



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2009 00769

(22) Data de depozit: 28.09.2009

(41) Data publicării cererii:
30.05.2011 BOPI nr. 5/2011

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN
BRAȘOV, BD. EROILOR NR.29, BRAȘOV,
BV, RO

(72) Inventatori:
• ȘERBAN IOAN, SAT CĂRPINIȘ NR.962A,
COMUNA TĂRLUNGENI, BV, RO;
• MARINESCU CORNELIU,
STR. MIHAI EMINESCU NR.48, BRAȘOV,
BV, RO

(54) DISPOZITIV ȘI PROCEDEU DE REGLARE CU SARCINĂ DE
BALAST TRIFAZATĂ PENTRU GENERATOARE AUTONOME
CU SURSE DE ENERGIE REGENERABILE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv și un procedeu de reglare a frecvenței cu sarcină de balast trifazată a generatoarelor electrice cu surse de energie regenerabile, care funcționează în microrețele autonome. Dispozitivul de reglare cu sarcină de balast trifazată, conform invenției, este compus din trei ramuri de circuit electric, fiecare ramură fiind alcătuită din câte un rezistor de disipare (4, 5 și 6), în care fluxul de putere este controlat prin intermediul a câte un tranzistor (7, 8 și 9) de putere pentru fiecare fază, tensiunea de la intrarea sarcinii de balast fiind redresată prin intermediul a câte o punte cu diode (10, 11 și 12), fiecare tranzistor (7, 8 și 9) fiind comandat separat prin intermediul unui circuit de comandă cu semnale PWM cu factor de umplere variabil, în paralel cu fiecare tranzistor (7, 8 și 9) fiind plasată câte o diodă de nul (13, 14 și 15), iar interfațarea cu o microrețea trifazată cu patru conductoare (R, S, T, N) se realizează prin intermediul unui filtru inductiv-capacitiv compus din trei bobine (16) și trei condensatoare (17). Procedeu conform invenției constă din reglarea frecvenței și din compensarea nesimetriilor de putere activă dintre cele trei faze ale microrețelei, prin acțiunea unor regulatoare asupra semnalelor PWM (C_R , C_S , C_T) de comandă a tranzistoarelor de putere.

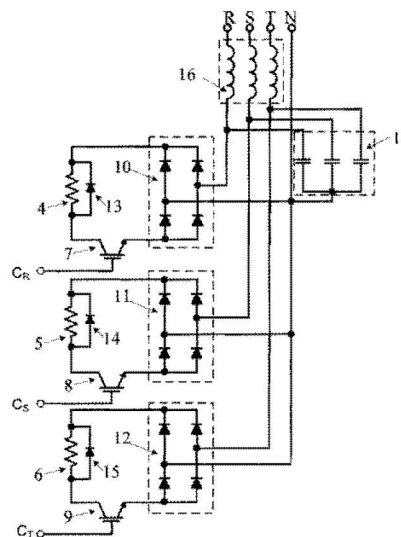


Fig. 2

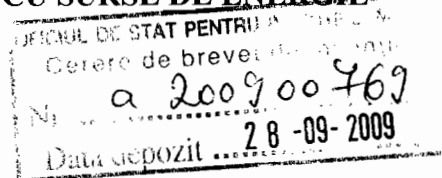
Revendicări: 2

Figuri: 9

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



**DISPOZITIV ȘI PROCEDEU DE REGLARE CU SARCINĂ DE BALAST
TRIFAZATĂ PENTRU GENERATOARE AUTONOME CU SURSE DE ENERGIE
REGENERABILE**



Invenția se referă la un dispozitiv de sarcină de balast (SB) și la un procedeu de reglare, ce se încadrează în domeniul sistemelor de reglare a generatoarelor electrice autonome cu surse de energie regenerabile. Dispozitivul și procedeu prezentate asigură calitatea energiei necesare unor consumatori din micro-rețelele electrice trifazate alimentate de generatoare cu surse de energie regenerabile, fiind destinat reglării frecvenței generatoarelor și a nesimetriilor de putere activă dintre cele trei faze. Un domeniu important de aplicare al invenției este cel al microhidrocentralelor funcționând în regim autonom. De asemenea, soluția se pretează în cazul sistemelor de generare hibridă a energiei electrice și termice (cogenerare), unde căldura generată pe rezistoarele sarcinii de balast poate fi recuperată.

Se cunosc diverse aplicații cu generatoare autonome în care sunt utilizate sarcini de balast pentru reglarea frecvenței. În general se întâlnesc în cazul sistemelor cu microhidrocentrale autonome și turbine eoliene.

Sarcina de balast, cunoscută și sub denumirea de sarcină tampon, se bazează pe disiparea energiei furnizate în exces de generatoare, formându-se un sistem hibrid de producere a energiei electrice și termice (cogenerare). Diferența dintre puterea produsă de generatoarele cu surse regenerabile și cererea consumatorilor se disipă pe niște rezistoare de putere.

Controlul fluxului de putere se realizează printr-un convertor de putere care prezintă diferite configurații. Convertorul de putere care face legătura între cele trei faze ale generatorului, sau micro-rețelei în cazul mai multor generatoare în paralel, și rezistoarele de putere diferențiază diferitele tipuri de sarcini de balast. În mod ideal sarcina de balast trebuie să funcționeze ca o rezistență variabilă, care absoarbe numai putere activă și nu induce armonici de curent în micro-rețea.

În ceea ce privește structura sarcinii de balast se cunosc mai multe soluții tehnice, având aceleași funcții principale de reglare a frecvenței într-un sistem autonom cu SER, prezentate succesiv în continuare.

Prima dintre acestea constă în utilizarea mai multor rezistoare de putere conectate în paralel prin intermediul unor comutatoare statice (tranzistoare, tiristoare). Numărul rezistoarelor în paralel determină sensibilitatea cu care se poate regla puterea disipată.

Dezavantajul principal al soluției este dat de necesitatea unui număr mare de elemente componente, mai ales pentru schemele trifazate și capacitatea redusă de reglare rapidă și precisă a puterii absorbite.

A doua structură care înlătură o parte din dezavantajele precedentei constă în utilizarea variatoarelor de tensiune alternativă cu tiristoare. Principalul dezavantaj al acestei structuri de sarcină de balast îl reprezintă caracterul neliniar, dat de comutația tiristoarelor din componența convertorului, fapt ce conduce la producerea armonicilor de curent de ordin inferior dificil de filtrat.

O alta configurație cunoscută constă în transformarea energiei de c.a. în energie de c.c. utilizând un redresor trifazat cu diode, iar prin intermediul unui variator PWM (Pulse Width Modulation – modularea impulsurilor în durată) de c.c. (chopper) se controlează puterea disipată pe un rezistor de putere. Puterea disipată pe rezistor depinde direct proporțional de factorul de umplere al semnalului PWM, care este dictat de un regulator de frecvență. Dezavantajul acestei soluții îl reprezintă conținutul ridicat de armonici superioare de ordin inferior (cinci, șapte, unsprezece) induse de funcționarea redresorului trifazat cu diode, care sunt dificil de filtrat.

Scopul invenției este de a asigura un conținut redus de armonici de curent, un factor de putere ridicat pe o gama largă de puteri la bornele sarcinii de balast și un răspuns rapid la variațiile de sarcină. Un alt obiectiv al invenției este de a adăuga în procedeul de comandă al sarcinii de balast, pe lângă funcția principală de reglare a frecvenței, o funcție de compensare a nesimetriilor produse de distribuția neuniformă a sarcinilor monofazate pe cele trei faze.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a realiza o soluție de reglare a frecvenței și compensării nesimetriilor într-o micro-rețea autonomă cu unul sau mai multe generatoare cu surse de energie regenerabile, utilizând o sarcină de balast care înlătură dezavantajele soluțiilor prezentate anterior în sensul reducerii substanțiale a conținutului de armonici de curent la bornele acestora și obținerii unui factor de putere ridicat pe tot domeniul de încărcare. Aceste îmbunătățiri sunt datorate unei structuri originale a convertorului sarcinii de balast, precum și a unui procedeu de reglare care asigură atât menținerea frecvenței într-un domeniu îngust de $\pm 1\%$ din frecvența nominală, precum și compensarea rapidă a nesimetriilor de putere activă produse de sarcinile monofazate.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1...9 care reprezintă:

- Fig. 1, schema micro-rețelei incluzând sarcina de balast și un generator cu sursă de energie regenerabilă;

- Fig. 2, structura sarcinii de balast inventată;
- Fig. 3, procedeul de comandă a sarcinii de balast inventată;
- Fig. 4, oscilograma tensiunii și curentului de fază la bornele sarcinii de balast pentru o încărcare de 50 %;
- Fig. 5, diagrama puterilor în cazul unor sarcini monofazate distribuite neuniform pe cele trei faze ale micro-rețelei și distribuția puterii active pe cele trei faze ale sarcinii de balast;
- Fig. 6, frecvența generatorului și răspunsul regulatorului de frecvență;
- Fig. 7, conectare sarcini monofazate: (a) puterile active pe cele trei faze ale generatorului; (b) puterile active pe cele trei faze ale sarcinii de balast.
- Fig. 8, oscilograma curenților prin cele trei faze ale generatorului: (a) fără compensarea nesimetriilor; (b) cu compensarea nesimetriilor;
- Fig. 9, oscilograma curentului prin conductorul neutru al generatorului: (a) fără compensarea nesimetriilor; (b) cu compensarea nesimetriilor.

Fig. 1 prezintă schema bloc a unei micro-rețele autonome compusă dintr-un generator electric **1** care este antrenat prin intermediul unei surse de energie regenerabilă și care alimentează mai multe sarcini. Se utilizează un sistem de control **2**, care comandă sarcina de balast **3**. Se măsoară tensiunile de fază trifazate u_{RST} și curenții de fază trifazați i_{RST} , pe baza cărora sunt furnizate semnalele de comandă C_{RST} .

Structura dispozitivului de sarcină de balast inventată este prezentată în Fig. 2. Schema conține trei ramuri separate cu trei rezistoare de disipare **4**, **5** și **6**, în care fluxul de putere este controlat prin intermediul unui tranzistor IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) **7**, **8** și **9** pentru fiecare fază. Tensiunea alternativă este redresată prin intermediul punților cu diode **10**, **11** și **12**. Fiecare tranzistor este comandat separat prin intermediul semnalelor PWM C_R , C_S , C_T . În paralel cu fiecare rezistor de putere se plasează câte o diodă de nul **13**, **14**, **15** deoarece rezistoarele au și o inductanță serie rezultată din soluția constructivă (rezistoare bobinate în general). Interfațarea cu micro-rețeaua trifazată cu 4 conductoare (**R**, **S**, **T**, **N**) se realizează prin intermediul unui filtru inductiv-capacitiv LC trece-jos, care are rolul de a atenua armonicile superioare produse de comutația tranzistoarelor de putere. Filtrul este compus din 3 bobine **16** care nu sunt cuplate magnetic și trei condensatoare **17**, conectate în stea, cu punctul comun legat la neutrul micro-rețelei. Dimensiunile filtrului sunt reduse deoarece cea mai mică armonică de curent care trebuie filtrată este de ordinul frecvenței de comutație PWM a celor trei tranzistoare.

Fig. 4 prezintă tensiunea de fază u_{RN} la bornele sarcinii de balast și curentul de fază al sarcinii de balast prin una din bobinele **16**, pentru o încărcare de 50 % a fazei respective. Factorul de distorsiune al curentului absorbit din micro-rețea este de sub 5%, în condițiile în care tensiunea la borne prezintă un factor de distorsiune de aproximativ 2%, iar $\cos \varphi = 0.96$.

În plus, structura de față conferă posibilitatea utilizării în sistemele trifazate cu patru conductoare, iar puterea disipată pe fiecare fază poate fi controlată separat. Acest avantaj este utilizat pentru compensarea dezechilibrului introdus de consumatorii monofazați, dezvoltându-se în acest sens un procedeu de comandă original.

Blocul **3** din Fig. 1 este detaliat în Fig. 3 și prezintă procedeul de comandă al sarcinii de balast cu cele două funcții:

- reglarea frecvenței micro-rețelei autonome;
- compensarea nesimetriilor de putere activă dintre cele trei faze ale micro-rețelei.

Reglarea frecvenței cu sarcina de balast se realizează prin modificarea puterii disipate pe rezistoarele de putere prin modificarea factorului de umplere a semnalului PWM care comandă tranzistoarele de putere de pe fiecare fază.

Regulatorul de frecvență **18**, utilizează o structură de tip proporțional-integral (PI), care acționează asupra diferenței dintre frecvența de referință (f_{ref}) și frecvența măsurată (f_{mas}) în sistem, furnizând la ieșire estimarea dezechilibrului de putere (ΔP) între generare și consum. Ieșirea regulatorului PI reprezintă practic factorul de umplere al semnalului PWM ce comandă tranzistoarele de putere din cadrul sarcinii de balast. Dacă frecvența măsurată este mai mare de 50 Hz, regulatorul crește factorul de umplere al semnalului PWM, astfel încât o putere mai mare va fi disipată pe sarcina de balast, iar ca rezultat generatorul (sau generatoarele) își vor încetini turația și frecvența va scădea. În cazul în care frecvența măsurată este mai mică de 50 Hz procesul de reglare este invers, atâta timp cât puterea disponibilă în generatoare este mai mare decât cerințele sarcinilor.

În continuare, se adaugă un modul pentru compensarea nesimetriilor de putere activă dintre fazele micro-rețelei. În acest sens se determină puterile active de pe fiecare fază prin intermediul blocului **19**, iar acestea intră în două blocuri care realizează operațiile aritmetice prezentate în **20** și **21**. Rezultatele obținute alimentează două regulatoare de tip PI **22** și **23** care vor estima dezechilibrele dintre faze și vor furniza la ieșire un semnal proporțional cu dezechilibrul de pe faza respectivă. Pentru exemplificarea funcționării procedurii de compensare a nesimetriilor, Fig. 5 prezintă o diagramă a puterilor în micro-rețea în cazul unor sarcini monofazate distribuite neuniform pe cele trei faze și distribuția

puterii active pe cele trei faze ale sarcinii de balast în urma acționării compensatorului, astfel încât generatorul (generatoarele) va resimți o sarcină echivalentă echilibrată.

În continuare aceste semnale sunt însumate cu ieșirea regulatorului de frecvență (ΔP), prin intermediul sumatoarelor 24, 25 și 26, iar după o adaptare a semnalelor prin limitatoarele 27, 28 și 29, sunt aplicate generatoarelor de semnal PWM 30, 31 și 32. Semnalele obținute C_R , C_S și C_T , comandă cele trei tranzistoare 7, 8 și 9 din structura sarcinii de balast.

Pentru demonstrarea funcționalității procedului de comandă al sarcinii de balast inventate, în continuare sunt prezentate câteva rezultate obținute experimental în condiții de laborator, pentru următoarele două cazuri:

- A. reglarea frecvenței unui generator sincron având ca sursă primară o microhidrocentrală (emulată în laborator) și funcționând în regim autonom cu sarcini variabile.
- B. Compensarea nesimetriilor de putere activă a aceluiași sistem de la punctul precedent, în cazul alimentării unor sarcini monofazate distribuite neuniform pe cele trei faze.

A. Fig. 6 prezintă variația frecvenței micro-rețelei în cazul conectării și deconectării unei sarcini trifazate echilibrate. Frecvența este menținută într-un interval îngust de $\pm 1\%$, iar răspunsul regulatorului de frecvență (ΔP) este rapid și fără oscilații.

B. Fig. 7 prezintă puterile active de pe cele trei faze ale generatorului (a) și de pe fazele sarcinii de balast (b), utilizând unități raportate, în cazul conectării unor sarcini monofazate identice pe diferite faze în următoarea ordine: faza R, faza R și faza T. Sarcina de balast preia nesimetriile produse de sarcinile monofazate, iar generatorul va resimți o sarcină echivalentă echilibrată.

Fig. 8 prezintă oscilograma curenților prin cele două generatoare în două cazuri: cu și fără compensarea nesimetriilor, în ambele cazuri condițiile de sarcină fiind identice. De asemenea, se poate observa în Fig. 9 că valoarea curentului prin conductorul neutru al generatorului este atenuată de aproximativ zece ori, în urma utilizării acestui procedeu de reglare.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- un conținut redus al armonicilor de curent, și un factor de putere ridicat al circuitului pe tot intervalul de încărcare, comportându-se ca un circuit cvasi-rezistiv;
- ordinul ridicat al armonicilor de curent permite utilizarea unui filtru inductiv-capacitiv de dimensiuni reduse și ca urmare dimensiunile de gabarit ale sarcinii de balast vor fi reduse;
- procedeul de comandă al sarcinii de balast permite pe lângă funcția de bază de reglare a frecvenței și compensarea nesimetriilor produse de sarcinile monofazate distribuite neuniform pe cele trei faze ale unui sistem trifazat cu patru conductoare;
- schema permite un răspuns rapid la variațiile puterii sarcinilor și la variațiile puterii generatoarelor.

REVENDICĂRI

1. Dispozitiv de reglare cu sarcină de balast trifazată pentru generatoare autonome cu surse de energie regenerabile, **caracterizat prin aceea că**, în vederea obținerii unui conținut minim de armonici de curent, a unui factor de putere ridicat pe tot intervalul de încărcare și a unui gabarit redus, conține trei ramuri separate cu trei rezistoare de disipare **4, 5 și 6**, în care fluxul de putere este controlat prin intermediul unui tranzistor de putere **7, 8 și 9** pentru fiecare fază, tensiunea de la intrarea sarcinii de balast este redresată prin intermediul unor punți cu diode **10, 11 și 12**, fiecare tranzistor fiind comandat separat prin intermediul unui circuit de comandă cu semnale PWM cu factorul de umplere variabil C_R , C_S și C_T , în paralel cu fiecare rezistor fiind plasată câte o diodă de nul **13, 14 și 15**, iar interfațarea convertorului cu generatorul sau micro-rețeaua (în cazul unui grup cu mai multe generatoare), se realizează prin intermediul unui filtru inductiv-capacitiv **16 și 17**.

2. Procedeu de comandă a dispozitivului, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** bucla de reglare reprezintă un regulator de frecvență **18** și o structură de compensare a nesimetriilor produse de distribuția neuniformă a consumatorilor monofazați pe cele trei faze ale micro-rețelei trifazate cu patru conductoare, ce conține un bloc **19** de măsurare a puterilor active de pe fiecare fază, puteri ce sunt utilizate în blocurile **20 și 21**, iar rezultatele sunt aplicate reguletoarelor de tip proporțional-integral **22 și 23**, ieșirile acestora și ieșirea regulatorului de frecvență **18** sunt însumate în **24, 25 și 26**, aplicate unor limitatoare **27, 28 și 29**, care vor furniza semnalele ce intră în trei generatoare PWM **30, 31 și 32**, furnizând la ieșire semnalele modulate C_R , C_S și C_T ce vor fi aplicate celor trei tranzistoare **7, 8 și 9**.

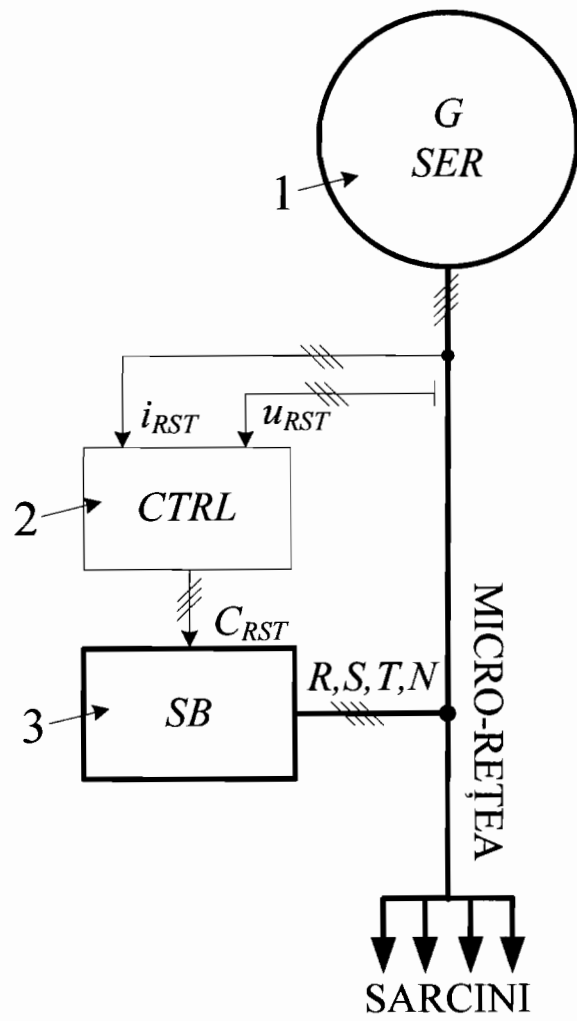


Fig. 1.

*Ștefan
Mănuș*

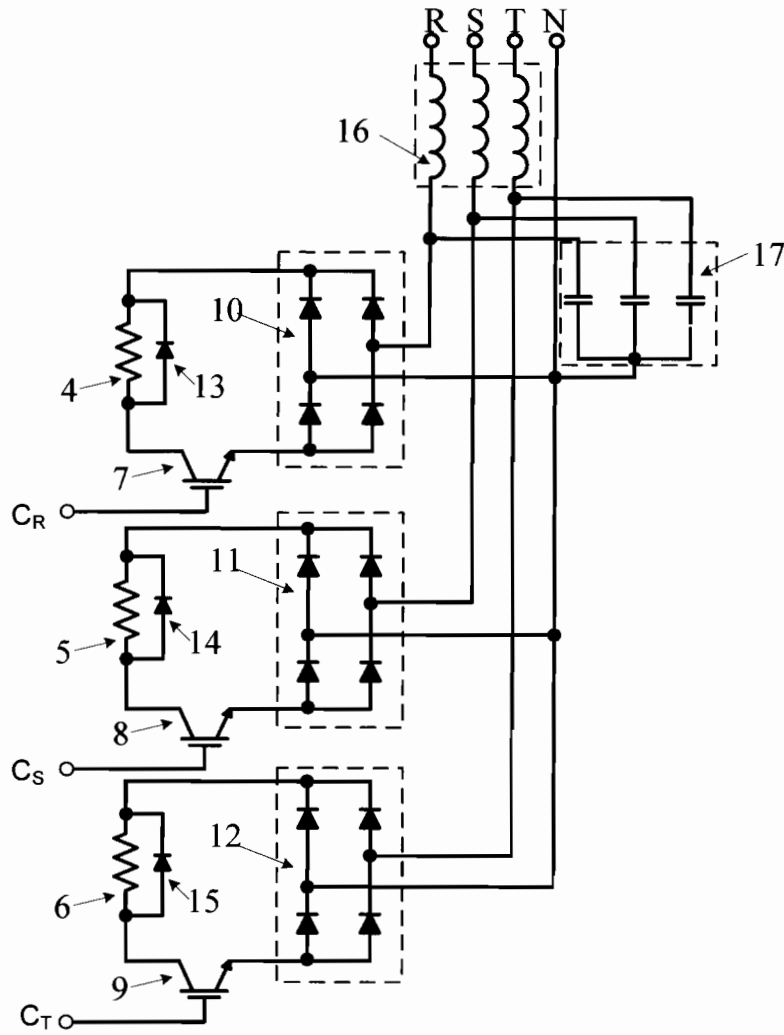


Fig. 2.

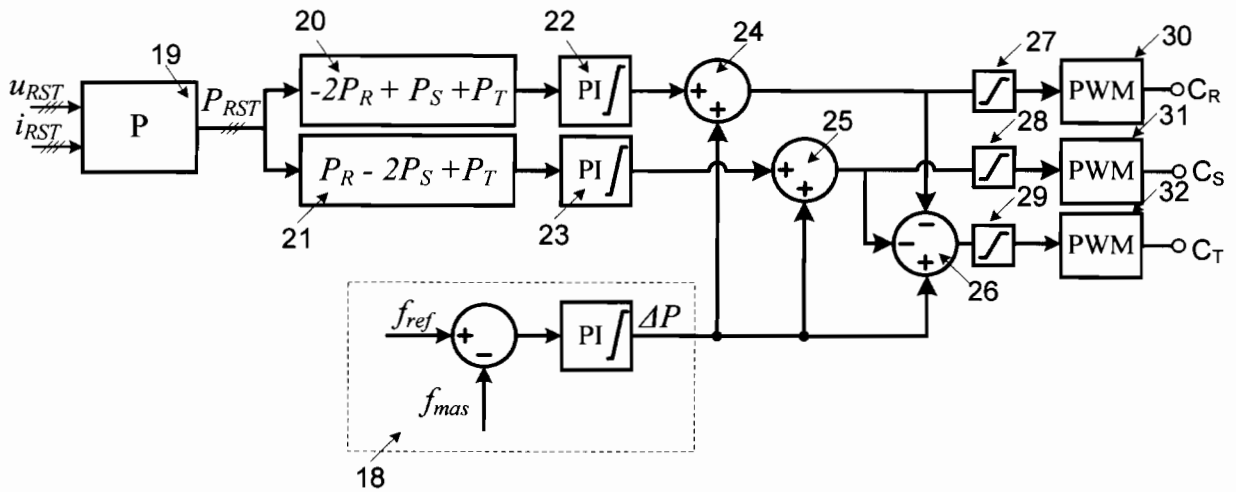


Fig. 3.

*John
Marius*

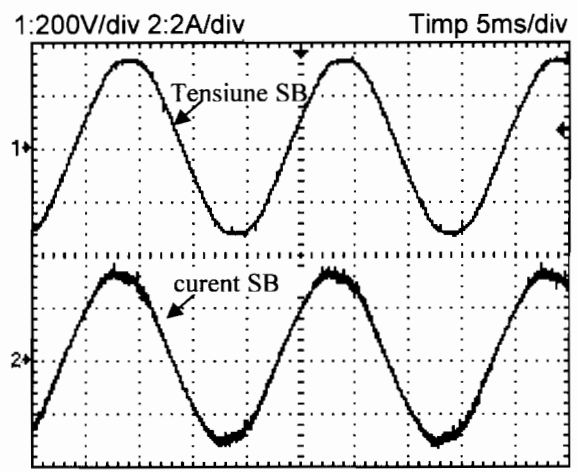


Fig. 4.

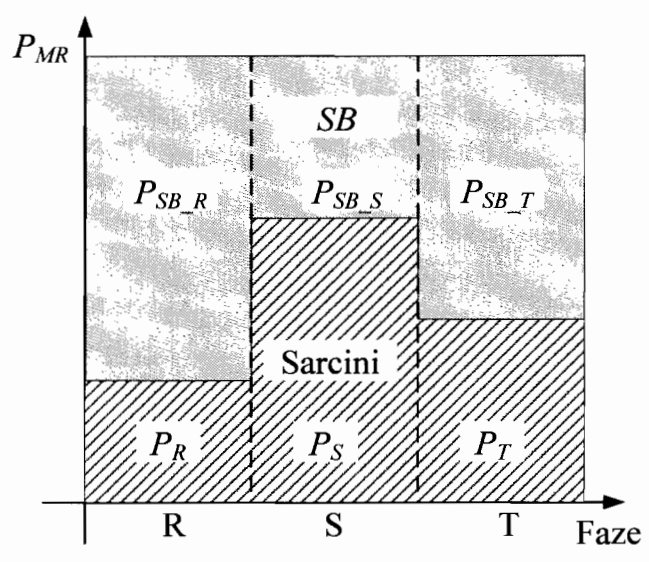


Fig. 5

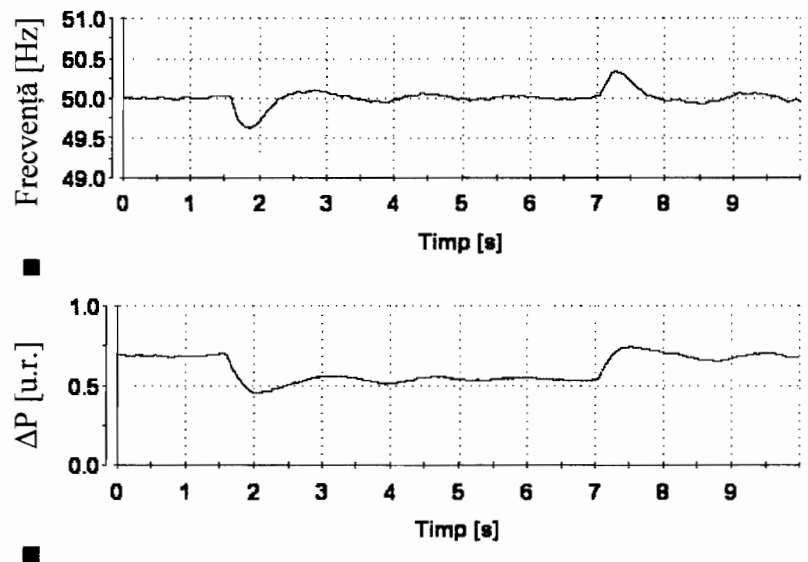
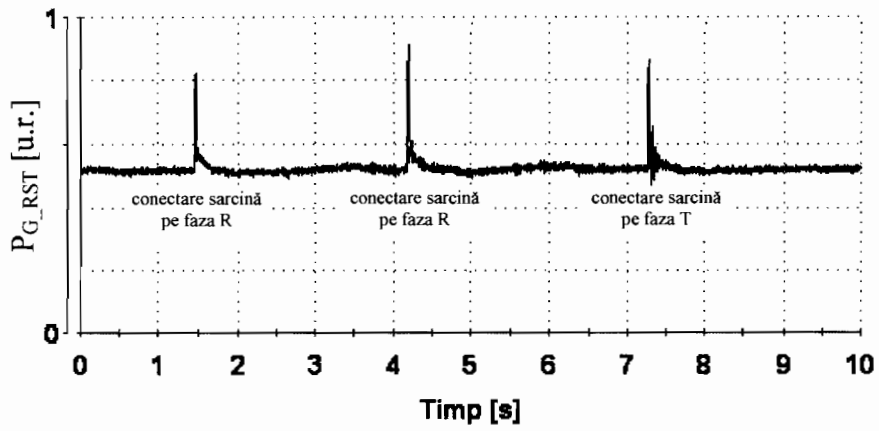
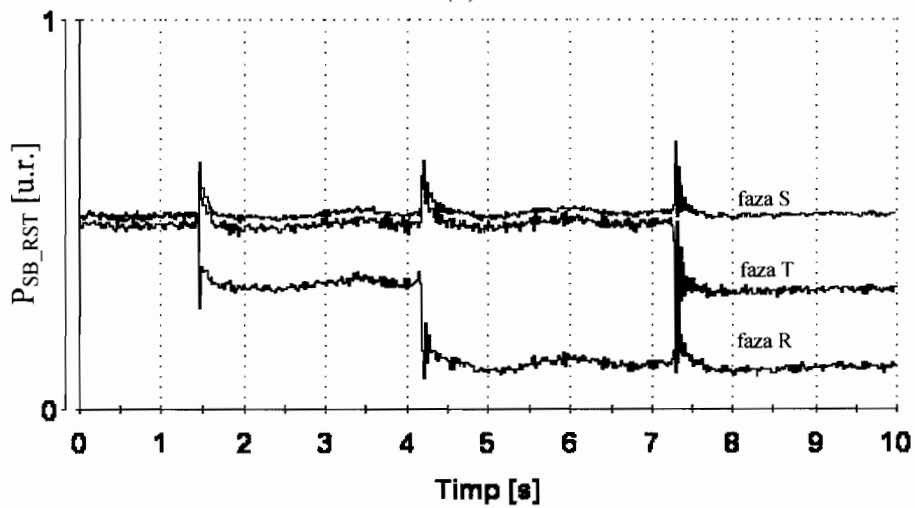


Fig. 6.

ferban
Leucescu

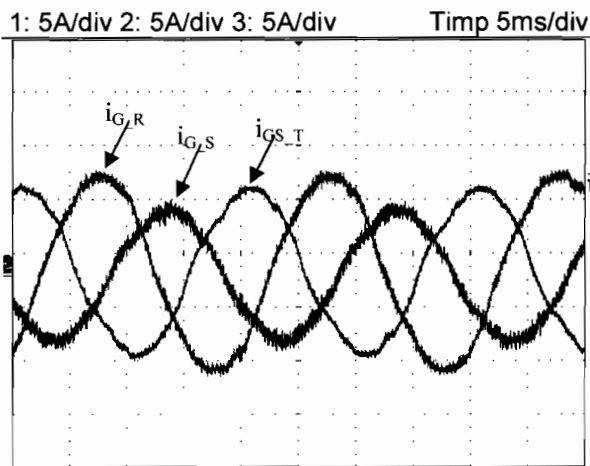


(a)

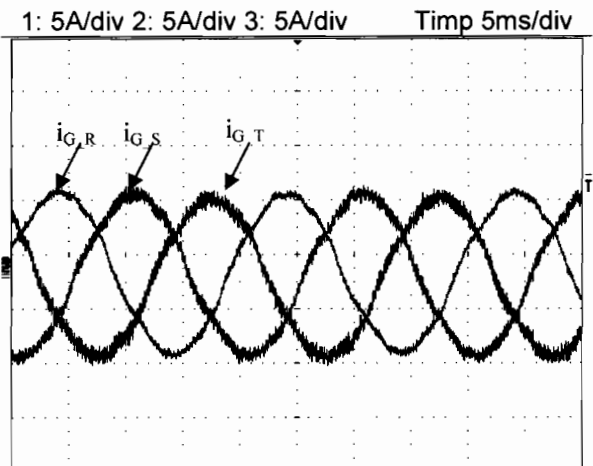


(b)

Fig. 7.



(a)



(b)

Fig. 8.

Handwritten signature

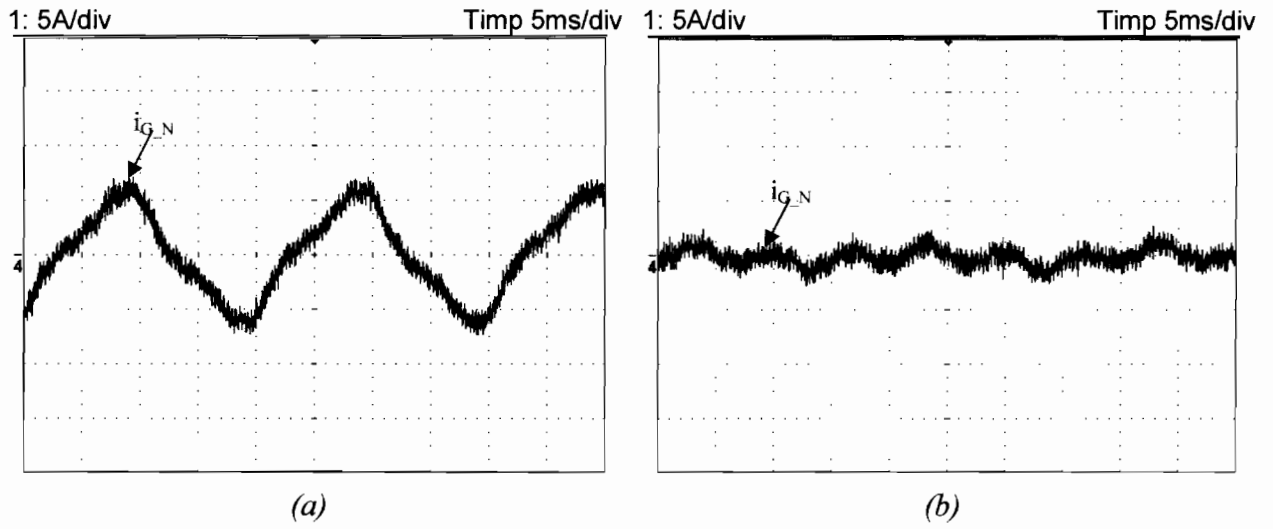


Fig. 9.

Jesley
Maurice