarea sistemelor de izolație ale mașinilor electrice a devenit o problemă din ce în ce mai importantă și din considerente economice. De aceea, extinderea duratei de viață și optimizarea planurilor de mentenanță predictivă (care permit eliminarea operațiilor de întreținere care nu sunt necesare) reprezintă punctele de principal interes ale invenției propuse. De asemenea, aceasta va permite stabilirea momentului oportun pentru scoaterea controlată a mașinii din serviciu - în vederea efectuării operațiilor de întreținere și/sau înlocuire - înainte de defectarea acesteia în timpul funcționării. Astfel, pot fi evitate pierderile de natură financiară, generate de defectarea în sarcină a mașinilor electrice.

În prezent, pe piața de specialitate sunt disponibile o serie de sisteme pentru monitorizarea și diagnosticarea sistemelor de izolație ale mașinilor electrice (de exemplu, soluția prezentată de brevetul **US 6529135 B1**), care permit evaluarea on-line și off-line a unor mărimi, cum sunt temperatura ambiantă, a rulmenților, a carcusei și a înfășurărilor, niveluri de zgomot, descărcări parțiale, curenți și tensiuni pe durata funcționării, fluxul magnetic, întrefierul etc., dar și rezistența de izolație și factorul de pierderi dielectrice ale sistemului de izolație.

Puține sunt însă cercetările efectuate pe materiale neomogene și anizotrope sau pe sisteme de izolație ale mașinilor electrice de puteri mari. Dintre acestea, remarcăm pe cele referitoare la eșantioane din rășini epoxidice simple sau în straturi și pe eșantioane compozite. De asemenea, s-a încercat să se facă unele corectări între valorile sarcinii spațiale și curenții stimulați termic. Din păcate, măsurarea sarcinii spațiale din sistemele de izolație este relativ dificilă, iar ultimele realizări se referă doar la izolațiile cablurilor. O variantă interesantă o constituie măsurarea curenților de absorbție/resorbție și prelucrarea curbelor de variație a acestora, pentru extragerea componentei curentului corespunzător sarcinii spațiale, componentă dependentă, deci, de gradul de îmbătrânire a sistemului de izolație.

Metodele și echipamentele cunoscute se axează pe anumiți parametri (descărcări parțiale, vibrații etc.). Echipamentele existente nu prezintă programe de calculator de diagnosticare a stărilor mașinilor electrice și nici nu utilizează datele obținute prin măsurători off-line.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în verificarea sistemelor de izolație a înfășurărilor mașinilor electrice de medie și mare putere, pe baza următorilor parametri măsurați: curentul și tensiunea din stator, nivelul de vibrații, turația, temperatura înfășurărilor, temperatura ambiantă, intensitatea descărcărilor parțiale, precum și gradul de îmbătrânire a sistemelor de izolație, folosind măsurarea curenților de absorbție/resorbție.

Sistemul de monitorizare și diagnosticare a sistemelor de izolație ale mașinilor electrice de medie și mare putere înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că este constituit dintr-un bloc senzori de temperatură, un senzor de turație care transmite semnale unui traductor de turație, un bloc senzori de vibrație care transmite semnale unui traductor de vibrații, un bloc de alimentare care transmite tensiuni și curenți de alimentare unui bloc de traductoare curenți și tensiuni, un bloc cu senzori pentru descărcări parțiale, care transmite semnale unui server bază de date, o placă de achiziție, două module de achiziție și un modul de conversie, primul modul de achiziție primește semnale de la blocul senzori de temperatură și de la traductorul de turație, semnale care, prin modulul de conversie, ajung la serverul bază de date, al doilea modul de achiziție primind semnale de la blocul de traductoare curenți și tensiuni, semnale care, prin modulul de conversie, sunt transmise serverului bază de date, care mai primește semnale prin intermediul plăcii de achiziție de la traductorul de vibrații.

RO 125933 B1

1 Metoda de monitorizare, pusă în aplicare de sistemul prezentat mai sus, utilizează
o aplicație specializată de monitorizare și diagnosticare, compusă din patru subaplicații
3 specializate, astfel: o subaplicație de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor
on-line, o subaplicație de stocare on-line, o subaplicație de vizualizare locală și la distanță
5 on-line și o subaplicație de diagnosticare off-line care, în scopul monitorizării, subaplicația
de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor on-line inițializează achiziția datelor
7 de la timpul $t = 0$, apoi se introduc datele furnizate de modulele de achiziție și de placa de
achiziție, care sunt tensiuni, curenți, temperaturi, turație, vibrații, semnale preluate de la
9 senzorii montați pe mașina electrică supravegheată, se calculează coeficientul de încărcare,
temperatura medie a înfășurării, erorile de curent și tensiune față de valorile nominale, erorile
11 temperaturilor măsurate față de temperatura nominală, iar la ultimul pas se realizează
incrementarea timpului cu Δt , la sfârșitul achiziției și prelucrării primare a datelor, după care
13 se revine la al doilea pas, de unde se reia o nouă achiziție de date, de la un alt moment de
timp, după care subaplicația de stocare on-line introduce datele furnizate de subaplicația de
15 achiziție, stochează datele primite în serverul baza de date, precum și stochează alarmele,
dacă este cazul, iar subaplicația de vizualizare locală și la distanță on-line vizualizează
17 blocurile de încărcare, descărcări parțiale, vibrații, durată de viață rămasă, iar la pasul **P17**,
se realizează incrementarea timpului cu Δt , la sfârșitul vizualizării on-line a datelor, după
19 care se revine la pasul de inițializare a vizualizării, de unde se reia o nouă vizualizare de
date, de la un alt moment de timp.

21 Prin aplicarea invenției, se obțin următoarele avantaje:

- echipamentul realizat va permite și achiziționarea, stocarea și prelucrarea unor
23 informații rezultate din măsurătorile inițiale sau măsurătorile off- și/sau on-line ale altor
parametrii caracteristici ai sistemelor de izolație, utili pentru evaluarea stărilor de îmbătrânire
25 a sistemelor de izolație ale mașinilor electrice (SIME) și luarea de decizii privind eventualele
deconectări ale mașinilor electrice și evitarea defectării lor;

27 - partea de vizualizare și analiză nu afectează sistemul de achiziție, stocare și
prelucrare a datelor on-line.

29 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...27,
care reprezintă:

31 - fig. 1, schema bloc a sistemului de monitorizare on-line;

- fig. 2a, principiul măsurării curenților de absorbție și resorbție;

33 - fig. 2b, dispozitiv pentru măsurarea curenților de absorbție și resorbție;

- fig. 3, arhitectura soluției de monitorizare;

35 - fig. 4, interfața aplicației de stocare a datelor EStocare;

- fig. 5, interfața EMonitor;

37 - fig. 6, interfața WebConsole;

- fig. 7, interfața DiagElectric;

39 - fig. 7a, diagrama subaplicației de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor
on-line EServer;

41 - fig. 7b, diagrama subaplicației de stocare a datelor on-line EStocare;

43 - fig. 7c, diagrama subaplicației de vizualizare locală sau la distanță on-line
EMonitor/WebConsole;

45 - fig. 7d, diagrama subaplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru
determinarea stării mașinii electrice supravegheate;

47 - fig. 7e, diagrama subaplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru
determinarea stării sistemului de izolație;

49 - fig. 7f, diagrama subaplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru
determinarea stării înfășurărilor;

RO 125933 B1

- fig. 7g, diagrama sub-aplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru determinarea principalelor caracteristici electrice;	1
- fig. 7h, diagrama subaplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru determinarea stării sistemului de răcire și a unor caracteristici diverse;	3
- fig. 7i, diagrama subaplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru determinarea stării întregului echipament;	5
- fig. 8, structura softului de analiză off-line;	7
- fig. 9, diagrama subaplicației de diagnosticare off-line DiagElectric pentru estimarea duratei de viață rămase;	9
- fig. 10, datele generale ale mașinii testate;	
- fig. 11, alarme;	11
- fig. 12, analiza încărcării;	
- fig. 13, analiza duratei de viață;	13
- fig. 14, analiza vibrațiilor;	
- fig. 15, aplicația pentru achiziția descărcărilor parțiale;	15
- fig. 16, raport privind descărcările parțiale;	
- fig. 17, analiza curentului (faza A);	17
- fig. 18, analiza curentului (faza B);	
- fig. 19, analiza curentului (faza C);	19
- fig. 20, analiza tensiunilor de alimentare;	
- fig. 21, analiza temperaturilor înfășurărilor;	21
- fig. 22, starea izolației;	
- fig. 23, încercarea cu tensiune mărită;	23
- fig. 24, analiza curenților de absorbție;	
- fig. 25, analiza curenților de resorbție;	25
- fig. 26, termoviziune;	
- fig. 27, determinare stare motor.	27
Sistemul de monitorizare și diagnosticare, conform fig. 1, conține un bloc senzori de temperatură BSTemp , un senzor de turație ST , care transmite semnale unui traductor de turație TT , un bloc senzori de vibrație BSV , care transmite semnale unui traductor de vibrații TV , un bloc de alimentare BA , care transmite tensiuni și curenți de alimentare unui bloc de traductoare curenți și tensiuni BTCT , un bloc cu senzori pentru descărcări parțiale BSDP , care transmite semnale unui server bază de date SBD , o placă de achiziție PA , două module de achiziție MA1 și MA2 și un modul de conversie MC . Modulul de achiziție MA1 primește semnale de la blocul senzori de temperatură BSTemp și de la traductorul de turație TT , semnale care prin modulul de conversie MC , ajung la serverul bază de date SBD . Al doilea modul de achiziție MA2 primește semnale de la blocul de traductoare curenți și tensiuni BTCT , semnale care, prin modulul de conversie MC , sunt transmise serverului bază de date SBD , care mai primește semnale, prin intermediul plăcii de achiziție PA , de la traductorul de vibrații TV .	29
Așa cum se observă din fig. 1, structura sistemului de achiziție este modulară, putându-se realiza și monta ușor, fără a afecta celelalte componente (senzori, calculator, rețea etc.).	31
Legăturile de la senzori vor intra în șirurile de cleme ale cutiei în care sunt dispuse echipamentele de achiziție. Toate cablurile vor fi inscripționate, pentru a se ști de unde vin.	33
Toate semnalele ce intră în șirul de cleme vor merge după cum urmează:	35
- semnalele de la termocuplele din blocul senzori de temperatură BSTemp vor merge direct în primul modul de achiziție MA1 ;	37

RO 125933 B1

1 - semnalele de tensiune și curent din blocul de alimentare **BA** vor merge în traductoarele corespunzătoare din blocul de traductoare curenți și tensiuni **BTCT**;

3 - semnalul de la senzorul de turație **ST** va merge la traductorul de turație **TT** corespunzător, apoi la modulul de achiziție **MA1**;

5 - semnalele de la blocul senzori de vibrație **BSV**, prin traductorul de vibrații **TV**, vor merge în placa de achiziție **PA**, fiind apoi transmise serverului bază de date **SBD**;

7 - semnalele de la blocul cu senzori pentru descărcări parțiale vor merge în portul serial RS 232 al serverului bază de date **SBD**.

9 În acest mod, toate semnalele ajung la modulele de achiziție **MA1** și **MA2**, și respectiv, la placa de achiziție **PA**. Semnalele de la modulele de achiziție **MA1** și **MA2** sunt preluate, prin intermediul modulului de conversie **MC** (I 7520), și transferate, prin interfața serială RS 232, serverului bază de date **SBD** (care este un calculator specializat), unde sunt achiziționate, stocate și prelucrate.

15 Blocul senzori de temperatură **BSTemp** conține șapte termocuple, pentru a detecta temperatura din mașina electrică, dar și a mediului ambiant. Se utilizează termometre cu rezistență PT 100, cu conectare prin trei conductori. Aceștia se vor instala în stator, respectiv, în exteriorul mașinii. Intervalul de temperatură este -50 ...+200°C, atât pentru senzorii folosiți în stator, cât și pentru mediul ambiant. Convertizorul de măsurare trebuie să se încadreze în următoarea gamă de măsură: conexiune Q/3 - conductor PT 100; precizia măsurării: 0,1°C/cifră; intervalul de măsurare: -250...+850°C.

21 Senzorul de turație **ST** (de tip Ni3-EG08K-Y1) se utilizează pentru măsurarea turației, împreună cu un convertor de frecvență/curent (de tip MK21 - 122-Ri) ce poate lucra până la 60 kHz. În secundarul convertorului vom obține un semnal de 4...20 mA.

25 Blocul senzori de vibrație **BSV** folosește senzori de vibrații (de tip MTN 1185C). Se utilizează doi senzori de vibrații montați sub lagăre, în gama de măsură 0 - 100 cm/s, pentru temperaturi de la -25 până la +100°C. Acest senzor este folosit pentru a măsura accelerația carcasei statorului, senzorul fiind montat pe carcasa statorului. Se măsoară componenta accelerației perpendiculare pe peretele cuvei. Ca traductor de măsurare, se folosește o placă de achiziție **PA** (de tip NI 6009), pentru a realiza achiziția semnalului în gama de frecvență 0 - 1000 Hz.

31 Blocul de traductoare curenți și tensiuni **BTCT** conține traductoare de curent (de tip SINEAX I 538) care se utilizează pentru măsurarea curenților. Traductoarele de curent sunt cu separare galvanică între primar și secundar, alegându-se tipul corespunzător curenților nominali ai mașinii electrice sau putând fi alimentați din secundarele transformatoarelor de curent folosite pentru măsurarea curenților de alimentare ai mașinii monitorizate. În cazul nostru, folosim traductoare ce în primar suportă maximum 5 A, iar în secundarul traductoarelor vom obține un semnal de 4...20 mA.

39 Blocul de traductoare curenți și tensiuni **BTCT** mai conține traductoare de tensiune (de tip SINEAX U 539) care se utilizează pentru măsurarea curenților. Traductoarele de tensiune sunt cu separare galvanică între primar și secundar, alegându-se tipul corespunzător transformatoarelor de tensiune folosite pentru măsurarea tensiunii de alimentare a mașinii monitorizate. În cazul nostru, folosim traductoare ce în primar suportă maximum 100 V, iar în secundarul traductoarelor vom obține un semnal 4...20 mA.

45 Blocul cu senzori pentru descărcări parțiale **BSDP** conține senzori pentru descărcări parțiale (de tip PDTrac). Descărcările parțiale sunt semnale de frecvență radio măsurate în gama MHz, produse de microarcele electrice și scânteierile care apar în izolația de înaltă tensiune. În cazul utilizării detecției electrice a descărcărilor parțiale, vom utiliza sistemul

RO 125933 B1

PDTrac, în care se vor utiliza senzori cu capacitate de 80 nF, la o tensiune de 6,9 kV, în gama de frecvențe de 0 ...1 MHz. Sistemul utilizează cuploare PDA cu condensatoare pe bază de mică.	1 3
Pentru modulele de achiziție MA1 și MA2 , având în vedere fiabilitatea, prețul scăzut, precum și condițiile de mediu în care funcționează, s-au folosit module de achiziție de tipul M 7019 R. Pentru trecerea de la RS 485 la RS 232, se folosesc module de tipul I 7520, cu următoarele caracteristici tehnice:	5 7
- intrări analogice cu 8 canale diferențiale; intrări de tipul: mV, V, mA; tremocuplu; rata de eșantionare de 8 S/s; banda de frecvență de 5.24 Hz; precizie de 0.15%; izolație de 3000 Vcc; modbus RTU;	9
- sursa de alimentare cu tensiunea de alimentare de 10...30 Vcc; putere absorbită de 1.2 W;	11
- gama de temperatură de lucru de -25...+75°C.	13
Placa de achiziție PA (de tip NI - 6009) are următoarele caracteristici tehnice:	
- intrări analogice cu 8 canale simple/4 canale diferențiale; 2 ieșiri analogice; intrări de tipul: $\pm 1 \dots \pm 20$ V; rata de eșantionare de 48 kS/s; banda de frecvență de 150 Hz; rezoluție de 32 biți;	15
- sursa de alimentare cu tensiune de alimentare de 10...30 Vcc; putere absorbită de 1.2 W;	17 19
- gama de temperatură de lucru de 0...+55°C.	
Serverul bază de date SBD este o mașină specializată (calculator) care stochează toată informația preluată de mașina de achiziție și pune informația la dispoziția serverului web, rețelei locale din stație (IntraLAN) sau unui calculator conectat la Internet, prevăzut cu o aplicație desktop specială. Mașina își va face singură o copie de siguranță, la un anumit interval de timp. Serverul bază de date SBD are trei legături: una către internet, una către rețeaua locală din stație și o legătură către mașina de achiziție (Sistem de operare de tip: Microsoft Windows Server 2003, Baza de date: Microsoft SQL Server 2005).	21 23 25 27
Firewallul (echipamentul care izolează două rețele de calculatoare una de alta) este o mașină opțională, folosită pentru o sporire a securității serverului de date. El reprezintă poarta de intrare din internet a serverului de date. Mașina se poate înlocui și cu un router (sistem de operare de tip Linux).	29 31
Serverul WEB este destinat afișării parametrilor de la orice mașină și prelucrarea lor. Pe serverul web este o subaplicație WebConsole (fig. 6), care servește la vizualizarea, prelucrarea și compararea parametrilor. Aceste funcționalități se pot face de oriunde din Internet (prin intermediul web-ului) bineînțeles cu anumite măsuri de securitate. Practic, pe serverul de web, va fi un site prin care se poate ajunge la informația stocată de la orice mașină electrică supravegheată (sistem de operare de tip Linux).	33 35 37
Structura sistemelor de izolație a mașinilor electrice rotative nu este așa complexă ca cea a sistemelor de izolație a transformatoarelor electrice, aceasta explicându-se în primul rând că mașinile electrice nu se construiesc pentru tensiuni mai mari de 25 kV, decât în cazuri excepționale.	39 41
Componentele principale ale sistemelor de izolație ale mașinilor electrice sunt următoarele: izolația de creștătură; izolația între bobine; izolația între straturi și spire; izolația între straturi și între spire (izolația între straturile și spirele adiacente aflate în aceeași creștătură); izolația conductorului (izolație care înconjoară conductoarele elementare legate în paralel); izolația capetelor de bobină (între capătul de bobină și suportul capătului de bobină, dacă acesta din urmă nu este izolat); izolația terminalelor.	43 45 47

RO 125933 B1

1 Componentele sistemelor de izolație enumerate mai sus nu se regăsesc în toate
tipurile de mașini. Sistemul de izolație al turbo și hidrogeneratoarelor mari este mult mai
3 complex, acesta conținând toate componentele amintite mai sus. La motoarele de curent
alternativ, de puteri mici și pentru tensiuni nominale joase, de exemplu, la cele asincrone,
5 sistemul de izolație este foarte simplu, fiind constituit din izolația de email a conductorului
(izolația de conductor) și izolația de crestătură, la a căror dimensionare se iau în considerație
7 mai mult solicitările mecanice la care sunt supuse înfășurările în timpul fabricației și mai puțin
cele electrice.

9 La mașinile electrice rotative de putere mare, cum sunt turbogeneratoarele de câteva
sute de MW ale centralelor electrice, solicitarea electrică a izolației este tot atât de importantă
11 ca și solicitarea mecanică provocată de mișcări și dilatarea termică. În timpul funcționării,
izolația se defectează ca urmare a efectului comun al acestor solicitări.

13 Statisticile arată ca ieșirea din funcțiune a turbo și hidrogeneratoarelor de mare putere
este datorată, în proporție de cel puțin 20%, deteriorărilor și degradării izolației (oboseală,
15 îmbătrânire timpurie).

În timpul funcționării, mașinile electrice sunt supuse la numeroase solicitări. Acestea
17 sunt de natură termică, electrică și mecanică, și au ca rezultat, în general, degradarea
sistemului de izolație.

19 Degradarea sistemului de izolație poate fi lentă, drept consecință a fenomenelor de
îmbătrânire, oboseală și umezire (care cuprinde întreaga masă a sistemului de izolație) sau
21 rapidă, datorită unor defecte ascunse, nedescoperite la încercări și care ies la iveală în
perioada de rodaj (probe tehnologice).

23 Dacă pentru primul tip de degradare a sistemului de izolație (degradarea lentă), există
multe metode de verificare, cel de-al doilea tip (degradarea rapidă) este dificil de pus în
25 evidență la încercările izolației. În cadrul încercărilor pentru cel de-al doilea tip, se pune
accent deosebit pe verificarea izolațiilor de crestătură, dintre spire și dintre bobinele
27 statorului, care în trecut era realizată din dolii de mică impregnate cu pastă compound, iar
mai recent pe suporturi de benzi sintetice impregnate în rășini sintetice.

29 La o mașină electrică trebuie verificat atât statorul, cât și rotorul. În general, înfășu-
rările rotorului sunt de joasă tensiune, verificarea lor necesită un volum mai mic de teste.

31 În afară de izolația statorică și rotorică, la mașinile electrice mai trebuie verificată și
izolația altor elemente, ca de exemplu, cea a colectorului, inelelor colectoare, precum și a
33 portperiilor și a plăcii de borne.

Scopul principal al încercărilor este verificarea izolației înfășurărilor față de armăturile
35 mașinii și verificarea izolației dintre spire.

La mașinile electrice rotative trifazate cu neutrul accesibil și demontabil, este ușor de
37 verificat izolația între faze, cu ajutorul unei surse de tensiune externă. La cele care au neutrul
inaccesibil, verificarea izolației între faze se face cu tensiune indusă, similar ca la
39 transformatoarele de putere. În cazul generatoarelor mici, a hidrogeneratoarelor și a
motoarelor asincrone, este recomandată și verificarea izolației între spire.

41 Verificarea izolației statorului mașinilor de curent alternativ se face cu tensiuni de
încercare de 50 Hz sau cu tensiuni redresate echivalente, măsurându-se, de asemenea, și
43 rezistența de izolație, coeficientul de pierderi dielectrice și intensitatea descărcărilor parțiale.
Rotorul mașinilor de curent alternativ, statorul și rotorul mașinilor de curent continuu se
45 verifică cu tensiuni de încercare de 50 Hz sau cu tensiuni continue, măsurându-se rezistența
de izolație sau coeficientul de absorbție.

47 În ceea ce privește încercarea izolației între spire și bobine, se preferă încercările cu
impulsuri de tensiune sau de curent, având în vedere sensibilitatea mărită a metodei din
49 punct de vedere al defectoscopiei.

RO 125933 B1

O particularitate a încercării izolației mașinilor rotative o constituie capacitatea relativ mare (de ordinul microfarazilor) a obiectului de încercat.	1
În ceea ce privește monitorizarea și diagnosticarea on-line a mașinilor electrice, trebuie făcută distincție între monitorizare și diagnosticare. Monitorizare înseamnă achiziție de date, dezvoltarea senzorilor și dezvoltarea metodelor pentru determinarea condiției mașinilor electrice. Diagnosticarea este pasul următor monitorizării și cuprinde interpretarea datelor măsurate "off-line" (indirect) și "on-line" (direct).	3 5 7
În timpul funcționării, mașinile electrice sunt supuse la numeroase solicitări. Acestea sunt de natură termică, electrică și mecanică, și au ca rezultat, în general, degradarea sistemului de izolație. Degradarea presupune reducerea calității izolației. Descărcările locale pot duce la distrugerea înfășurărilor și pot rezulta puncte calde. Fenomenul degradării trebuie folosit pentru obținerea de informații necesare măsurătorilor. Pentru estimarea duratei de viață rămase și pentru realizarea unui sistem de avertizare rapid, cele mai importante mărimi măsurate, pentru monitorizarea "on-line" sunt încărcarea mașinii, condițiile de exploatare ale acestuia, analiza descărcărilor parțiale, nivelul zgomotului, analiza vibrațiilor, temperatura, analiza curenților de absorbție/resorbție.	9 11 13 15
Parametrii urmăriți la monitorizarea on-line sunt: temperatura înfășurărilor; temperatura ambiantă; curentul și tensiunea din stator; intensitatea descărcărilor parțiale; nivel vibrații; turația.	17 19
Pentru estimarea duratei de viață rămase și pentru realizarea unui sistem de avertizare rapid, se urmăresc următorii parametri: încărcarea mașinii electrice; îmbătrânirea termică; condiția izolației complexe; eficiența sistemului de răcire; automatizări și protecții ca semnalizări, protecții și automatizări; determinarea spectrului de vibrații; determinarea nivelului descărcărilor parțiale.	21 23
Sistemul de monitorizare constă din trei componente de bază: senzori BSTemp , ST , BSV , BSDP , module de conversie analog-digitală MC și serverul bază de date SBD , echipat cu un sistem de achiziție, pentru analiză și prelucrarea datelor. Tabelul arată gradul maxim de întindere a sistemului de monitorizare. Trei tensiuni și patru curenți pot fi măsurați, inclusiv curentul pe conductorul de nul, pe partea de înaltă tensiune. Aceste semnale sunt furnizate de trei senzori de tensiune și patru senzori de curent, care se montează în cutia special destinată releelor și senzorilor.	25 27 29 31

Tabel 33

Mărimile ce pot fi achiziționate

Mărimă măsurată	Nr. Senzori	Observații	35
TENSIUNI	3		
CURENȚI	3+1		37
TEMPERATURI	6+1		
VIBRAȚII	2		39
DETERMINAREA NIVELULUI DESCĂRCĂRILOR PARȚIALE	3		41

Aceasta permite calcularea puterii tranzitate de mașina electrică. De asemenea, se poate efectua analiza multirezoluție a tensiunilor și curenților.

43

RO 125933 B1

1 Măsurarea temperaturii în partea superioară și inferioară, și măsurarea temperaturii
2 mediului ambiant ne furnizează informații despre procesul răcirii și eficienței răcirii. În funcție
3 de temperaturile ce se vor culege, numărul senzorilor se poate modifica. O posibilitate a sis-
4 temului de monitorizare este aceea de a determina spectrul de vibrații al mașinii electrice prin
5 achiziționarea semnalelor de la doi senzori piezoelectrice montați pe carcasa mașinii
6 electrice, prin suport magnetic. Locurile unde se fixează senzorii se vor determina după
7 măsurătorile inițiale de vibrații, care au rolul de a stabili punctele de măsură, în scopul
8 distanțării de grupele de răcire.

9 Elementul de noutate a metodei de monitorizare implementată pe SMD SIME constă
10 în măsurarea curenților de absorbție și resorbție (fig. 2) cu dispozitivul ID-1000, prezentat în
11 fig. 2b. Principiul de măsurare a curenților de absorbție și resorbție constă în aplicarea unei
12 tensiuni continue, pentru o anumită durată de timp, la armăturile de arie A ale unui
13 condensator și măsurarea curenților care străbat dielectricul de grosime g al acestuia. La
14 aplicarea unei tensiuni treaptă U_0 , condensatorul absoarbe un curent variabil în timp, a cărui
15 intensitate $i_a(t)$ este dată de suma a patru componente.

$$17 \quad i_a(t) = i_i(t) + i_p(t) + i_{ss}(t) + i_c(t) \quad (1)$$

19 în care $i_i(t)$ reprezintă intensitatea curentului de încărcare a condensatorului având ca
20 dielectric vidul, $i_p(t)$ - intensitatea curentului de polarizare, $i_{ss}(t)$ - intensitatea curentului
21 aferent sarcinii spațiale și $i_c(t)$ - intensitatea curentului de conducție.

22 Componenta $i_i(t)$ corespunde încărcării condensatorului în absența dielectricului
23 (respectiv, pentru $\varepsilon = \varepsilon_0$) și se anulează foarte repede, motiv pentru care nu se înregistrează
24 în măsurătorile actuale.

25 Componenta $i_p(t)$ corespunde fenomenului de polarizare a dielectricului
26 condensatorului, respectiv, unor deplasări spațiale foarte reduse, a unui număr foarte mare
27 de sarcini legate (particule sau grupuri de particule constituate ale moleculelor dielectricului)
28 și care își recapătă pozițiile inițiale la anularea tensiunii. Curentul de polarizare $i_p(t)$ se
29 anulează ușor în timp, după aplicarea tensiunii continue U_0 .

30 Componenta $i_{ss}(t)$ corespunde sarcinii spațiale aflate în volumul dielectricului,
31 generată în timpul proceselor tehnologice de fabricație a acestuia (prin fracturarea mole-
32 culelor etc.), al proceselor de degradare în exploatare (termică, electrică, mecanică, radiativă
33 etc), prin injecția de purtători datorată muchiilor nerontujite și protuberanțelor electrozilor etc.
34 Purtătorii de sarcină sunt fixați datorită defectelor prezente în dielectrice și se deplasează în
35 interiorul dielectricului la stabilirea câmpului electric (o parte dintre ei putând ajunge la
36 armăturile condensatorului). Cum aceștia, fie sunt refixați de alte defecte situate îndeosebi
37 la interfețele dintre zonele omogene ale dielectricului, fie ajung la electrozi (concentrația
38 acestora scăzând în timp), curentul $i_{ss}(t)$ se anulează după un anumit interval de timp.

39 Curentul de conducție $i_c(t) = I_c$ (fig. 2a) se datorează convecției electronilor, gurilor,
40 ionilor și molionilor. Concentrațiile fiecărei specii de purtători de sarcină depind, printre altele,
41 de natura chimică și de structura fizică a dielectricului condensatorului. Această componentă
42 a curentului nu se modifică în timp (de la aplicarea și până la anularea tensiunii) și permite
43 determinarea experimentală a conductivității (rezistivității) electrice a dielectricului.

44 Dacă condensatorul cu eșantionul supus testării este scurtcircuitat la momentul $t = t_c$,
45 se poate măsura curentul de resorbție $i_r(t)$:

$$47 \quad i_r(t) = i_d(t) + i_{dp}(t) + i_{ss}(t) \quad (2)$$

RO 125933 B1

în care $i_a(t)$ reprezintă intensitatea curentului de descărcare a condensatorului având drept dielectric vid, $i_{dp}(t)$ este intensitatea curentului de depolarizare și $i_{ss}(t)$ reprezintă intensitatea curentului corespunzător sarcinii spațiale.

Intensitatea curentului de polarizare prezintă valori importante în sistemele de izolație polare și, îndeosebi, a celor pe bază de celuloză, aflate în medii cu umiditate ridicată. În aceste cazuri $i_{ss}(t) \ll i_p(t)$. Cum și curentul de conducție este relativ redus ($i_c(t) \ll i_p(t)$), se consideră, pentru $t_c > t_0$ (fig.2), $i_a(t) = i_p(t)$ și se definește indicele de polarizare k_p și factorul de conductivitate k_c (pentru o tensiune dată U_0):

$$k_p = \frac{i_a(60)}{i_a(600)} \quad (3)$$

$$k_c = \frac{i_a(30) - i_r(30)}{i_a(60) - i_r(60)} \quad (4)$$

în care $i_{a,r}(30, 60, 600)$ reprezintă valorile curenților de absorbție și resorbție după 30, 60 și 600 s de la aplicarea tensiunii continue U_0 .

Deoarece apa este puternic polară ($\epsilon_r = 81$), componenta $i_p(t)$ crește cu conținutul de apă din izolație, iar mărimile k_p și k_c pot fi utilizate pentru caracterizarea "stării de umezire" a sistemelor de izolație. De asemenea, experiența practică a arătat că durata de măsurare a curenților trebuie să fie cât mai mare, astfel încât curentul de absorbție să ajungă la valoarea curentului de conducție, iar curentul de resorbție să se anuleze. Astfel, cu ajutorul valorii curentului de conducție I_c , se poate calcula conductivitatea electrică σ_0 (sau rezistivitatea eșantionului testat):

$$\sigma_0 = \frac{I_c}{U_0} \cdot \frac{g}{A} \quad (5)$$

Astfel, analizând valorile curenților de absorbție și resorbție, măsurati între diferite borne ale mașinii electrice sau între o bobină și miezul magnetic, se pot obține informații mai clare cu privire la starea de îmbătrânire a sistemelor acestora de izolație, iar starea generală a acestora poate fi estimată cu o mai mare acuratețe.

Datorită arhitecturii aplicației specializate de monitorizare și diagnosticare, soluția de monitorizare este extrem de flexibilă, așa cum este prezentată în fig. 3.

Componenta aplicației specializate de vizualizare și diagnosticare oferă:

- achiziția și stocarea cu vizualizare locală;
- achiziția și stocarea cu vizualizare la distanță;
- achiziția și stocarea cu vizualizare locală și la distanță;
- achiziționarea datelor oferite de către mai multe sisteme electrice cu stocare pe un singur server sau pe mai multe servere.

Tehnologiile folosite în dezvoltarea aplicației specializate sunt tehnologiile folosite în aria enterprise, de aceea soluția conform invenției se cataloghează ca o soluție software enterprise.

RO 125933 B1

1 Aplicația specializată de monitorizare și diagnosticare este compusă din patru
subaplicații specializate:

3 - o subaplicație de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor on-line
EServer;

5 - o subaplicație de stocare on-line **EStocare**;

- o subaplicație de vizualizare locală și la distanță on-line **EMonitor** și **WebConsole**;

7 - o subaplicație de diagnosticare off-line **DiagElectric**.

Un beneficiu important al soluției de monitorizare, conform invenției, este faptul că
9 partea de vizualizare și analiză nu afectează sistemul de achiziție, stocare și prelucrare a
datelor on-line.

11 Subaplicația de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor on-line **EServer**,
conform fig. 7a, constă dintr-un prim pas **P1**, la care se pornește subaplicația **EServer**, apoi
13 la al doilea pas **P2** se inițializează achiziția datelor de la timpul $t=0$, la pasul **P3** se introduc
datele furnizate de modulele de achiziție **MA1** și **MA2**, și de placa de achiziție **PA**, care sunt
15 tensiuni, curenți, temperaturi, turație, vibrații, semnale preluate de la senzorii montați pe
mașina electrică supravegheată, la pasul **P4** se calculează coeficientul de încărcare, tempe-
17 ratura medie a înfășurării, erorile de curent și tensiune față de valorile nominale, erorile
temperaturilor măsurate față de temperatura nominală, la ultimul pas **P5**, se realizează
19 incrementarea timpului cu Δt ($t=t+\Delta t$), la sfârșitul achiziției și prelucrării primare a datelor,
după care se revine la pasul **P2**, de unde se reia o nouă achiziție de date, de la un alt
21 moment de timp.

Subaplicația **EServer** este nucleul sistemului de monitorizare și lucrează cu echi-
23 pamentele hardware, identificând informațiile achiziționate și le oferă în rețea. Subaplicația
EServer recunoaște fiecare tip de senzor și deține protocolul de comunicație cu senzorii.
25 Prelucrarea datelor achiziționate se face într-un mod particularizat fiecărui domeniu căruia
îi este destinată soluția de monitorizare. Achiziția de pe un server poate urmări mai multe
27 echipamentele electrice (motor, transformator etc), rata de eșantionare fiind reglabilă.
Subaplicația **EServer** funcționează sub mediul Microsoft Windows Server sub forma unui
29 web service.

Subaplicația de stocare a datelor **EStocare**, conform fig. 7b, constă din pasul **P6**, la
31 care se pornește subaplicația **EStocare** (fig. 4), la pasul **P7** se inițializează stocarea datelor
de la timpul $t=0$, la pasul **P8** se introduc datele furnizate de subaplicația **EStocare**, la pasul
33 **P9** se stochează datele primite în baza de date, la pasul **P10** se stochează alarmele, dacă
este cazul, iar la ultimul pas **P11**, se realizează incrementarea timpului cu Δt ($t=t+\Delta t$), la
35 sfârșitul stocării datelor, după care se revine la pasul **P7**, de unde se reia o nouă stocare de
date, de la un alt moment de timp.

37 Subaplicația **EStocare** este o aplicație care rulează sub mediul Microsoft Windows
Server, preia datele oferite de către subaplicația **EStocare** și le stochează într-o bază de date.
39 Subaplicația **EStocare** se poate configura pentru a satisface nevoile fiecărui beneficiar.
Stocarea poate fi configurată pentru un singur sau mai multe servere de achiziție.
41 Subaplicația **EStocare** este independentă de mediul bazei de date folosit, poate să lucreze
cu cele mai recunoscute sisteme de baze de date relaționale, și anume Oracle, MS SQL,
43 MySQL, PostgreSQL. Intervalul la care se face stocarea este și el configurabil. O altă
facilitate importantă este faptul că, dacă se dorește stocarea datelor de la la un nou server
45 de achiziție, stocarea celorlalte servere de achiziție, aflate sub monitorizare, nu este
întreruptă și nici vizualizarea, acest lucru făcându-se fără a afecta în vreun fel sistemul de
47 monitorizare.

RO 125933 B1

Această parte a sistemului este responsabilă, de asemenea, cu memorarea alarmelor care apar pe durata monitorizării. O alarmă este descrisă complet de momentul apariției depășirii unei anumite limite. De menționat este că această aplicație poate lipsi, dacă beneficiarul sistemului nu dorește o diagnosticare pe o perioadă lungă. 1
3

Facilitățile oferite de către subaplicația **EStocare** sunt: stocarea datelor independent de tipul bazei de date folosite; configurarea intervalului de stocare de la distanță prin intermediul aplicațiilor de vizualizare; stocarea simultană a mai multor puncte aflate sub monitorizare. 5
7

Subaplicația de vizualizare on-line a datelor, locală sau la distanță **EMonitor** sau **WebConsole** (fig. 5, fig.6 și fig. 7c) constă dintr-un prim pas **P12**, la care se pornește subaplicația **EMonitor** sau subaplicația **WebConsole**, la pasul **P13** se inițializează vizualizarea locală sau la distanță de la timpul $t=0$, la pasul **P14** se introduc datele furnizate de subaplicația **EStocare**, la pasul **P15** se vizualizează blocurile de încărcare, descărcări parțiale, vibrații, durată de viață rămasă, iar la pasul **P17**, se realizează incrementarea timpului cu Δt ($t=t+\Delta t$), la sfârșitul vizualizării on-line a datelor, după care se revine la pasul **P13**, de unde se reia o nouă vizualizare de date, de la un alt moment de timp. 9
11
13
15

Subaplicația **EMonitor** (fig. 5) este o subaplicație desktop care rulează sub mediul Microsoft Windows și a fost creată pentru ca operatorul să poată analiza și vizualiza on-line local datele achiziționate și stocate de către sistemul de monitorizare. Tot prin intermediul acestei subaplicații, se pot vizualiza și analiza datele istorice ale parametrilor. 17
19

Facilitățile oferite de către subaplicația **EMonitor** sunt: afișarea datelor on-line în format numeric și grafic; funcții de analiză ca analiza încărcării, analiza răcirii, analiza descărcărilor parțiale, analiza vibrațiilor, analiza off-line, calculul duratei de viață consumate/restante; afișarea și configurarea alarmelor; configurarea intervalului de urmărire on-line a datelor; afișarea datelor de sistem. 21
23
25

Subaplicația **WebConsole** (fig. 6) este o subaplicație web care funcționează sub un server Apache 2.2 - PHP 5. Ea este independentă de sistemul de operare, putând funcționa atât pe Linux, cât și pe Microsoft Windows. Subaplicația **WebConsole** se accesează printr-un browser web, apelând adresa serverului unde este instalată sub-aplicația. Subaplicația **WebConsole** permite vizualizarea on-line a datelor simultan, după mai multe puncte de achiziție, astfel operatorul putând să facă o comparație între datele achiziționate după echipamente electrice diferite. Aplicația permite și observarea evoluției în timp a datelor, accesând subaplicația de stocare **EStocare**. Vizualizarea datelor se poate face atât în format numeric, cât și în format grafic. 27
29
31
33

Facilitățile oferite de către subaplicația **WebConsole** sunt: vizualizare on-line a datelor după mai multe puncte monitorizate; vizualizare în format numeric și format grafic; configurarea alarmelor; configurarea intervalului de urmărire în timp a datelor; afișarea istoricului datelor stocate de către **EStocare**; documentație privitor la datele afișate. 35
37

Subaplicația de diagnosticare a datelor off-line **DiagElectric**, pentru determinarea stării mașinii electrice supravegheate (conform fig. 7d), constă dintr-un prim pas **P18**, la care se pornește subaplicația de diagnosticare **DiagElectric**, la următorul pas **P19** se introduc toate datele mașinii electrice supravegheate ca: rezistențe de izolație, capacitate, tangenta unghiului de pierderi a înfășurărilor; rezistențe de izolație anexe ca lagăre, buloane, tractoare etc; încercări cu tensiune mărită; determinări globale ca descărcări parțiale, curenți de absorbție/resorbție, vibrații, termografie etc.; rezistențe ohmice ale înfășurărilor; caracteristici electrice la mers în gol, la pornire etc.; stare sistem răcire; diverse alte caracteristici ca valoare întrefier etc., la pasul **P20** se realizează determinarea stării sistemului de 39
41
43
45
47

RO 125933 B1

1 izolație, determinarea stării înfășurărilor, determinarea principalelor caracteristici electrice,
determinarea stării sistemului de răcire și a unor caracteristici diverse, la pasul **P21** se
3 realizează diagnosticarea stării echipamentului, iar la ultimul pas **P22** se oprește subaplicația
de diagnosticare **DiagElectric**.

5 Pe baza datelor introduse din buletinele de măsurători, cu ajutorul subaplicației de
diagnosticare a datelor **DiagElectric**, se poate determina starea unei mașini electrice într-o
7 anumită perioadă de timp, și în anumite condiții (de exploatare, de climă etc.), afișându-se,
dacă este cazul, mesaje pentru avertizarea operatorului, în cazul depășirii limitelor pentru
9 anumiți parametri. Dacă valorile măsurate sunt în limitele admisibile, la sfârșit, se memorează
toate valorile parametrilor în baza de date.

11 Diagnosticarea se poate realiza și parțial, fie pentru determinarea stării sistemului de
izolație, fie pentru determinarea stării înfășurărilor, fie pentru determinarea principalelor
13 caracteristici electrice, fie pentru determinarea stării sistemului de răcire și a unor
caracteristici diverse, fie pentru determinarea stării echipamentului, prin câte o subaplicație
15 de diagnosticare a datelor **DiagElectric** specifică.

Subaplicația de diagnosticare a datelor off-line **DiagElectric**, pentru determinarea
17 stării sistemului de izolație, conform fig. 7e, constă din pasul **P23**, la care se pornește
subaplicația specifică **DiagElectric**, la pasul **P24** se introduc datele de intrare specifice
19 sistemului de izolație ca: rezistențe de izolație, capacitate, tangenta unghiului de pierderi a
înfășurărilor; rezistențe de izolație anexe ca lagăre, bloane, traductoare etc.; încercări cu
21 tensiune mărită; determinări globale ca descărcări parțiale, curenți de absorbție/resorbție,
vibrații, termografie etc., la pasul **P25** se calculează rata de creștere a capacității, la pasul
23 **P26** se realizează comparația dintre parametrii sistemului de izolație ca: rezistențele de
izolație cu valorile limită, tangenta unghiului de pierderi cu valorile limită, dacă a rezistat la
25 încercările cu tensiune mărită, nivelul vibrațiilor cu cel limită, nivelul descărcărilor parțiale cu
cele limită, curba curenților de absorbție cu cea inițială, cu valori impuse de CEI (Comisia
27 Electrotehnică Internațională), la pasul **P27** se afișează date și alarme (dacă este cazul), iar
la ultimul pas **P28** se oprește subaplicația specifică **DiagElectric**.

29 Subaplicația de diagnosticare a datelor off-line **DiagElectric**, pentru determinarea
stării înfășurărilor (fig. 7f), constă din pasul **P29**, la care se pornește subaplicația specifică
31 **DiagElectric**, la pasul **P30** se introduc datele de intrare specifice înfășurărilor ca: rezistențe
ohmice stator, rezistențe ohmice rotor, la pasul **P31** se calculează eroarea între faze și
33 eroarea pe aceeași fază, la pasul **P32** se realizează comparația dintre parametrii înfășurărilor
ca: rezistențele ohmice cu valorile de fabrică, erorile cu valorile limită, cu valori impuse de
35 CEI, la pasul **P33** se afișează date și alarme (dacă este cazul), iar la ultimul pas **P34** se
oprește subaplicația specifică **DiagElectric**.

37 Subaplicația de diagnosticare a datelor off-line **DiagElectric**, pentru determinarea
principalelor caracteristici electrice (fig. 7g), constă din pasul **P35**, la care se pornește
39 subaplicația specifică **DiagElectric**, la pasul **P36** se introduc datele de intrare specifice
principalelor caracteristici electrice ca: curentul de mers în gol, curentul de pornire, cuplul de
41 pornire, vibrații, timp de pornire, la pasul **P37** se realizează comparația dintre parametrii
principalelor caracteristici electrice ca: curentul de mers în gol, curentul de pornire, cuplul de
43 pornire, timpul de pornire, nivelul vibrațiilor, cu valorile prescrise sau impuse, la pasul **P38**
se afișează date și alarme (dacă este cazul), iar la ultimul pas **P39** se oprește subaplicația
45 specifică **DiagElectric**.

Subaplicația de diagnosticare a datelor off-line **DiagElectric**, pentru determinarea
47 stării sistemului de răcire și a unor caracteristici diverse, conform fig. 7h, constă din pasul
P40, la care se pornește subaplicația specifică **DiagElectric**, la pasul **P41** se introduc datele

RO 125933 B1

de intrare specifice sistemului de răcire etc. ca: stare sistem de răcire, valoare întrefier, rezistențe ohmice ale reostatelor de pornire etc., la pasul **P42** se realizează comparația dintre parametrii sistemului de răcire și a unor caracteristici diverse ca: starea sistemului de răcire cu cea normală, valoarea întrefierului cu cea prescrisă, valoarea rezistențelor ohmice cu cele prescrise, la pasul **P43** se afișează date și alarme (dacă este cazul), iar la ultimul pas **P44** se oprește subaplicația specifică **DiagElectric**.

Subaplicația de diagnosticare a datelor off-line **DiagElectric**, pentru determinarea stării echipamentului, conform fig. 7i, constă din pasul **P45**, la care se pornește subaplicația specifică **DiagElectric**, la pasul **P46** se introduc datele de intrare specifice stării echipamentului precum: calificative de la fiecare bloc de analiză, rapoarte de expertiză, analize etc., la pasul **P47** se calculează calificativul general, se determină durata de viață rămasă și se precizează timpul de mentenanță, la pasul **P48** se afișează date și alarme (dacă este cazul), iar la ultimul pas **P49** se oprește subaplicația specifică **DiagElectric**.

Aplicația specializată de monitorizare și diagnosticare, conform invenției, permite o evaluare a tuturor parametrilor la un moment dat, precum și evoluția acestora în timp. Cu alte cuvinte, evoluția fiecărui parametru, pe lângă faptul că este comparată cu valoarea limită (afișându-se și un mesaj de eroare în cazul depășirii acesteia), este monitorizată, putând fi vizualizată în orice moment. Se reușește, pe lângă realizarea unei excelente baze de date, și urmărirea evoluției fiecărui parametru, putându-se diagnostica corect și fără echivoc starea mașinii monitorizate.

Cu ajutorul acestei aplicații specializate, pentru monitorizarea și diagnosticarea mașinilor electrice de putere, conform invenției, se poate determina cu precizie starea acestora și rezerva duratei de viață, asigurând cunoașterea (vizualizarea) stării mașinilor electrice în orice moment. De asemenea, se pot prelucra datele în scopul stabilirii tendinței de evoluție în timp a parametrilor mașinilor electrice.

Determinarea stării mașinii electrice cuprinde:

a) Analiza de încercări cu tensiune alternativă unde se urmăresc următorii parametri: verificarea la tensiunea de ținere; capacitatea și tangenta unghiului de pierderi dielectrice; măsurarea zgomotului și a vibrațiilor; determinarea nivelului descărcărilor parțiale.

b) Analiza de încercări cu tensiune continuă unde se urmăresc următorii parametri: măsurarea rezistențelor de izolație și a coeficienților de absorbție; verificarea nivelului de ținere; încercări cu tensiune de impuls; măsurarea rezistenței ohmice.

c) Analiza încercări nestandardizate unde se urmăresc parametrii prin tehnica wavelet sau metoda CABS (măsurarea curenților de absorbție resorbție).

Subaplicația de diagnosticare și analiză pentru estimarea duratei de viață rămase (fig. 9) constă într-un prim pas **P50** în care se introduc rezultatele măsurătorii off-line, la pasul **P51** se introduc rezultatele obținute la analiza off-line ca: încercări cu tensiune alternativă, încercări cu tensiune continuă, încercări nestandardizate, la pasul **P52** se realizează analiza rezultatelor, la pasul **P53** se introduce istoricul mașinii electrice supravegheate, la pasul **P54** se introduc datele generale și statistice ca: puncte slabe, rată de defect, aprecieri făcute de experți, alte date statistice, la pasul **P55** se calculează probabilitatea de defect, la pasul **P56** se calculează analiza siguranței în exploatare, iar la ultimul pas **P57** se calculează valoarea estimată a duratei sigure de viață rămase.

Estimarea duratei de viață rămase se va efectua pe baza modelului din fig. 9, luând în considerare și rezultatele determinării stărilor mașinilor electrice prin monitorizare off-line. Conform analizei off-line, al cărei principiu este prezentat în fig. 8, (realizată cu ajutorul monitorizării off-line), prima problemă care se pune este determinarea stării mașinii electrice.

RO 125933 B1

1 Rezultatele obținute la determinarea stării mașinii electrice, cu ajutorul monitorizării off-line,
sunt analizate pentru a putea estima atingerea limitelor de către aceștia. Urmează analiza
3 globală a parametrilor pentru fiecare componentă a mașinii, rezultând o concluzie (starea
unității, gradul de îmbătrânire). Pe baza datelor generale și statistice, se pot determina, în
5 funcție de analiza efectuată, rate de defect. Urmează analiza din punctul de vedere al
siguranței în exploatare. Analiza rezultatelor, împreună cu probabilitățile de defect din viața
7 mașinii electrice, asigură estimarea duratei sigure de viață a mașinii electrice.

Exemplul de realizare a invenției, prezentat mai sus, nu este în niciun caz unul
9 limitativ, existând și alte modalități de realizare a sistemului și metodei de monitorizare și
diagnosticare, fără a ieși din cadrul invenției de față.

11 În vederea verificării performanțelor echipamentului SMD SIME, au fost efectuate încercări
experimentale pe un motor ale cărui date nominale sunt prezentate în fig. 10. Astfel, au
13 fost analizate următoarele: alarmele (fig. 11), încărcarea mașinii (fig. 12), durata de viață
(fig. 13), vibrațiile (fig. 14), descărcările parțiale (fig. 15-16), curenții pe cele trei faze (fig. 17-19),
15 tensiunile de alimentare (fig. 20), temperaturile înfășurărilor (fig. 21), starea izolației (fig. 22),
rezultatele privind încercări cu tensiune mărită (fig. 23), curenții de absorbție și resorbție
17 (fig. 24-25), termogramele în infraroșu (fig. 26). De asemenea, în final, a fost analizată starea
generală a mașinii testate, iar calificativele acordate sunt prezentate în fig. 27.

RO 125933 B1

Revendicări

1. Sistem de monitorizare și diagnosticare a sistemelor de izolație ale mașinilor electrice de medie și mare putere, **caracterizat prin aceea că** este constituit dintr-un bloc senzori de temperatură (**BSTemp**), un senzor de turație (**ST**) care transmite semnale unui traductor de turație (**TT**), un bloc senzori de vibrație (**BSV**) care transmite semnale unui traductor de vibrații (**TV**), un bloc de alimentare (**BA**) care transmite tensiuni și curenți de alimentare unui bloc de traductoare curenți și tensiuni (**BTCT**), un bloc cu senzori pentru descărcări parțiale (**BSDP**) care transmite semnale unui server bază de date (**SBD**), o placă de achiziție (**PA**), două module de achiziție (**MA1**, **MA2**) și un modul de conversie (**MC**), primul modul de achiziție (**MA1**) primește semnale de la blocul senzori de temperatură (**BSTemp**) și de la traductorul de turație (**TT**), semnale care prin modulul de conversie (**MC**) ajung la serverul bază de date (**SBD**), al doilea modul de achiziție (**MA2**) primind semnale de la blocul de traductoare curenți și tensiuni (**BTCT**), semnale care, prin modulul de conversie (**MC**), sunt transmise serverului bază de date (**SBD**), care mai primește semnale prin intermediul plăcii de achiziție (**PA**) de la traductorul de vibrații (**TV**). 3 5 7 9 11 13 15
2. Metodă de monitorizare și diagnosticare a sistemelor de izolație ale mașinilor electrice de medie și mare putere, **caracterizată prin aceea că** utilizează o aplicație specializată de monitorizare și diagnosticare, compusă din patru subaplicații specializate, astfel: o subaplicație de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor on-line (**Eserver**), o subaplicație de stocare on-line (**Estocare**), o subaplicație de vizualizare locală și la distanță on-line (**EMonitor**, **WebConsole**) și o subaplicație de diagnosticare off-line (**DiagElectric**) care, în scopul monitorizării, subaplicația de achiziție, transmisie și prelucrare primară a datelor on-line (**Eserver**) inițializează achiziția datelor (**P2**) de la timpul $t=0$, apoi se introduc datele furnizate (**P3**) de modulele de achiziție (**MA1**, **MA2**), și de placa de achiziție (**PA**), care sunt tensiuni, curenți, temperaturi, turație, vibrații, semnale preluate de la senzorii montați pe mașina electrică supravegheată, se calculează (**P4**) coeficientul de încărcare, temperatura medie a înfășurării, erorile de curent și tensiune față de valorile nominale, erorile temperaturilor măsurate față de temperatura nominală, iar la ultimul pas (**P5**), se realizează incrementarea timpului cu Δt , la sfârșitul achiziției și prelucrării primare a datelor, după care se revine la al doilea pas (**P2**), de unde se reia o nouă achiziție de date, de la un alt moment de timp, după care subaplicația de stocare on-line (**Estocare**) introduce datele (**P8**) furnizate de subaplicația de achiziție (**Eserver**), stochează datele (**P9**) primite în serverul bază de date (**SBD**), precum și stochează (**P10**) alarmele, dacă este cazul, iar subaplicația de vizualizare locală și la distanță on-line (**EMonitor**, **WebConsole**) vizualizează (**P15**) blocurile de încărcare, descărcări parțiale, vibrații, durată de viață rămasă, iar apoi se realizează incrementarea timpului (**P17**) cu Δt , la sfârșitul vizualizării on-line a datelor, după care se revine la pasul de inițializare a vizualizării (**P13**), de unde se reia o nouă vizualizare de date, de la un alt moment de timp. 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39
3. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, în scopul diagnosticării stării mașinii electrice supravegheate, subaplicația de diagnosticare off-line (**DiagElectric**) introduce toate datele mașinii electrice (**P19**) supravegheate ca: rezistențe de izolație, capacitate, tangenta unghiului de pierderi a înfășurărilor, rezistențe de izolație anexe ca lagăre, buloane, traductoare etc., încercări cu tensiune mărită, determinări globale ca descărcări parțiale, curenți de absorbție și resorbție, vibrații, termografie etc., rezistențe ohmice ale înfășurărilor, caracteristici electrice la mers în gol, la pornire etc., stare sistem răcire, diverse alte caracteristici ca valoare întrefier etc., apoi (**P20**) se realizează determinarea 41 43 45 47

RO 125933 B1

- 1 stării sistemului de izolație, determinarea stării înfășurărilor, determinarea principalelor
caracteristici electrice, determinarea stării sistemului de răcire și a unor caracteristici diverse,
3 după se realizează diagnosticarea (P21) stării echipamentului, iar la ultimul pas (P22) se
oprește subaplicația de diagnosticare **DiagElectric**.
- 5 4. Metodă conform revendicărilor 2 și 3, **caracterizată prin aceea că**, în scopul
realizării unor diagnostici parțiale, subaplicația de diagnosticare off-line (**DiagElectric**)
7 conține mai multe subaplicații de diagnosticare a datelor off-line specifice (**DiagElectric**),
pentru determinarea stării sistemului de izolație, pentru determinarea stării înfășurărilor,
9 pentru determinarea principalelor caracteristici electrice, pentru determinarea stării sistemului
de răcire și a unor caracteristici diverse, pentru determinarea stării echipamentului sau pentru
11 estimarea duratei de viață rămase.

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

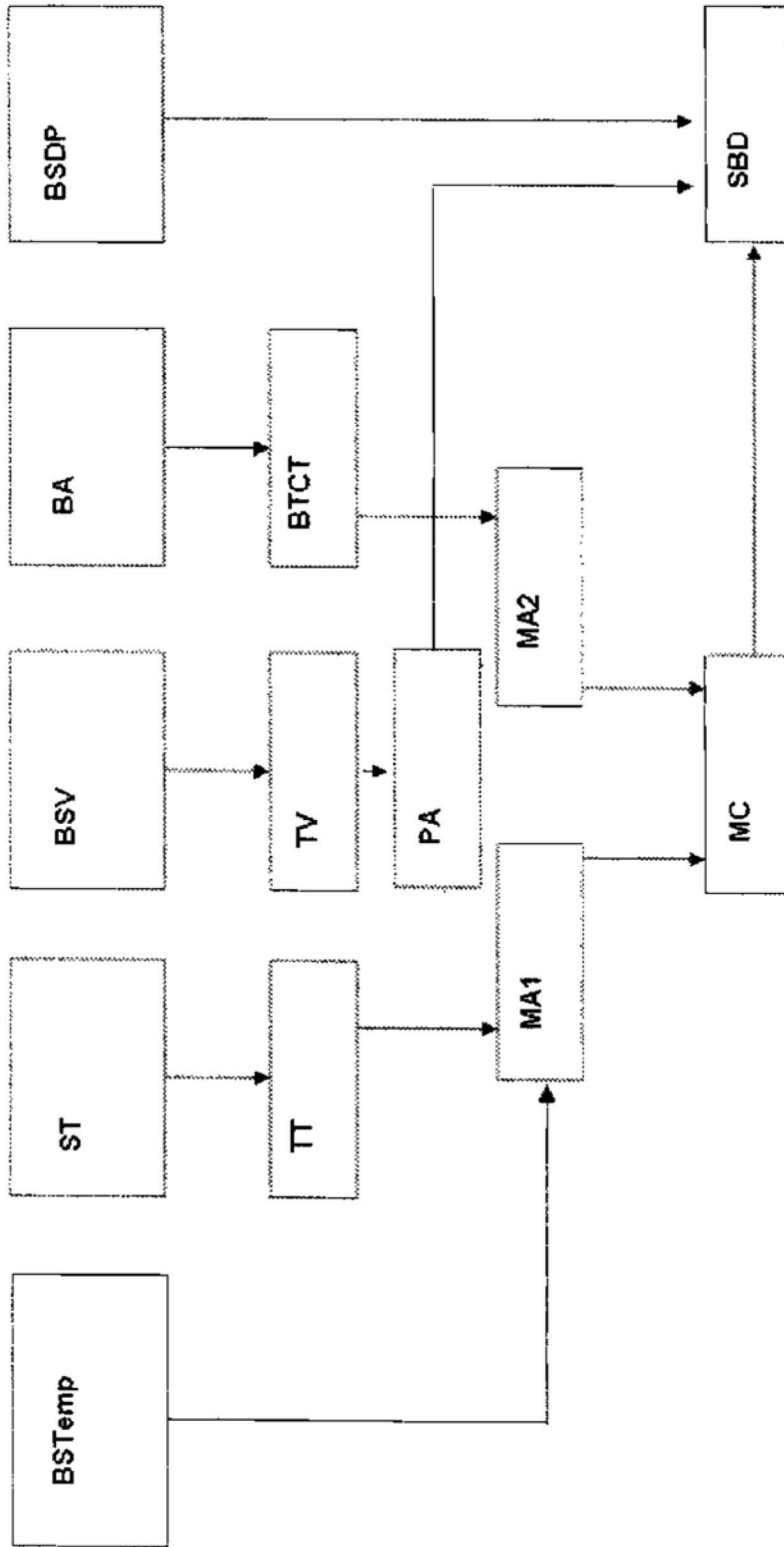


Fig. 1

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

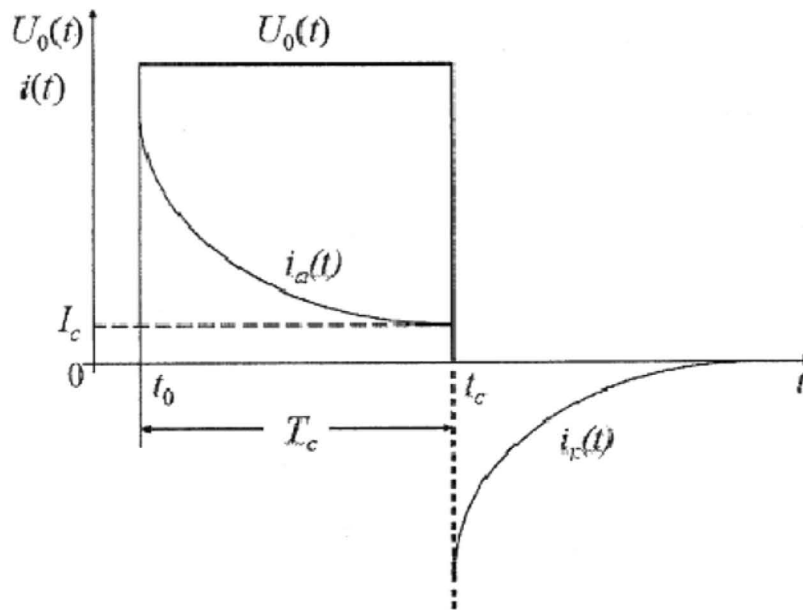


Fig. 2a

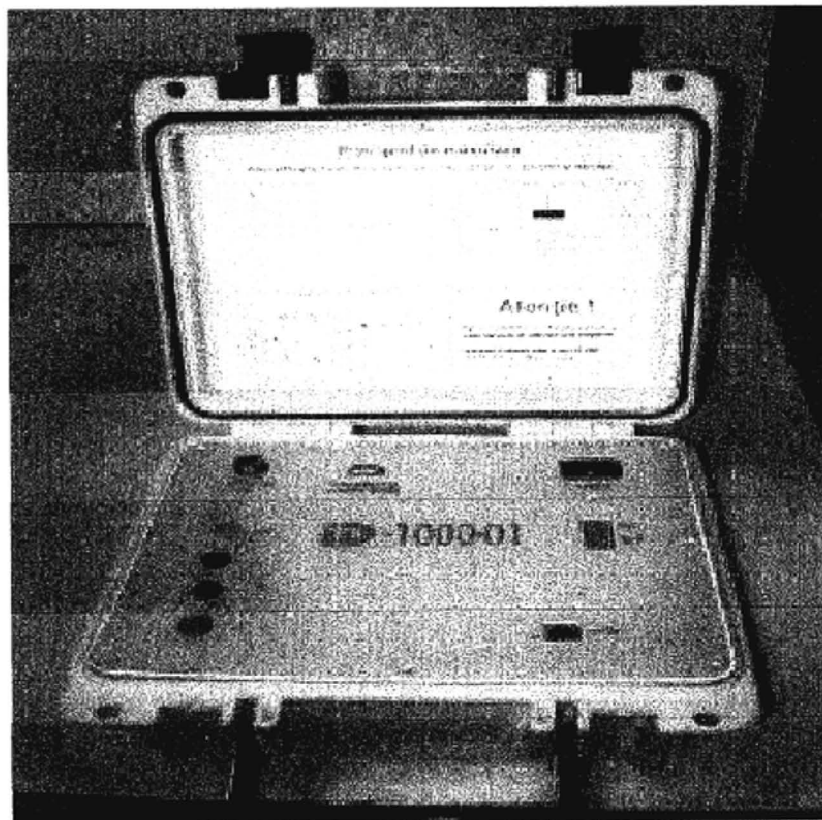


Fig. 2b

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

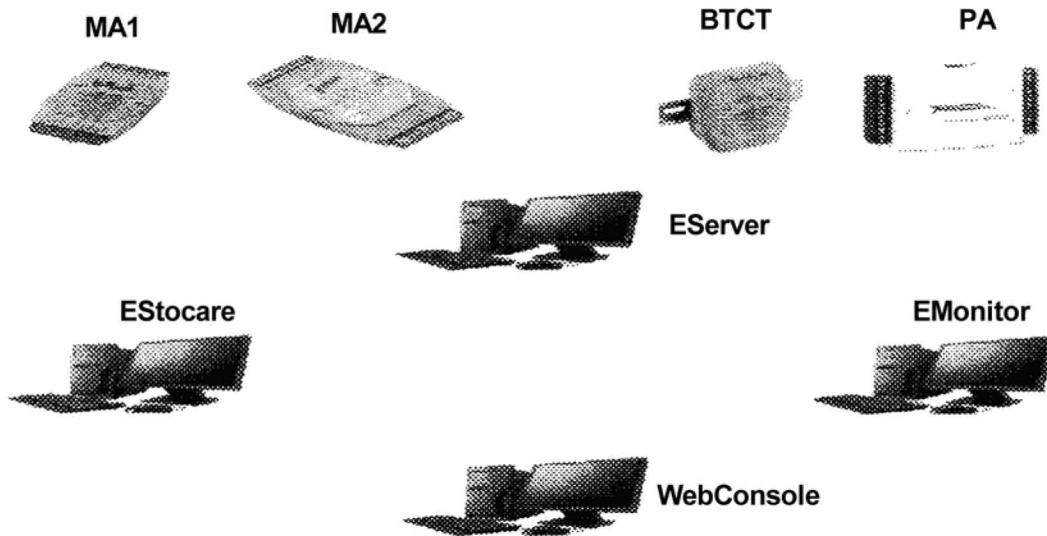


Fig. 3

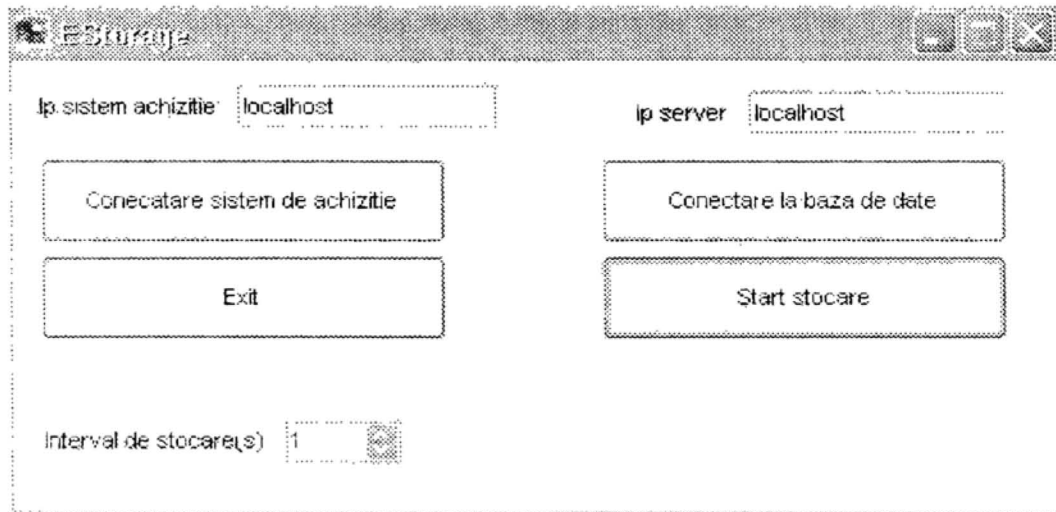


Fig. 4

(51) Int.Cl.
 G01R 31/34 (2006.01),
 G06F 19/00 (2006.01),
 G08C 19/00 (2006.01)

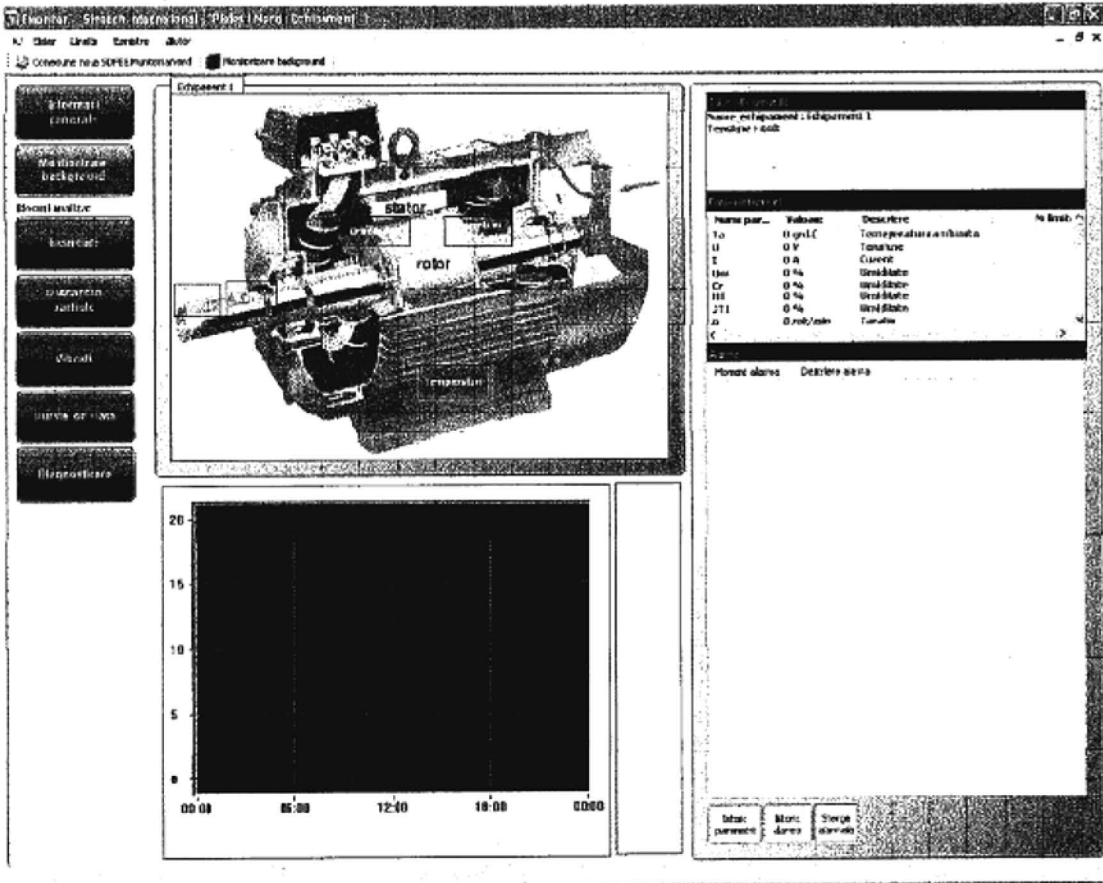


Fig. 5

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01),
G06F 19/00 (2006.01),
G08C 19/00 (2006.01)

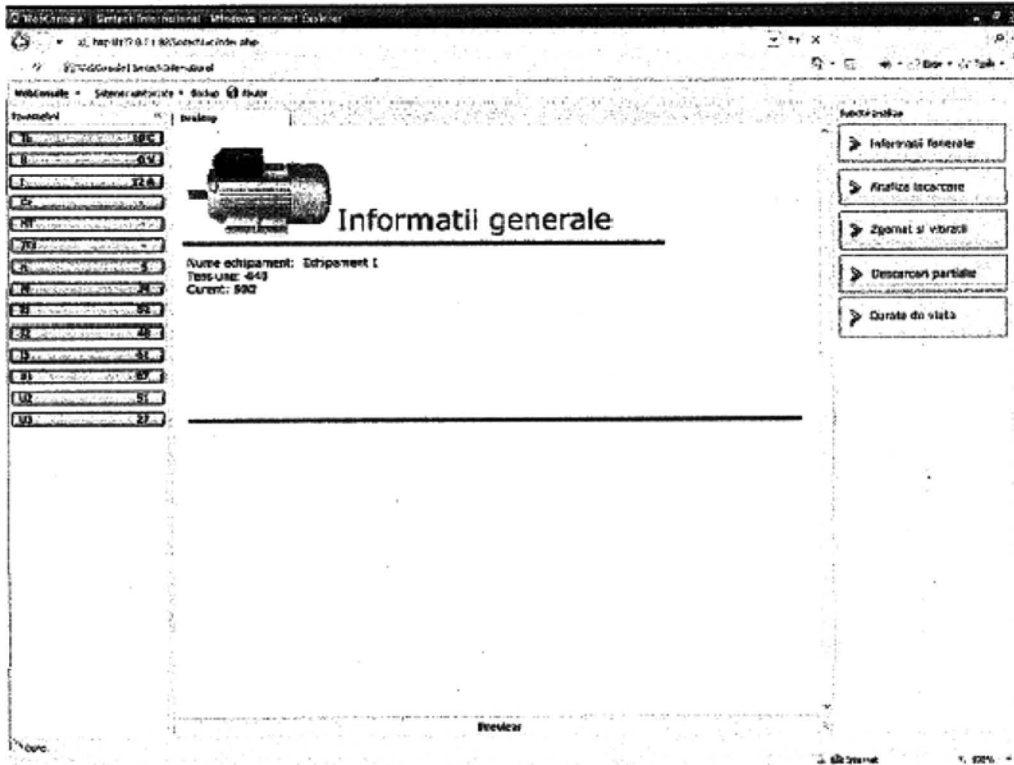


Fig. 6

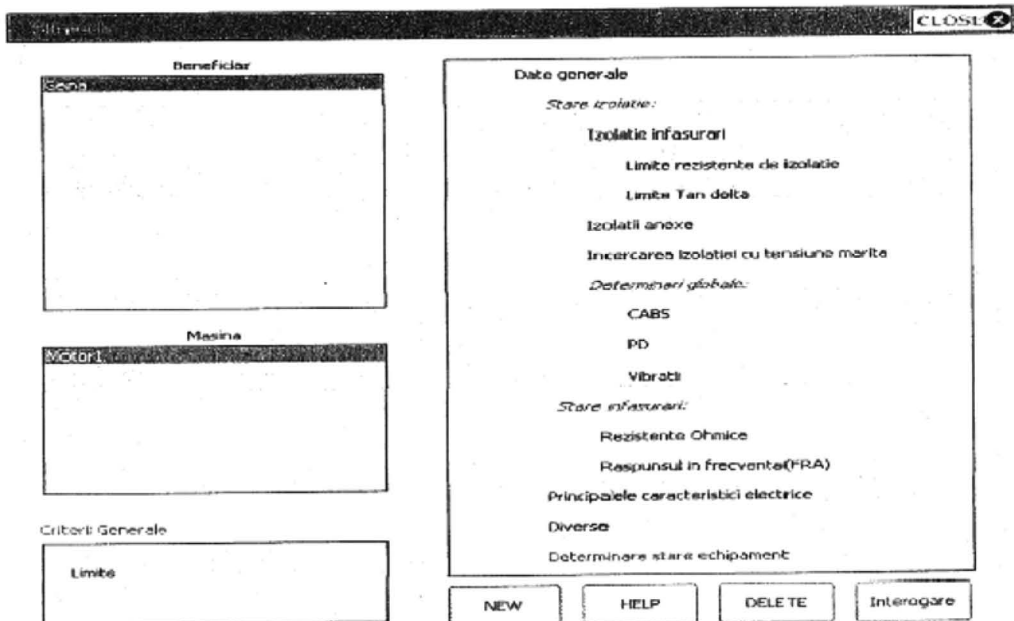


Fig. 7

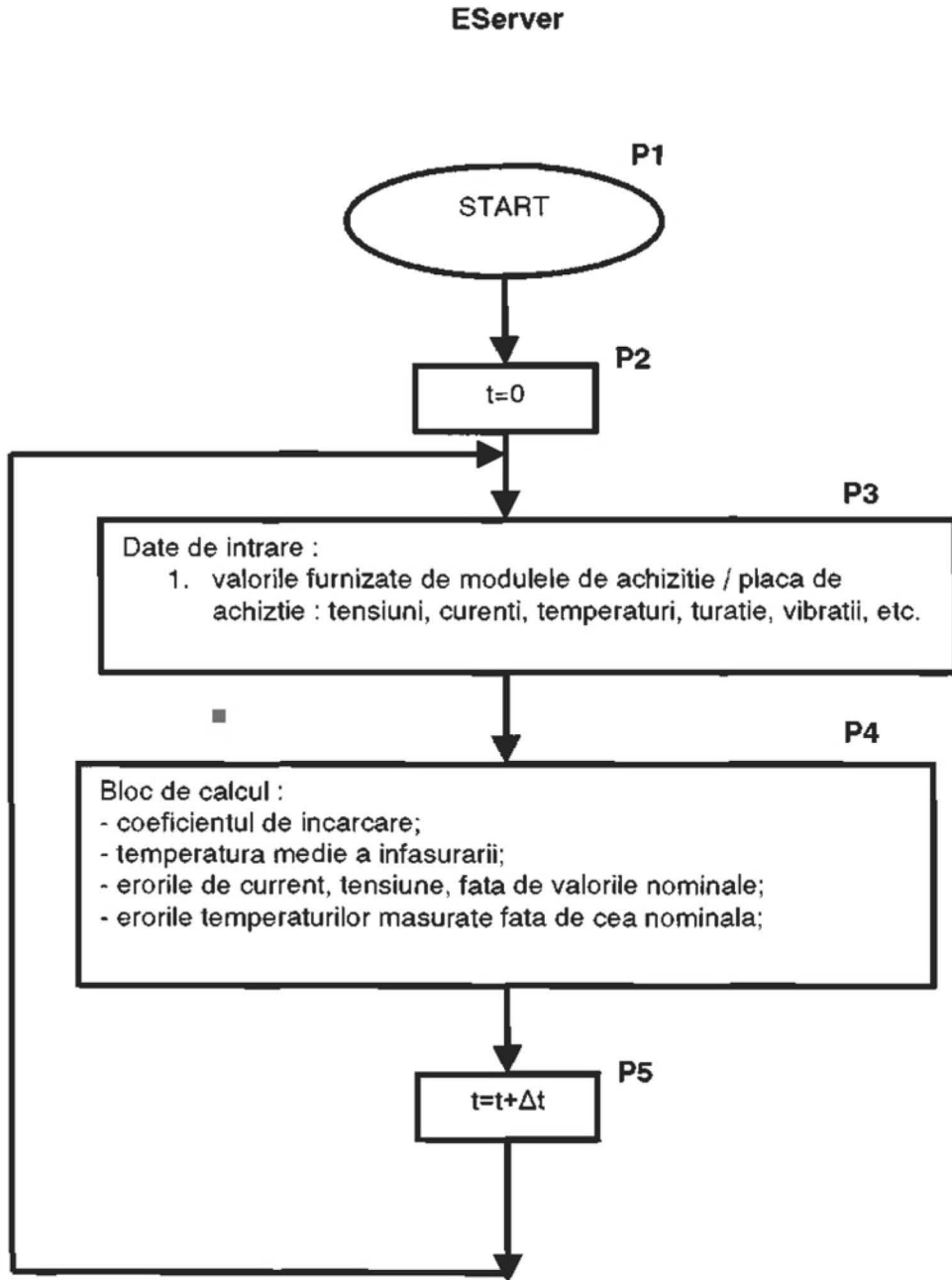


Fig. 7a

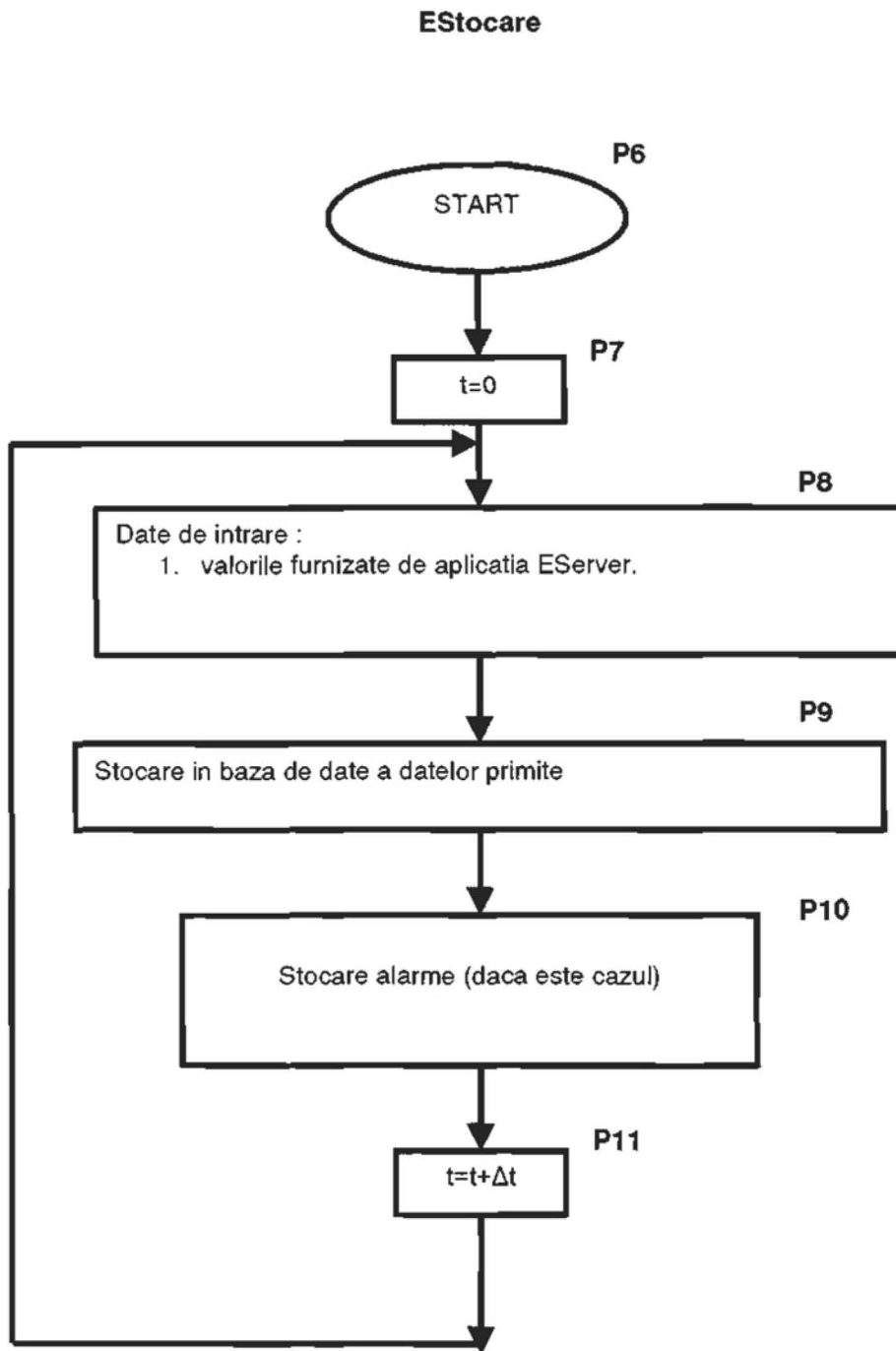


Fig. 7b

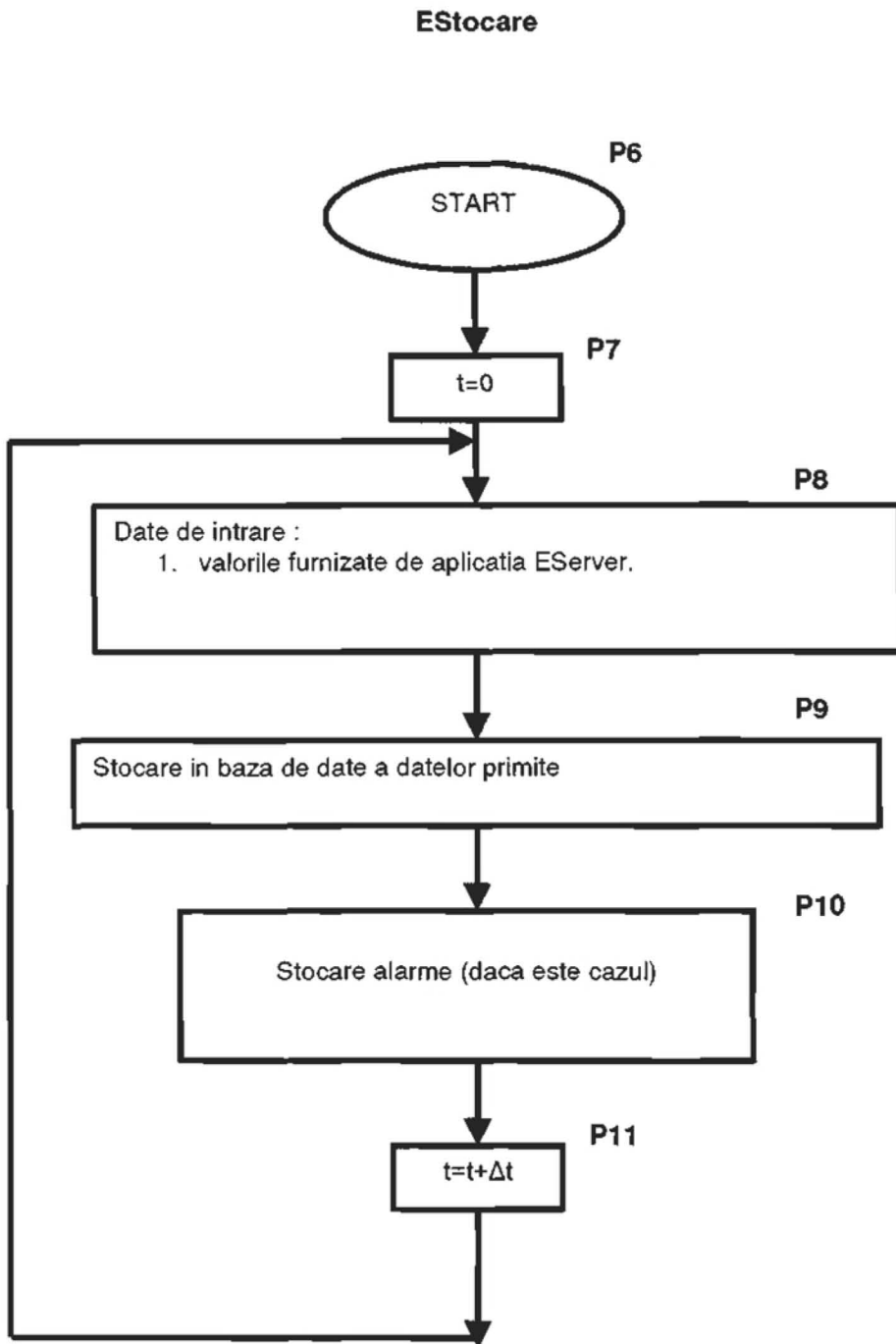


Fig. 7c

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

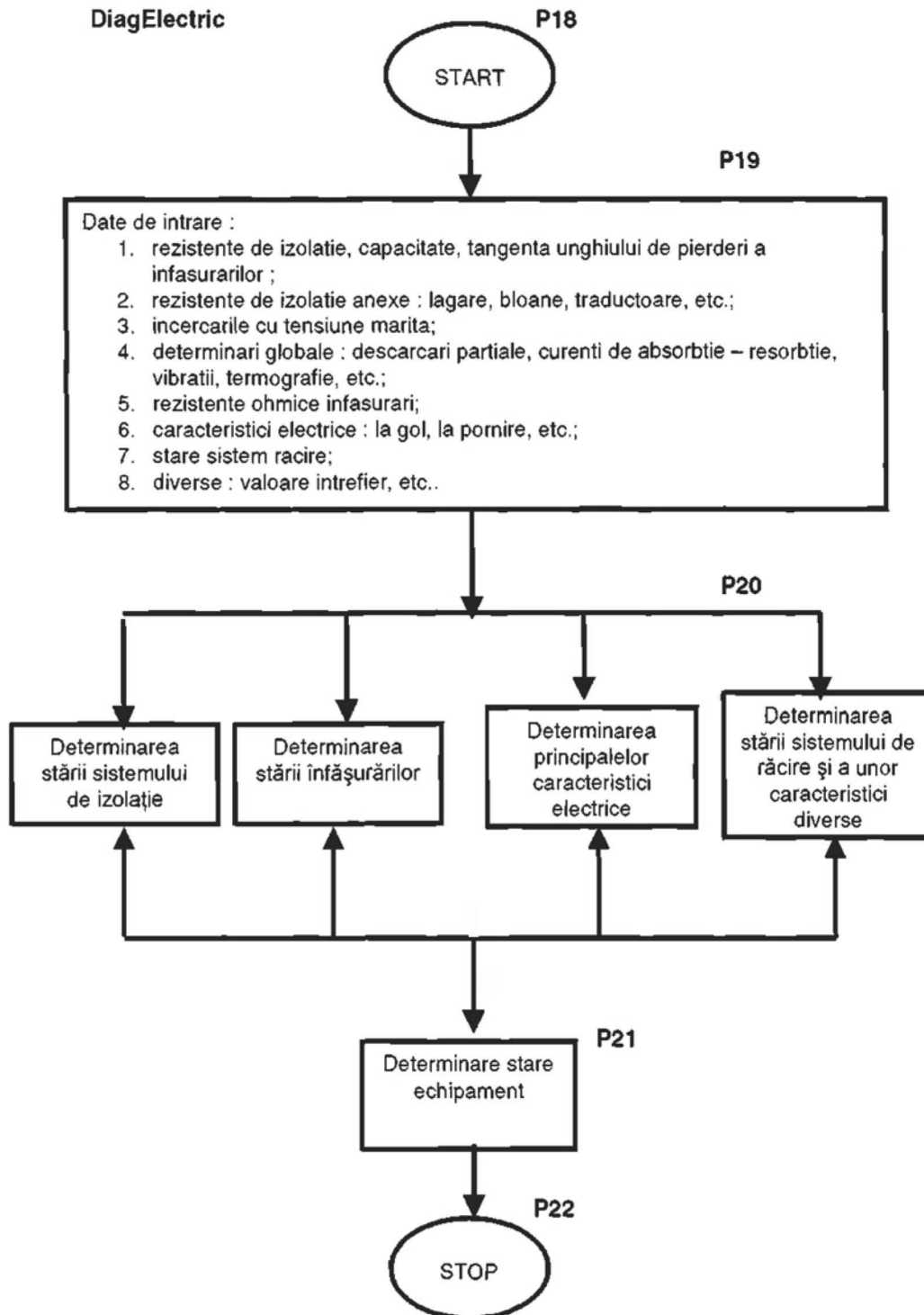


Fig. 7d

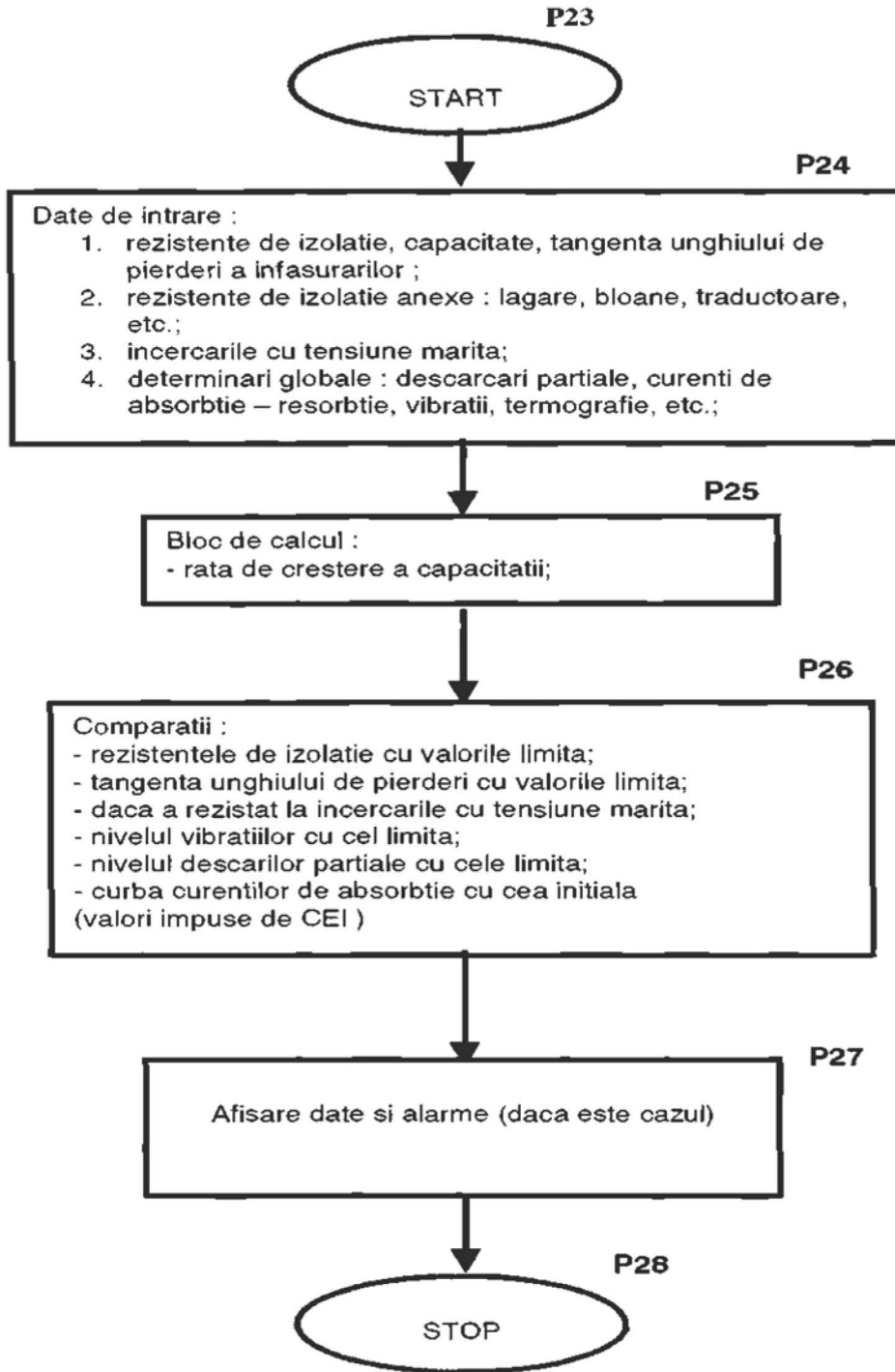


Fig. 7e

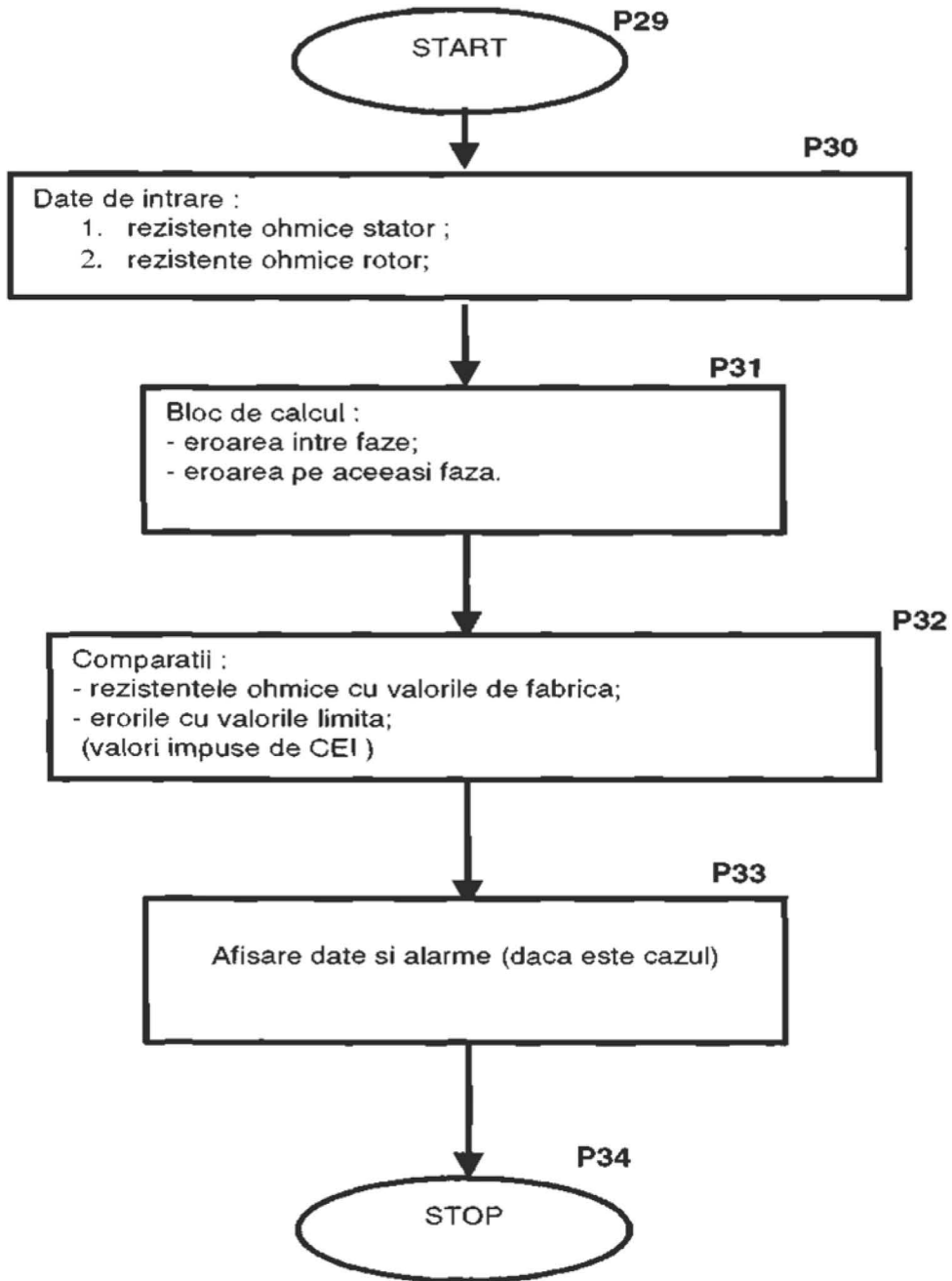


Fig. 7f

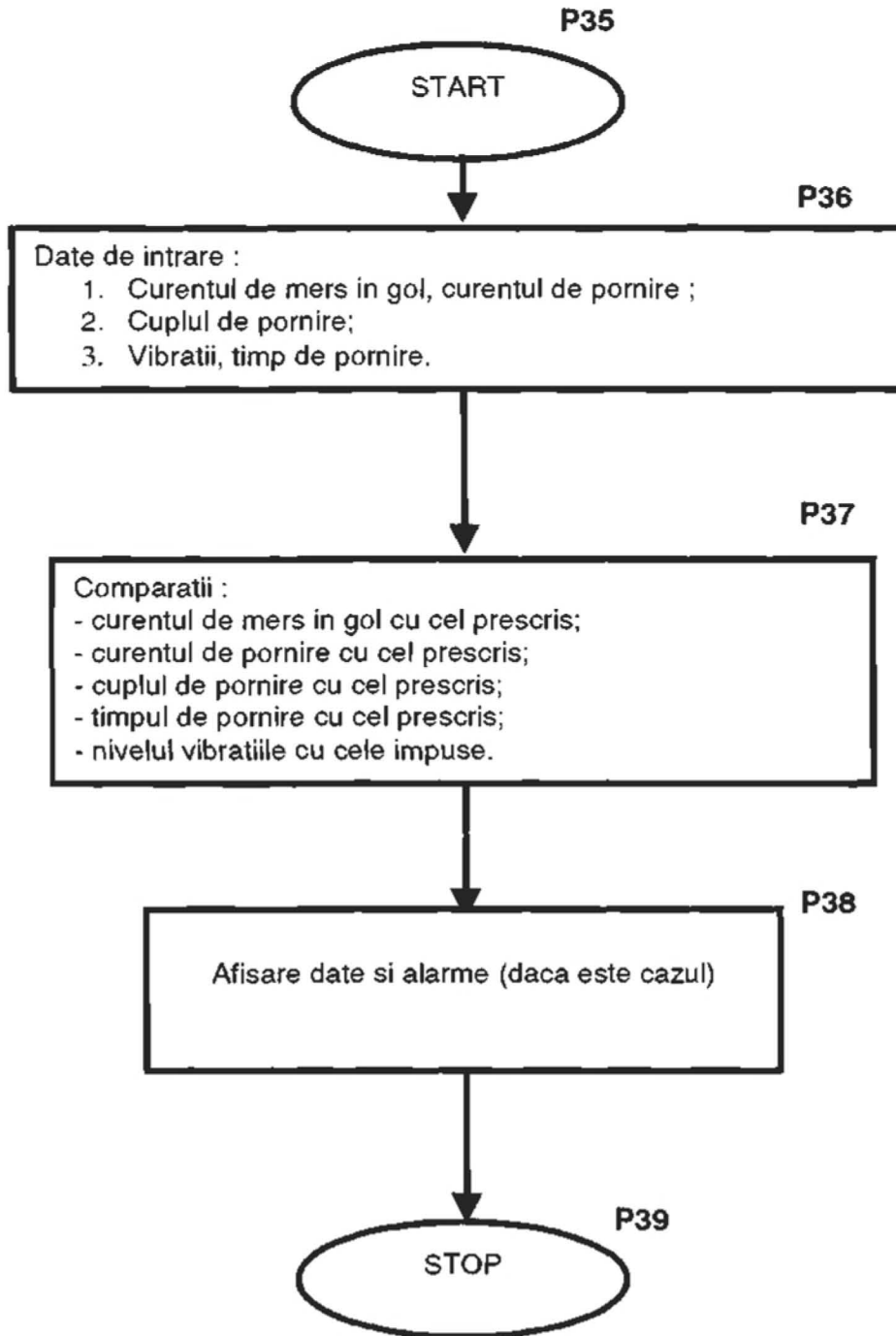


Fig. 7g

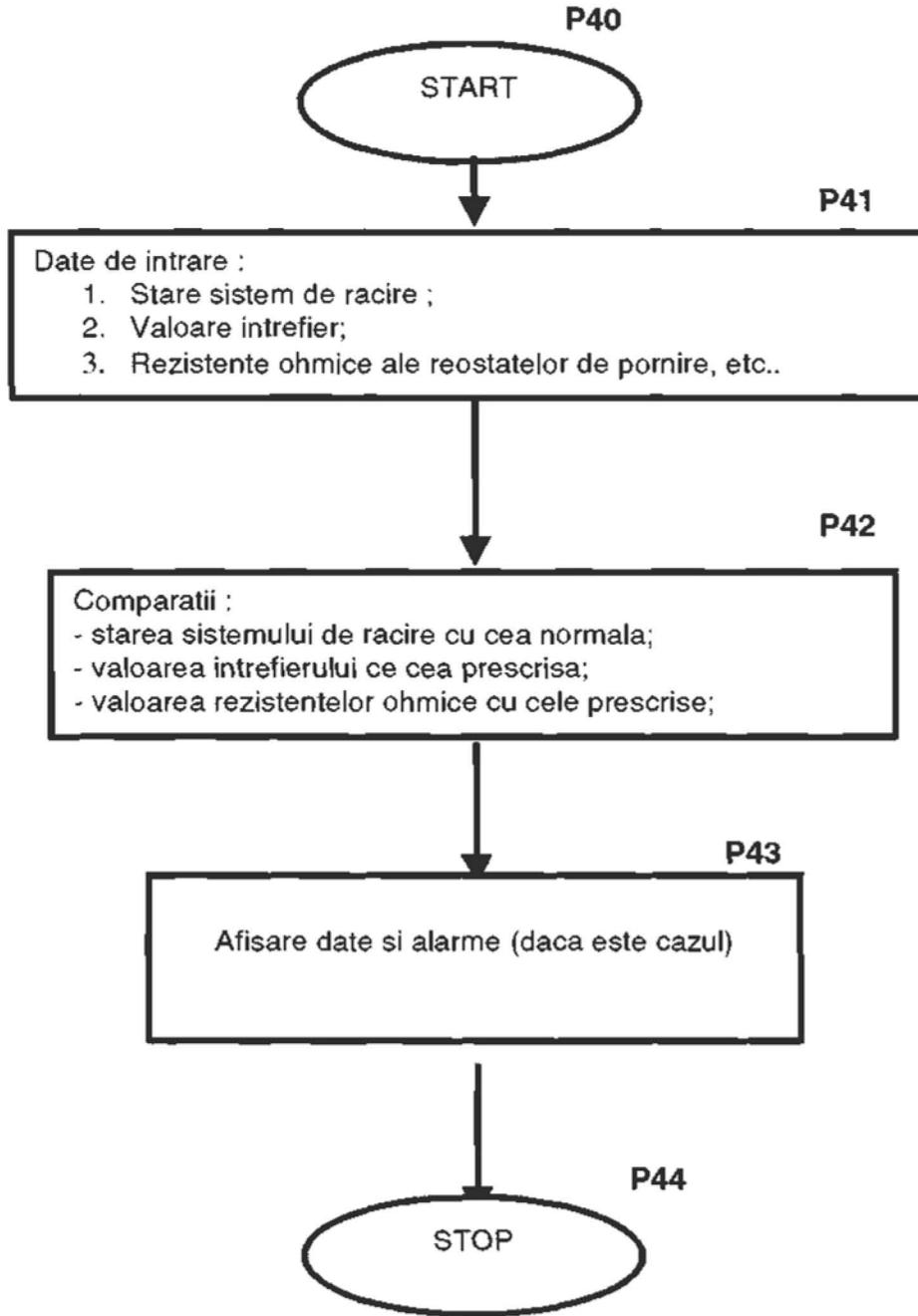


Fig. 7h

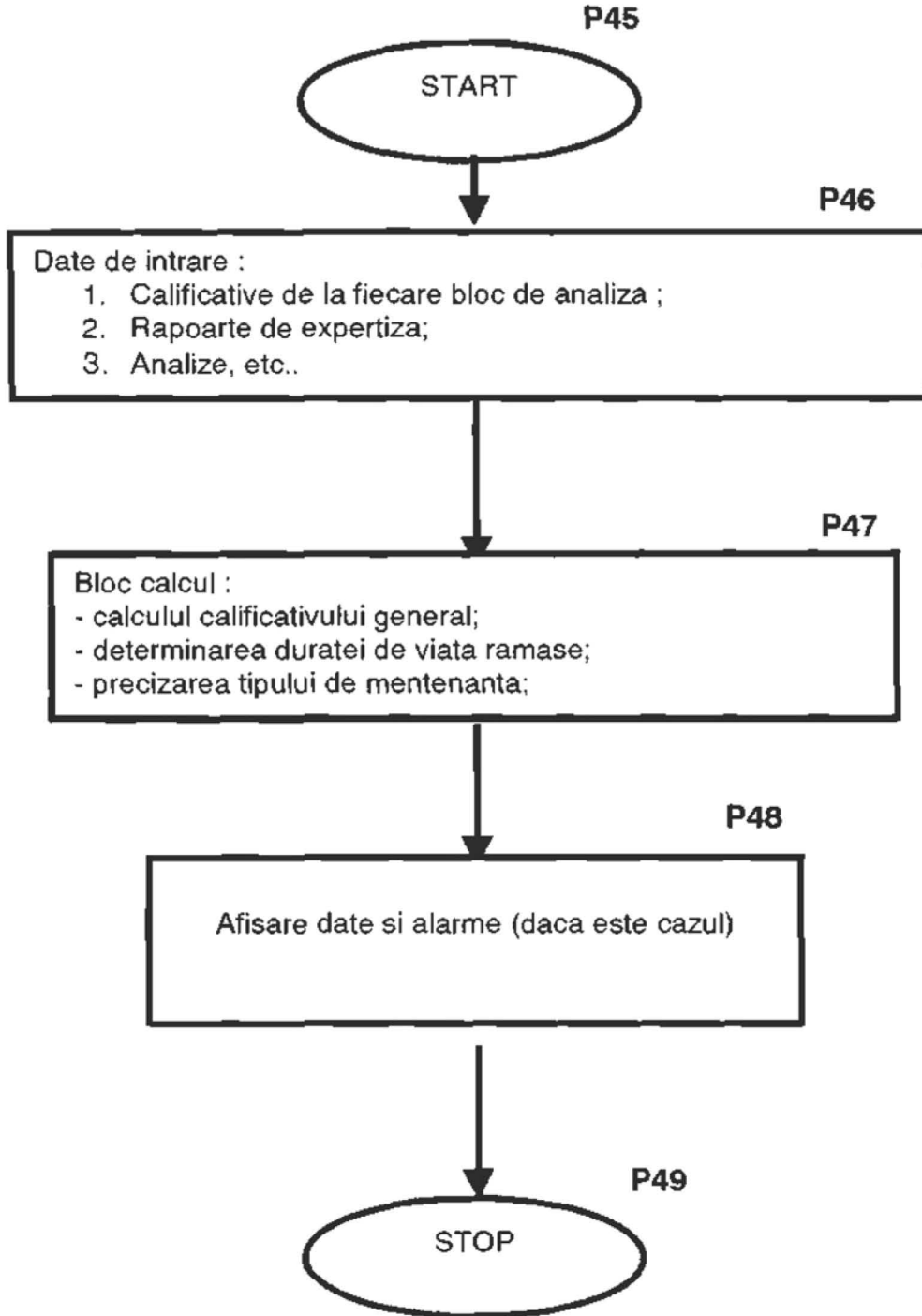


Fig. 7i

(51) Int.Cl.
 G01R 31/34 (2006.01);
 G06F 19/00 (2006.01);
 G08C 19/00 (2006.01)

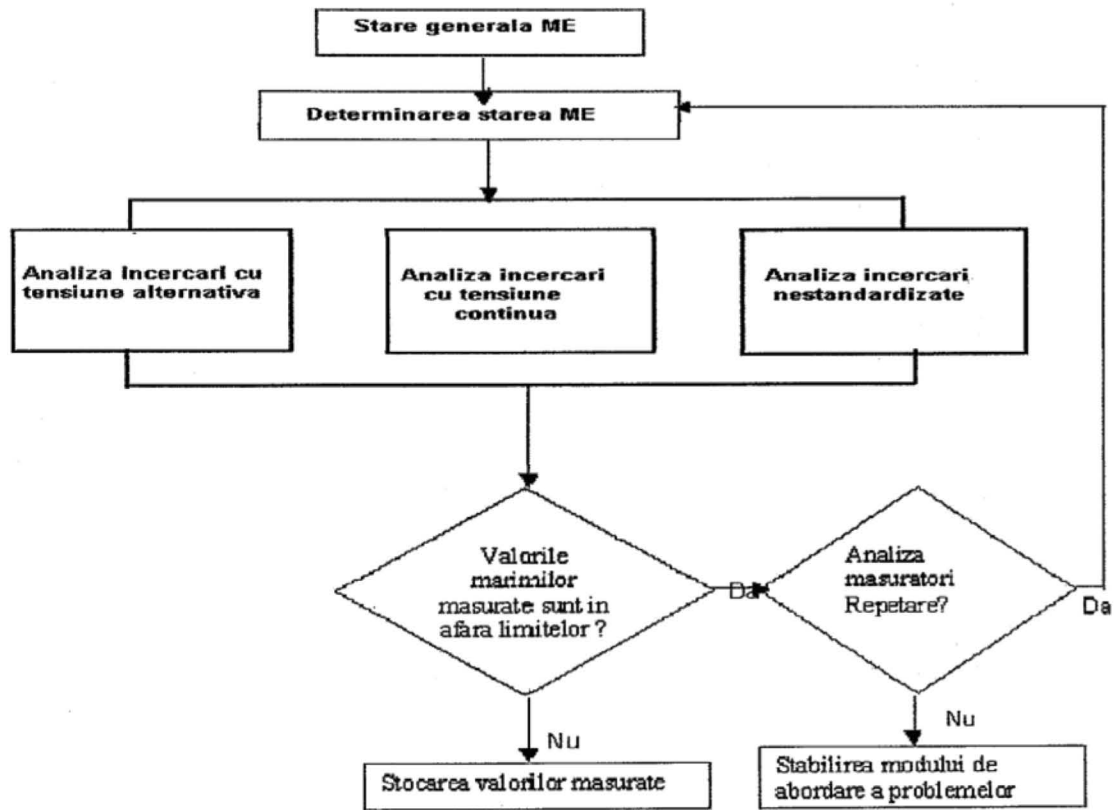


Fig. 8

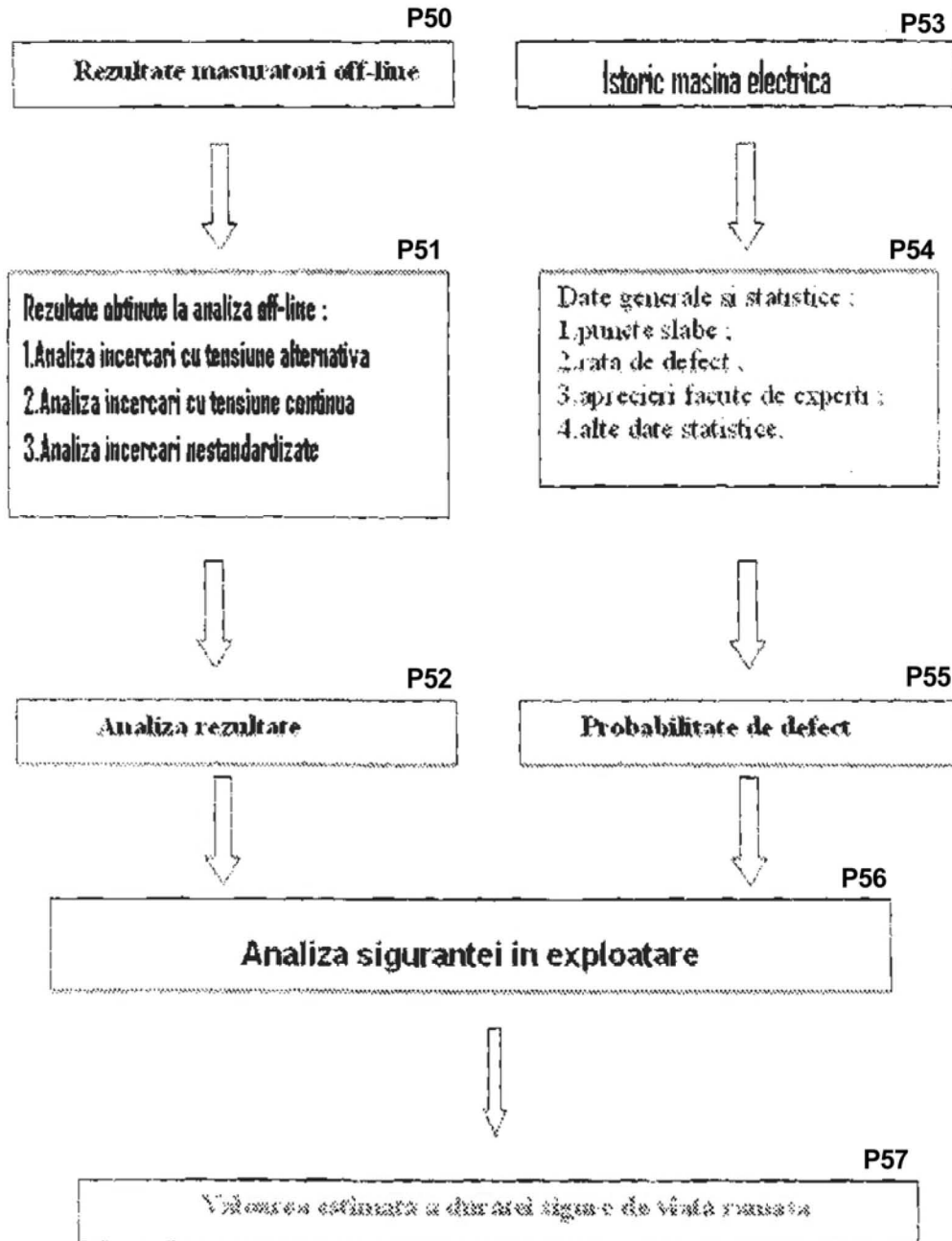


Fig. 9

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

Beneficiar:

Date generale:

Nume:

Echipament:

Tip:

Producator:

Seria de fabricatie:

Anul de fabricatie:

Putere nominala [kW]:

Tensiune nomina [kV]:

Curent nominal [A]:

Tureta sincrona:

Numar faze:

Frecventa [Hz]:

Factor de putere:

Curentul de mers in gol [A]:

Curentul de pornire [A]:

Cuplu de pornire [Nm]:

Clasa de izolare:

Grupa de conexiuni:

Tip racie:

Masina este reparata:

Masina este in exploatare:

Masina a fost PIF:

Comentariu:

NEW DELETE SAVE CLOSE

Fig. 10

(51) Int.Cl.
 G01R 31/34 (2006.01);
 G06F 19/00 (2006.01);
 G08C 19/00 (2006.01)

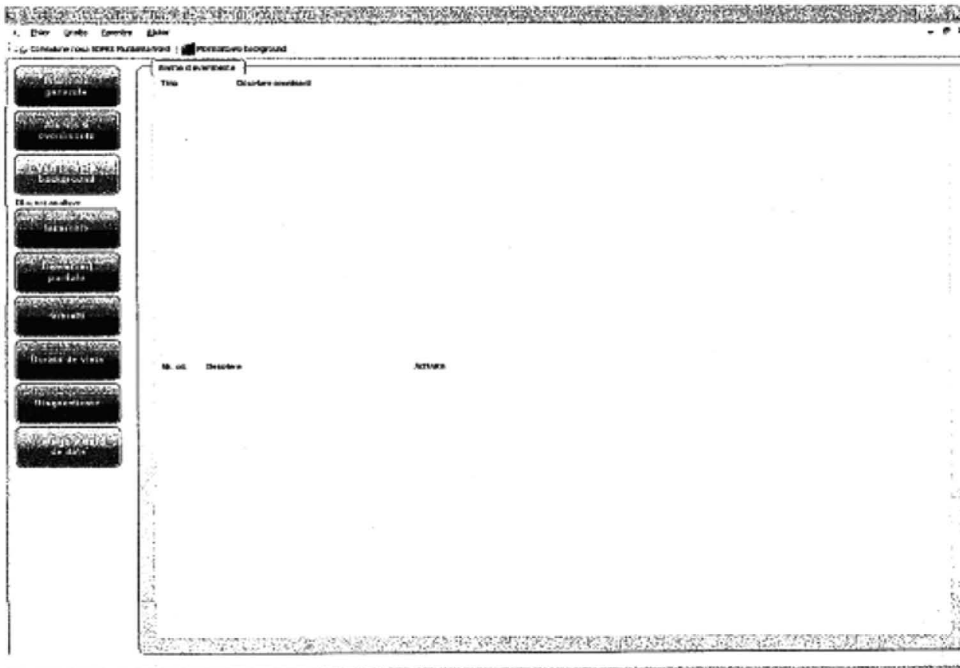


Fig. 11

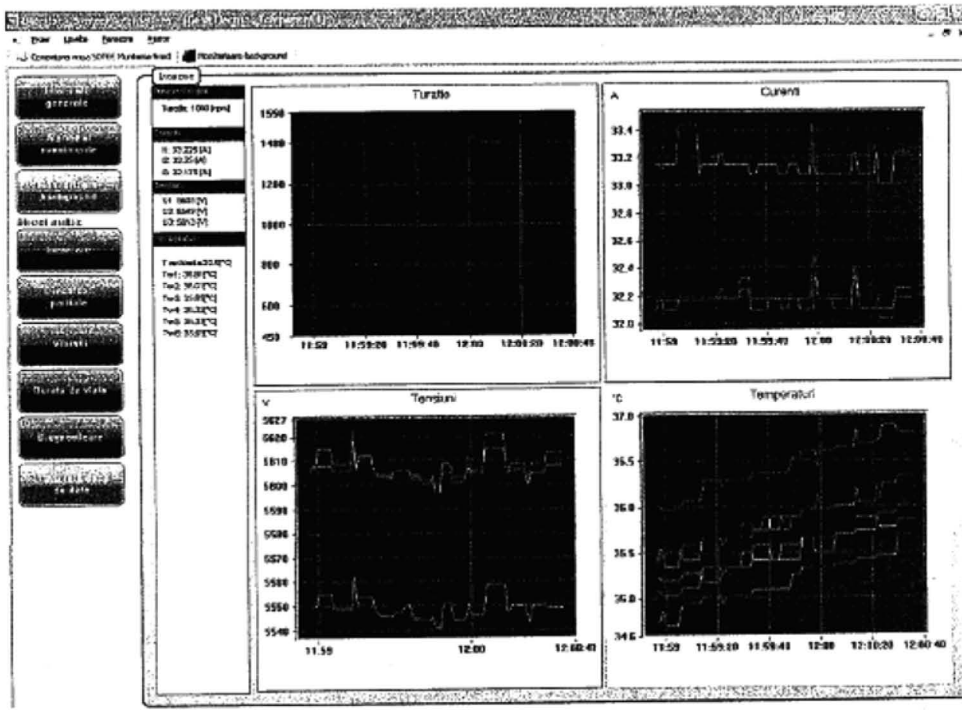


Fig. 12

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01),
G06F 19/00 (2006.01),
G08C 19/00 (2006.01)

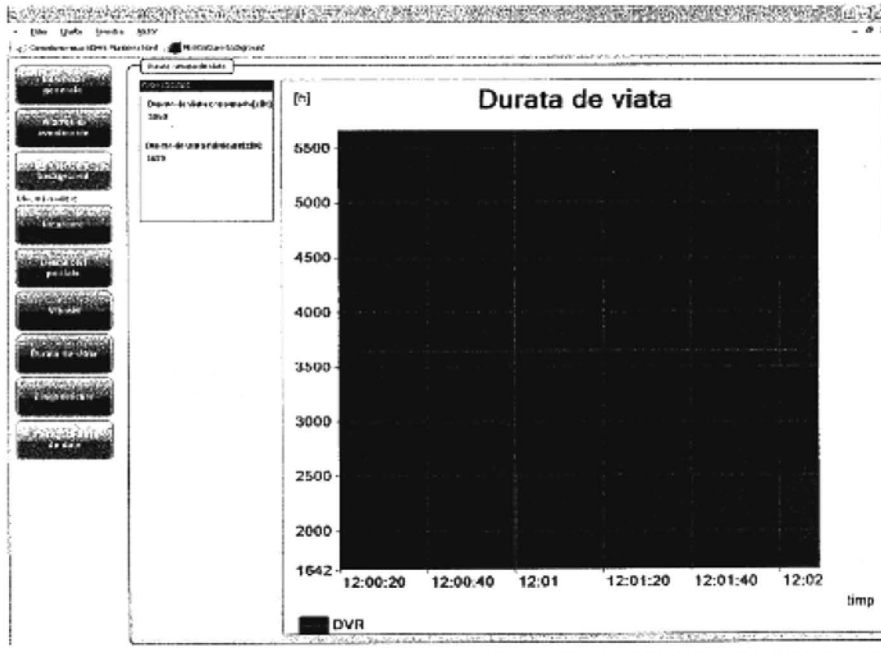


Fig. 13

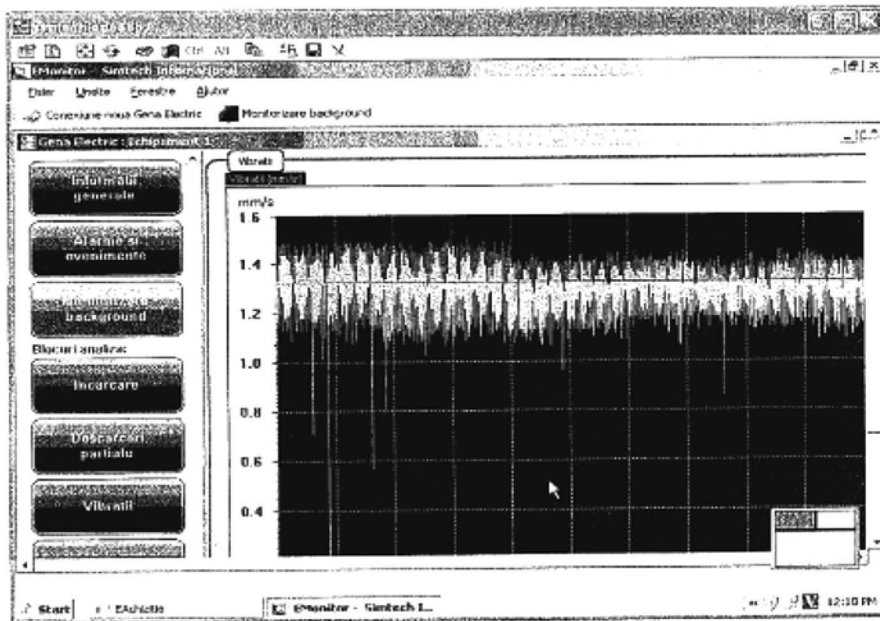


Fig. 14

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

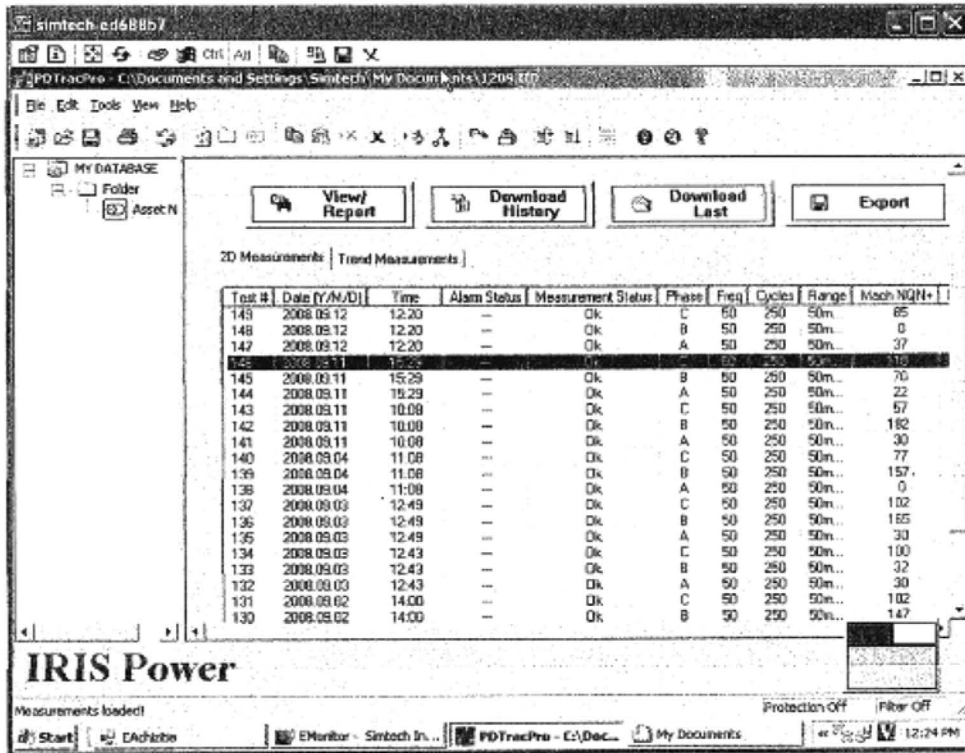


Fig. 15

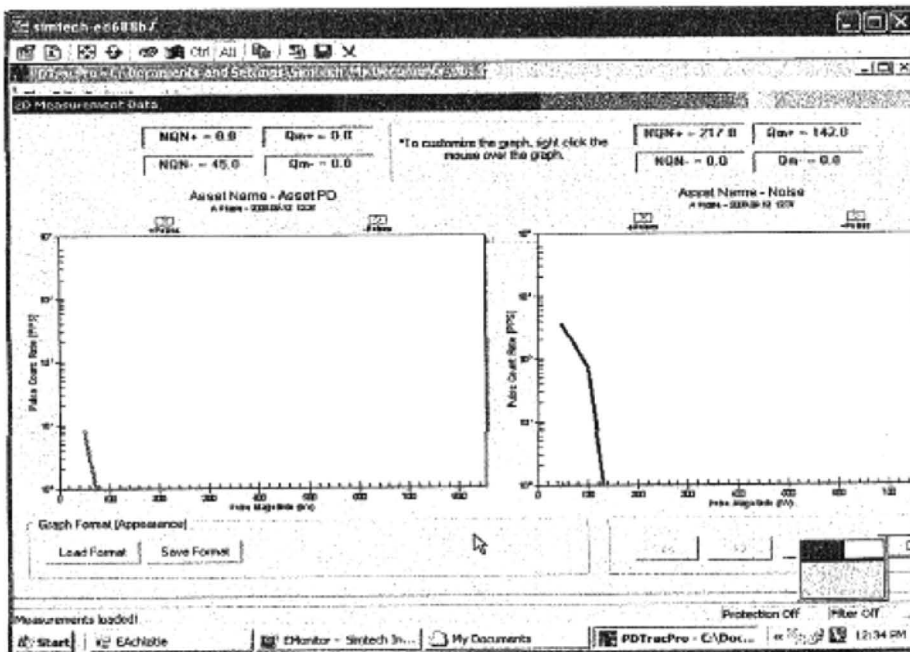


Fig. 16

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01),
G06F 19/00 (2006.01),
G08C 19/00 (2006.01)

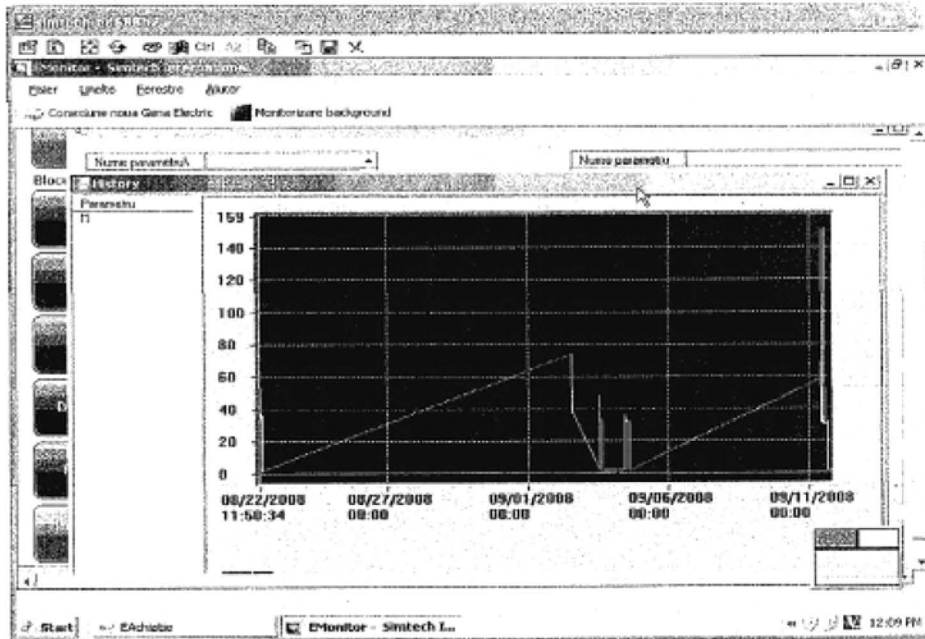


Fig. 17

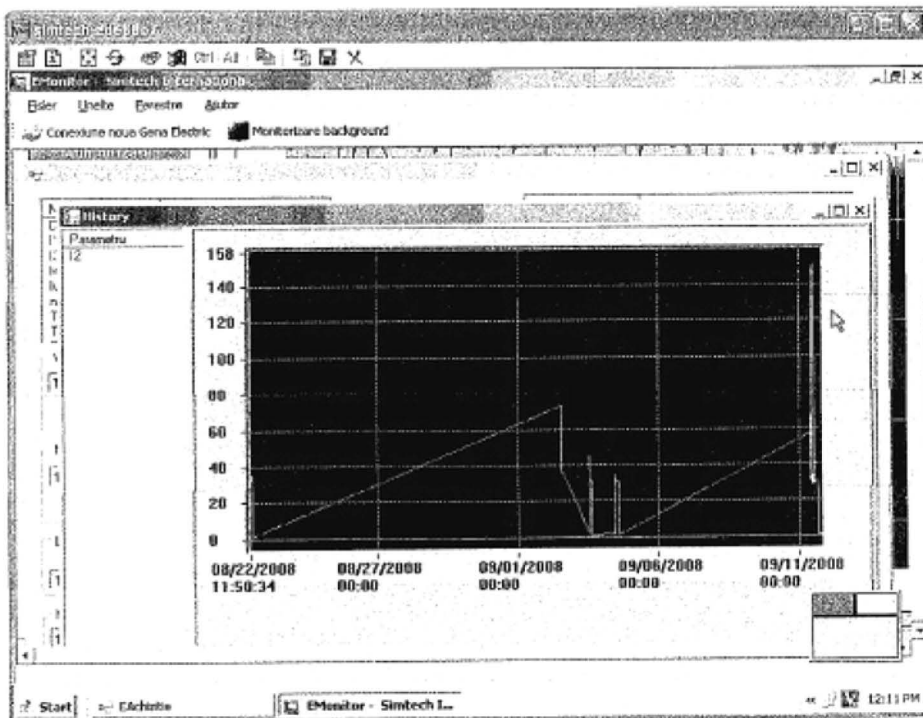


Fig. 18

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01),
G06F 19/00 (2006.01),
G08C 19/00 (2006.01)

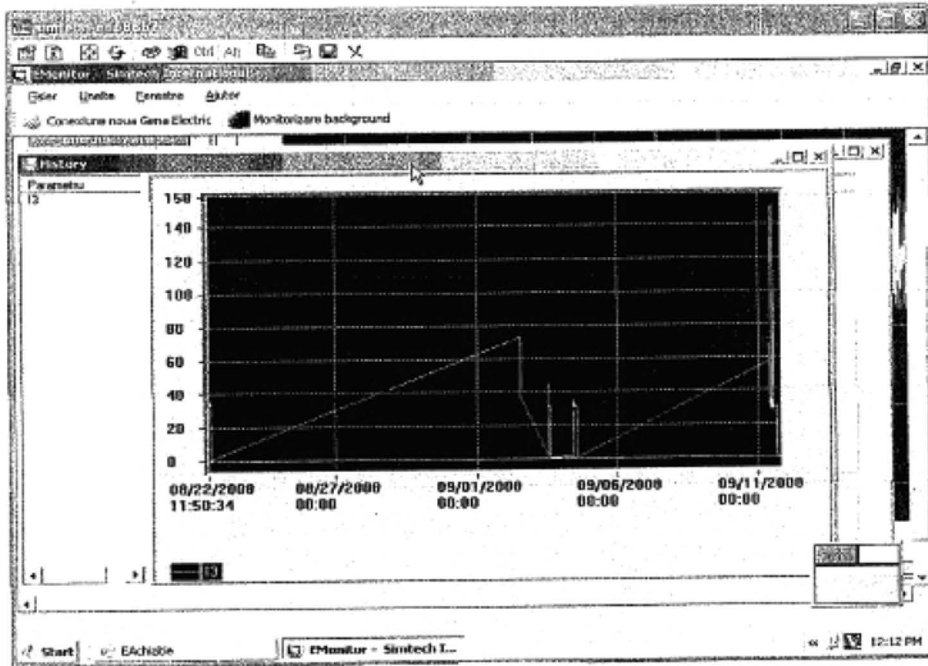


Fig. 19

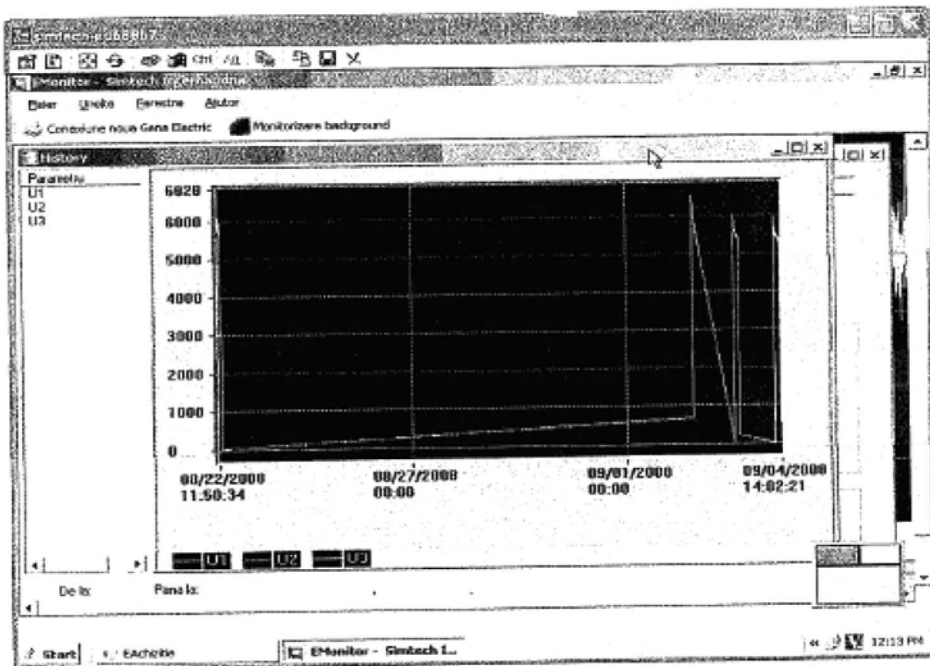


Fig. 20

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01),
G06F 19/00 (2006.01),
G08C 19/00 (2006.01)

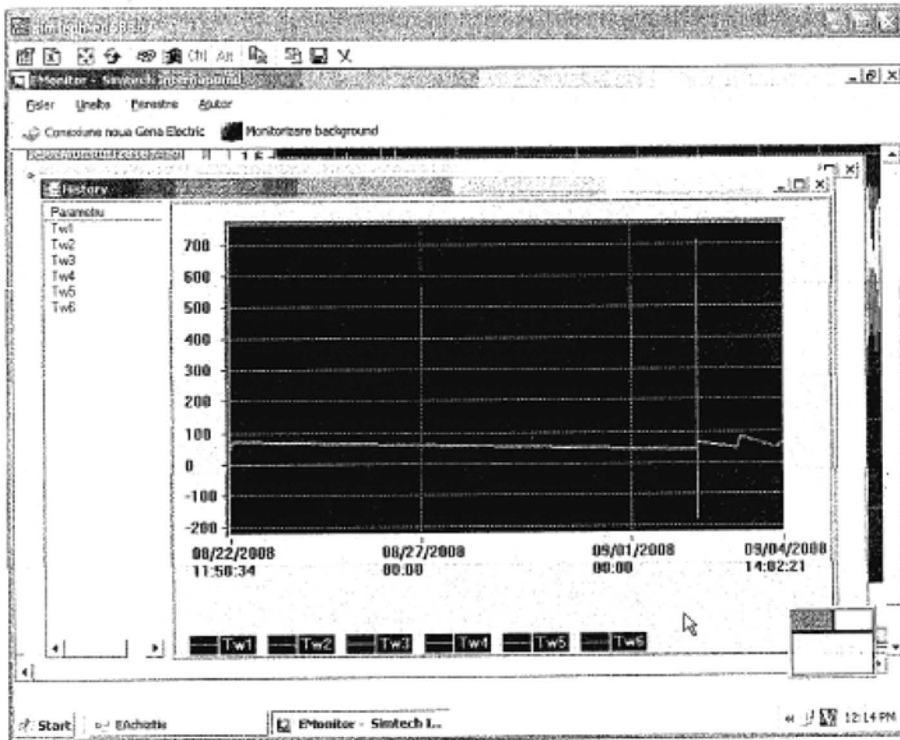


Fig. 21

The screenshot shows a technical specification window for 'MASINI ROTATIVE DE PUTERE STARE GOLATIE'. It contains several data tables and parameter lists.

Resistance and Dielectric Loss Tangent Data:

Componenta	RES [MΩmm]	tan δ	Capac	Ip
Stator	1800/1800	4000/4000	10000/10000	2.47

Tan δ	ε	0.2UM	0.3UM	0.4UM	0.5UM	0.6UM	0.8UM
ε	0.02327	0.02555	0.02979				0.02048
tan δ	67.77	67.77	67.77				67.77

Parameter List:

- R1E [MΩmm]
- R2E [MΩmm]
- R3E [MΩmm]
- Capac
- Ip
- Tan
- ε

Measurement Points:

- Stator
- Stator

Buttons: GRAFIC, CLOSE, PRINT

Fig. 22

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01),
G06F 19/00 (2006.01),
G08C 19/00 (2006.01)

TESTAREA

Data incercarii: 2008-09-08
 Date curentului: 2008-09-12
 Temperatura medie [°C]:
 Umiditate relativa [%]:

Condiții de incercare:
 Mașină: Motor I
 Seria: 10072008

MASINI ROTATIVE DE PUTERE
 INCERCAREA EOLATIEI CU TENSIUNE MARITA

Incercarea infuziei statice cu tensiune alternativa marita la 50Hz:

Faza	U incercare	calificativ
Faza A	13000	PS
Faza B	13000	PS
Faza C	13000	PS

Incercarea infuziei rotative cu tensiune alternativa marita la 50Hz:

Faza	U incercare	calificativ
Faza A		
Faza B		
Faza C		

U incercare Faza A Faza B Faza C calificativ

Pauzati
 Incercarea statia sau U continut

Puncti de masura

GRAFIC

CLOSE **PRINT**

Fig. 23

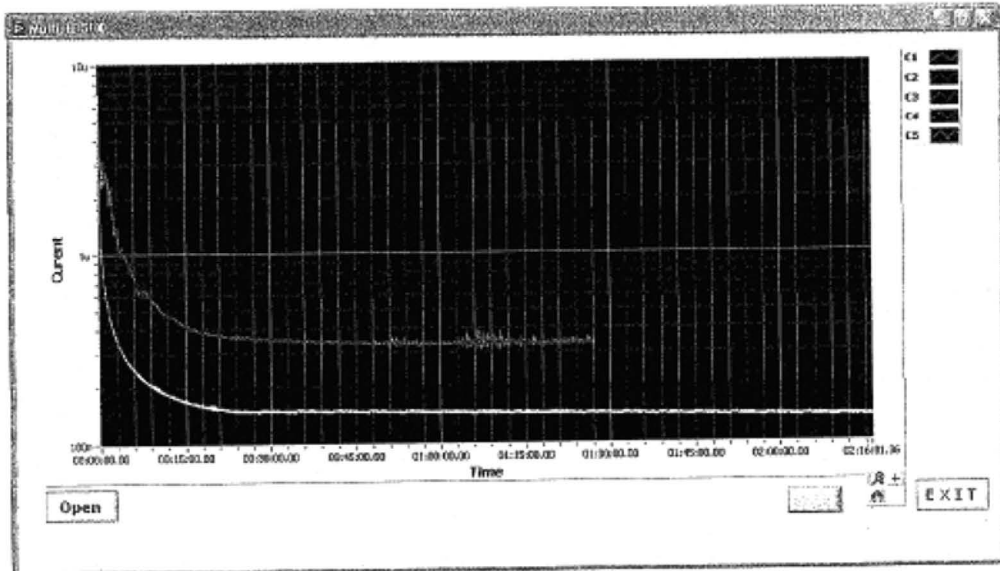


Fig. 24

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

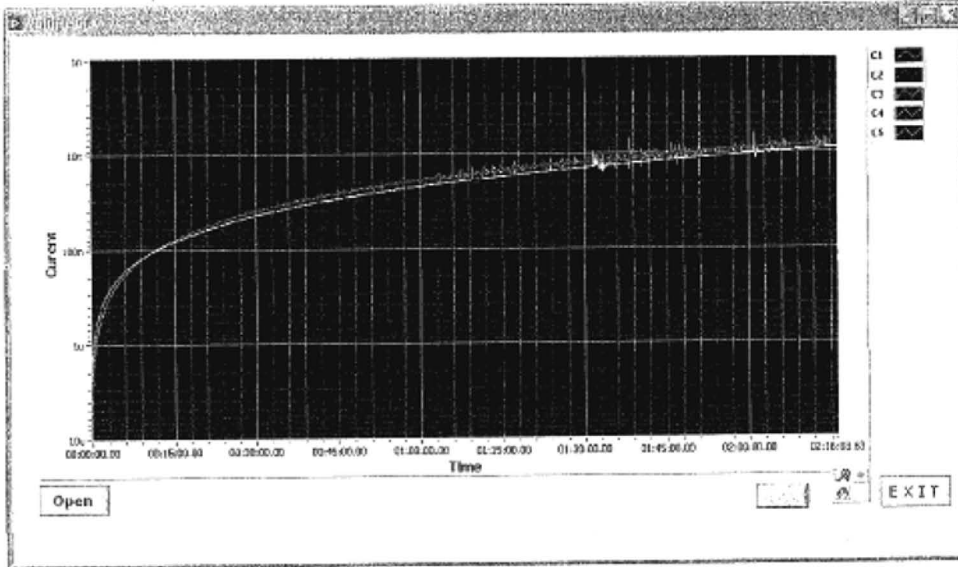


Fig. 25

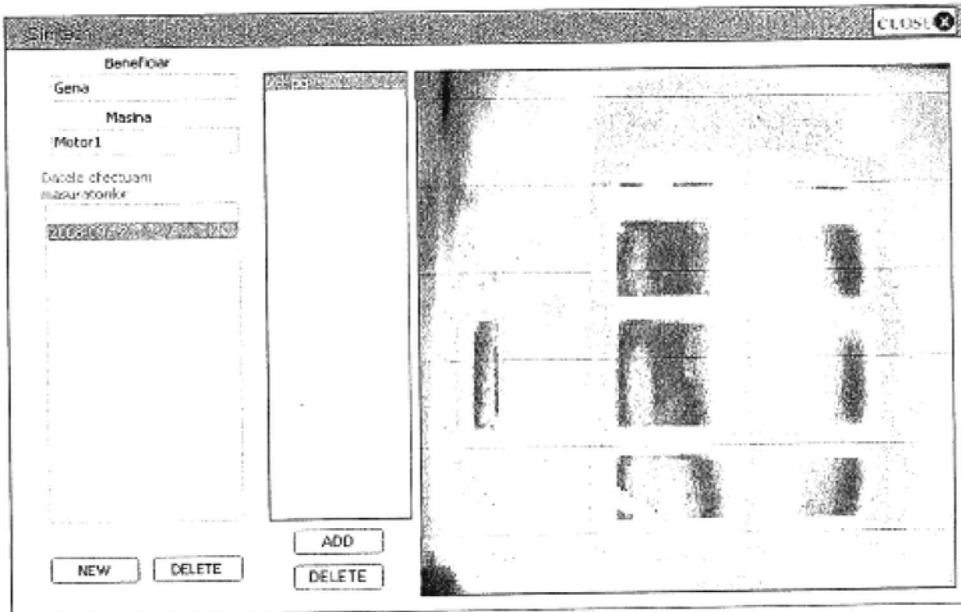


Fig. 26

(51) Int.Cl.
G01R 31/34 (2006.01);
G06F 19/00 (2006.01);
G08C 19/00 (2006.01)

The screenshot shows a software application window titled "Calificative" with a "CLOSE" button in the top right corner. The window is divided into several sections:

- Table of Criteria:** A table with 11 rows, each representing a criterion and its qualification level.

Criteriu	Calificativ	Notă
1. Stare izolație		
1.1. Izolație înfasurări	Calificativ: FB	
1.1.1. Rie:	Calificativ: FB	+
1.1.2. Tani:	Calificativ: FB	+
1.2. Izolații anexe:	Calificativ: FB	+
1.3. Încercerea izolației cu tensiune marită:	Calificativ: FB	+
1.4. Determinări globale:	Calificativ:	
1.4.1. CABS:	Calificativ: FB	+
1.4.2. PD:	Calificativ: FB	+
1.4.3. Vibrații:	Calificativ: FB	+
2. Rezistențe chimice:	Calificativ: FB	+
3. Principalele caracteristici electrice:	Calificativ: FB	+
4. Stare sistem radare:	Calificativ: FB	+
5. Diverse:	Calificativ: FB	+
6. Vechime:	Calificativ: FB	+
- Estimarea duratei de viață ramasă:** A section for calculating the remaining service life.
 - It includes a sub-section "Ltura termică a izolației" with a "Temperatura" input field set to 120 and a corresponding output field showing a complex numerical value.
 - Other input fields include "Grad de îmbătrânire [%]" (set to 7) and "Durata de viață a mașinii [ani]" (set to 20).
 - A "Calculează" button is present, and the output field "Durata de viață ramasă" shows the result 19.97.
- Mentenanță:** A section titled "Tip mentenanță" with a text area containing "Mentenanță minoră I".
- Footer:** A date field showing "12 September 2008", a "Proceseaza" button, and radio buttons for "Selectează data exactă" and "Selectează data cea mai apropiată". A "Punctaj obținut 14" field and a "Calificativ general: FB" field are also visible.

Fig. 27



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 379/2012