



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00721**

(22) Data de depozit: **11/11/2019**

(41) Data publicării cererii:
28/05/2021 BOPI nr. **5/2021**

(71) Solicitant:
• **DEACONU SORIN IOAN**,
ALEEA CONSTRUCTORILOR, NR.1, BL.E2,
SC.4, ET.2, AP.71, DEVA, HD, RO;
• **TOPOR MARCEL**,
STR.DIMITRIE CANTEMIR, NR.3, DEVA,
HD, RO;
• **TUTELEA LUCIAN NICOLAE**,
BVD.SUDULUI, NR.42, TIMIȘOARA, TM,
RO;
• **MUNTEAN NICOLAE**, STR.IULIU MANIU,
NR.2, SC.B, AP.17, TIMIȘOARA, TM, RO;
• **POPA GABRIEL NICOLAE**, BD. DACIA
NR. 1, BL. B1, SC. A, ET. 3, AP. 9,
HUNEDOARA, HD, RO

(72) Inventatori:
• **DEACONU SORIN IOAN**,
ALEEA CONSTRUCTORILOR, NR.1, BL.E2,
SC.4, ET.2, AP.71, DEVA, HD, RO;
• **TOPOR MARCEL**,
STR.DIMITRIE CANTEMIR, NR.3, DEVA,
HD, RO;
• **TUTELEA LUCIAN NICOLAE**,
BVD.SUDULUI, NR.42, TIMIȘOARA, TM,
RO;
• **MUNTEAN NICOLAE**, STR.IULIU MANIU,
NR.2, SC.B, AP.17, TIMIȘOARA, TM, RO;
• **POPA GABRIEL NICOLAE**, BD. DACIA
NR. 1, BL. B1, SC. A, ET. 3, AP. 9,
HUNEDOARA, HD, RO

(54) **SISTEM EOLIAN SAU HIDRAULIC DE PRODUCERE
A ENERGIEI ELECTRICE LA PUTERE REDUSĂ ȘI VITEZĂ
REDUSĂ VARIABILĂ CU GENERATOR ASINCRON
CU DOUĂ ÎNFĂȘURĂRI STATORICE ȘI ROTOR ÎN COLIVIE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem eolian sau hidraulic de producere a energiei electrice la putere redusă și viteză redusă variabilă cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi. Sistemul eolian sau hidraulic, conform invenției, este alcătuit dintr-o turbină (T) de antrenare care are o viteză (Ω) unghiulară variabilă, un generator (GA) asincron cuplat direct cu turbina (T), având două înfășurări (P și A) statorice, una principală și, respectiv, una auxiliară și convertoarele sau convertorul static, în înfășurarea principală având un convertor (CB) bidirecțional, format dintr-un redresor (RA) activ, conectat la înfășurarea (P) și un invertor (I), conectat la o rețea (R), iar în înfășurarea (A) auxiliară o baterie (C) de condensatoare în paralel cu un redresor (RD) cu diode înseriat cu un filtru (L) inductiv, conectat într-un circuit (DC) de tensiune continuă al convertorului (CB) bidirecțional, iar energia reactivă a generatorului este furnizată de bateria de condensatoare, prin convertorul din înfășurarea (P) principală vehiculându-se doar putere activă, spre rețea în regim de generator (P_{AG}) și spre mașină (P_{ASST}), pentru reducerea duratei de pornire a sistemului mașină electrică-turbină, mai ales când antrenarea se face de către o turbină eoliană, la turație redusă, spre rețea se transmite putere activă doar de la înfășurarea (P) principală, iar la turație

ridicată și înfășurarea (A) auxiliară debitează putere activă în circuitul intermediar de tensiune continuă, prin intermediul redresorului (RD) cu diode, iar dacă sistemul este izolat de rețea, puterea produsă de înfășurarea (A) auxiliară poate fi debitată unor consumatori nepretențioși, fără a mai fi necesar filtrul (L) inductiv și redresorul (RD) cu diode.

Revendicări: 4
Figuri: 5

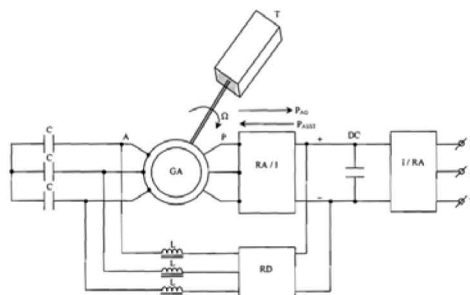


Fig. 1

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).



OFICIUL ROMÂN DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI Cerere de brevet de invenție Nr. a 2019 00721 Data depozit 1.1.2019.
--

Sistem eolian sau hidraulic de producere a energiei electrice la putere redusă și viteză redusă variabilă cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie

Descriere

Invenția se referă la un sistem de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi.

În scopul producerii de energie electrică, din surse regenerabile eoliene sau hidraulice de putere redusă, sunt cunoscute sistemele electrice integrate cuprinzând o turbină, un generator asincron cu o înfășurare statorică respectiv o baterie de condensatoare dacă funcționează în regim autonom (US 9222463 B2/2015/Lluma). Prezența transmisiei mecanice necesită gresare și întreținere permanentă a acesteia (US 5777459/1998/Bansal et al.). O problemă care apare este variația în limite destul de largi a vitezei turbinei dată de circulația maselor de aer și de variația sezonieră sau multianuală a debitelor de apă pe râurile mici. Utilizarea turbinelor reglabile crește mult costul sistemului (US 2015/0204393/Holmes). În această situație generatorul asincron clasic nu se comportă destul de bine, fiind necesar un convertor static de frecvență de putere cel puțin egală cu generatorul care să permită circulația bidirecțională a puterii. Prezența acestui convertor determină variații de tensiune și injectează armonice superioare în curentul de sarcină (US 7952316 B2/2011/ Ganev et al., CN 101445064 B/2016). Tensiunea indusă este puternic dependentă de turația turbinei, de valoarea capacității condensatoarelor de excitație și de valoarea curentului de sarcină (EP 1986310 A1/2008/Ganev et al., EP 2532889 A1/2012/Lluma).

Tot în scopul producerii de energie electrică, din surse regenerabile eoliene sau hidraulice de putere redusă sunt cunoscute sistemele care utilizează generatorul asincron cu două înfășurări trifazate statorice, una de excitație și alta principală pentru alimentarea sarcinii, având același număr de perechi de poli sau număr de perechi de poli diferit, bobinate în unul sau două straturi și rotorul cu colivie normală, care poate să facă față cerințelor la viteze reduse și curenți de sarcină ce variază într-un domeniu larg. Fluxurile produse de cele două înfășurări statorice și de curenții din barele rotorice se închid pe aceleași porțiuni ale miezului magnetic statoric și rotoric. Din această cauză fenomenele de saturație sunt mult mai complicate decât la mașina asincronă cu o singură înfășurare statorică. Complexitatea calculului impune utilizarea metodei elementului finit pentru proiectare și verificarea rezultatelor obținute prin proiectare optimală. În literatura de specialitate se prezintă numeroase scheme de conectare a excitației atât pentru generatoarele asincrone clasice cât și pentru cele cu două înfășurări statorice. Ca surse de energie reactivă se pot utiliza în afară de condensatoare și compensatoare sincrone sau convertoare statice conectate în înfășurarea principală.

În scopul producerii de energie electrică, din surse regenerabile eoliene sau hidraulice de putere redusă se cunosc și sisteme care utilizează generatorul asincron cu două înfășurări trifazate statorice cu excitația realizată de o baterie de condensatoare conectată în înfășurarea auxiliară și unul sau două convertoare statice conectate în înfășurarea principală respectiv în înfășurarea auxiliară. Prezența înfășurării auxiliare inseriată cu bateria de condensatoare furnizează generatorului energia reactivă necesară, aceasta nu va mai fi adusă din rețea și în acest fel puterea aparentă a convertorului conectat la bornele înfășurării principale va fi mai mică cu aproximativ 40%-50%. În regim autonom, datorită legăturii directe între înfășurarea auxiliară și

Ștefan
 Popoș
 L. Jute
 ll
 ll
 ll

bateria de condensatoare (fără convertor) procesul de autoexcitație se declanșează chiar în absența unei surse externe.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în cuplarea la rețea a înfășurării principale prin intermediul unui convertor comandat ce permite funcționarea în regim de viteză subsincron sau suprasincron, înfășurarea auxiliară fiind conectată la bateria de condensatoare pe de o parte, iar pe de altă parte printr-un convertor necomandat este conectată la circuitul de curent continuu al convertorului de rețea. Ambele convertoare au o putere redusă, în jur de 50% din puterea generatorului. Convertorul din înfășurarea principală permite circulația puterii active și reactive în ambele sensuri, funcționând ca softstarter în perioada de accelerare la pornire a ansamblului format din turbină și generator, reducând semnificativ timpul de pornire mai ales în cazul turbinelor eoliene.

Sistemul de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie înlătură dezavantajele mai sus menționate prin cuplarea directă între generator și turbină și prin posibilitatea de funcționare la turații reduse, variabile în limite largi, având caracteristici externe flexibile și posibilități de control foarte bune. Reducerea necesarului de putere reactivă din înfășurarea principală, se poate obține prin defazarea spațială a celor două înfășurări cu un unghi α .

Un alt dezavantaj eliminat îl reprezintă posibilitatea de extragere optimă a puterii (energiei) atât la viteze reduse cât și la viteze ridicate, la un cost rezonabil și un randament ridicat pentru sistemul de conversie în ansamblul său. Întreaga energie produsă de generatorul asincron poate fi debitată în rețea, sau o parte a energiei este debitată direct din înfășurarea auxiliară unor consumatori de curent alternativ nepretențioși, și în acest caz redresorul necomandat poate fi eliminat. În aplicațiile eoliene consumatorii nepretențioși vor fi conectați numai când puterea disponibilă a sistemului este mai mare decât 50% din puterea nominală, ceea ce înseamnă că viteza turbinei trebuie să depășească 80% din viteza nominală.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- utilizarea generatoarelor asincrone cu două înfășurări statorice și rotor în colivie este o soluție avantajoasă datorită performanțelor dinamice bune, lipsa periilor, lipsa unei surse suplimentare de alimentare în curent continuu și costuri de întreținere reduse;
- cuplarea directă între turbină și generator reduce zgomotul, crește randamentul și densitatea de putere;
- posibilitatea de control foarte bună a sistemului în domeniul vitezelor mici și foarte mici;
- flexibilitatea mărită a caracteristicilor externe;
- reducerea costului convertorului static este principalul avantaj al înlocuirii generatorului asincron clasic cu o înfășurare și convertor static la puterea nominală, cu generatorul asincron cu două înfășurări conectat cu unul sau două convertoare statice de putere redusă.

Se dau în continuare două exemple de realizare a invenției în legătură cu figurile 1-5, care reprezintă:

- fig. 1, schema sistemului de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, cu două convertoare, conectate la rețea;
- fig. 2, schema sistemului de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, cu un convertor, conectat la rețea sau în regim autonom;

Deaconu
Tăbăc
L. Juteu
M. M. M.

- fig. 3, simularea variației puterilor și a randamentului;
- fig. 4, schema electrică a standului experimental folosit;
- fig. 5, rezultate experimentale.

Sistemul de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi conform invenției, într-o primă variantă constructivă – fig. 1, este alcătuit din generatorul electric GA având două înfășurări trifazate statorice, una principală P și una auxiliară A , antrenat cu viteza unghiulară Ω variabilă de către turbina T , cu cele două înfășurări trifazate conectate, cea principală la un convertor static bidirecțional format din redresorul activ RA/I , circuitul intermediar de tensiune continuă DC și invertorul de rețea I/RA , respectiv cea auxiliară în paralel cu o baterie de condensatoare C și o inductivitate L inseriată cu un redresor necomandat RD , conectat în circuitul intermediar de tensiune continuă DC al convertorului bidirecțional.

Sistemul de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi conform invenției, în a doua variantă constructivă – fig. 2, este alcătuit din generatorul electric GA având două înfășurări trifazate statorice, una principală P și una auxiliară A , antrenat cu viteza unghiulară Ω variabilă de către turbina T , cu cele două înfășurări trifazate conectate, cea principală la un convertor static bidirecțional format din redresorul activ RA/I , circuitul intermediar de tensiune continuă DC și invertorul de rețea I/RA , rețeaua putând să fie și autonomă, respectiv cea auxiliară în paralel cu o baterie de condensatoare C și un consumator de curent alternativ trifazat nepretențios R_S , care poate fi introdus sau scos din circuit de contactorul K_I .

În ambele variante constructive convertoarele sunt dimensionate pentru jumătate din puterea nominală a generatorului. Cu această topologie ambele înfășurări sunt capabile să vehiculeze putere activă și putere reactivă pentru mașină. La viteză redusă doar înfășurarea principală transmite putere activă către rețea prin intermediul convertorului bidirecțional de tip PWM, în timp ce la viteze ridicate și prin intermediul înfășurării auxiliare se transferă o parte a puterii active către rețea. În general puterea nominală a convertorului bidirecțional este în jur de 50% din puterea mașinii, iar redresorul necomandat are și el o putere similară. Această configurație permite o extracție optimă a puterii (energii) atât la viteze reduse cât și la viteze ridicate, la un cost rezonabil și un randament ridicat pentru sistemul de conversie în ansamblul său. Conform variantei constructive 1 (figura 1), întreaga energie produsă de generatorul asincron este debitată în rețea, în timp ce în cazul variantei constructive 2 (figura 2) o parte a energiei este debitată direct din înfășurarea auxiliară unor consumatori de curent alternativ nepretențioși, și în acest caz redresorul cu diode poate fi eliminat. În aplicațiile eoliene consumatorii nepretențioși vor fi conectați numai când puterea disponibilă a sistemului este mai mare decât 50% din puterea nominală, ceea ce înseamnă că viteza turbinei trebuie să depășească 80% din viteza nominală. Schemele permit o pornire în regim de motor a sistemului generator - turbină, utilă mai ales la sistemele eoliene unde cuplul turbinei la turație redusă este mic, iar accelerarea poate dura foarte mult timp, în acest caz convertorul comportându-se ca un softstarter.

Strategia de control urmărește extragerea puterii electrice direct proporțional cu puterea a treia a vitezei arborelui generatorului. La viteză redusă doar redresorul activ este capabil să transfere putere spre rețeaua de curent continuu (figura 3.a). Pierderile în fier și pierderile mecanice nu sunt considerate în simulările dinamice, și în consecință randamentul (figura 3.b)

Drăganu
Dumășcu
L. Tutu
ellaw

ține cont doar de pierderile în cupru. Pentru încercarea experimentală (figura 4) și controlul sistemului de conversie propus s-a utilizat o mașină de uz general, cu datele (6kVA, 400V/415 rpm), având două înfășurări statorice cu același număr de spire pe fază, cea principală în două straturi și cea auxiliară într-un strat. Înfășurarea principală ocupă 2/3 din creștături, iar înfășurarea auxiliară ocupă 1/3 din creștături. Antrenarea generatorului se face cu un motor asincron **MA** alimentat de la un convertor PWM ce emulează turbina. Simulările în regim staționar și dinamic arată că pentru a putea conecta redresorul necomandat la aceeași rețea de curent continuu, ar fi necesar un raport de 1,26 între numărul de spire pe fază al celor două înfășurări. Astfel se impune utilizarea pentru experimentări a unui emulator de rețea de curent continuu **ER DC**. Redresorul activ și sarcina echivalentă de curent continuu, la care este conectată înfășurarea principală, s-a implementat cu ajutorul unui convertor bidirecțional industrial. Valoarea tensiunii continue în respectivul convertor este $U_{DC2}=580V$. Rezultatele experimentale, prezentate în figura 5, arată că generatorul în configurația propusă poate să dubleze puterea debitată la viteze mari, puterea în înfășurarea principală rămânând constantă, în timp ce puterea din înfășurarea auxiliară crește cu viteza. Este de remarcă faptul că prin utilizarea unui redresor activ, producerea de energie se face într-un domeniu larg de viteze. Capabilitatea generatorului de a extrage putere este mai mare decât puterea disponibilă la arborele turbinei.

Ștefan
Topor
L. Turcu
M
ellips

Revendicări

1. Sistem de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi caracterizat prin aceea că, în scopul reducerii costului total al sistemului conectat la rețea, în înfășurarea auxiliară se introduce o baterie de condensatoare, ce asigură întreaga energie reactivă necesară la turație nominală și mare parte din aceasta la turație redusă, puterea convertorului de rețea reducându-se la jumătate din puterea nominală a generatorului, iar convertorul necomandat, având tot jumătate din puterea nominală a generatorului, conectat în înfășurarea auxiliară, debitează spre rețea la valori ridicate ale turației.
2. Sistem de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi caracterizat prin aceea că, în scopul reducerii costului total al sistemului autonom, în înfășurarea auxiliară se introduce o baterie de condensatoare, ce asigură întreaga energie reactivă necesară, puterea convertorului din înfășurarea principală reducându-se la jumătate din puterea nominală a generatorului, iar în înfășurarea auxiliară se conectează, la viteze mari consumatori de curent alternativ nepretențioși.
3. Sistem de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi caracterizat prin aceea că, în scopul reducerii timpului de pornire al ansamblului turbină-generator, convertorul conectat la rețea este comandat să funcționeze în regim de softstarter.
4. Sistem de producere a energiei electrice, de putere redusă, cu generator asincron cu două înfășurări statorice și rotor în colivie, antrenat de o turbină eoliană sau hidraulică cuplată direct, cu turație redusă, variabilă în limite largi caracterizat prin aceea că, în scopul reducerii puterii reactive necesare generatorului, cele două înfășurări statorice se plasează în crestături astfel încât ele să fie defazate spațial cu un unghi α între axele fazelor omoloage.

Ștefan
Tomaș

L. Juteu

M.
ellona.

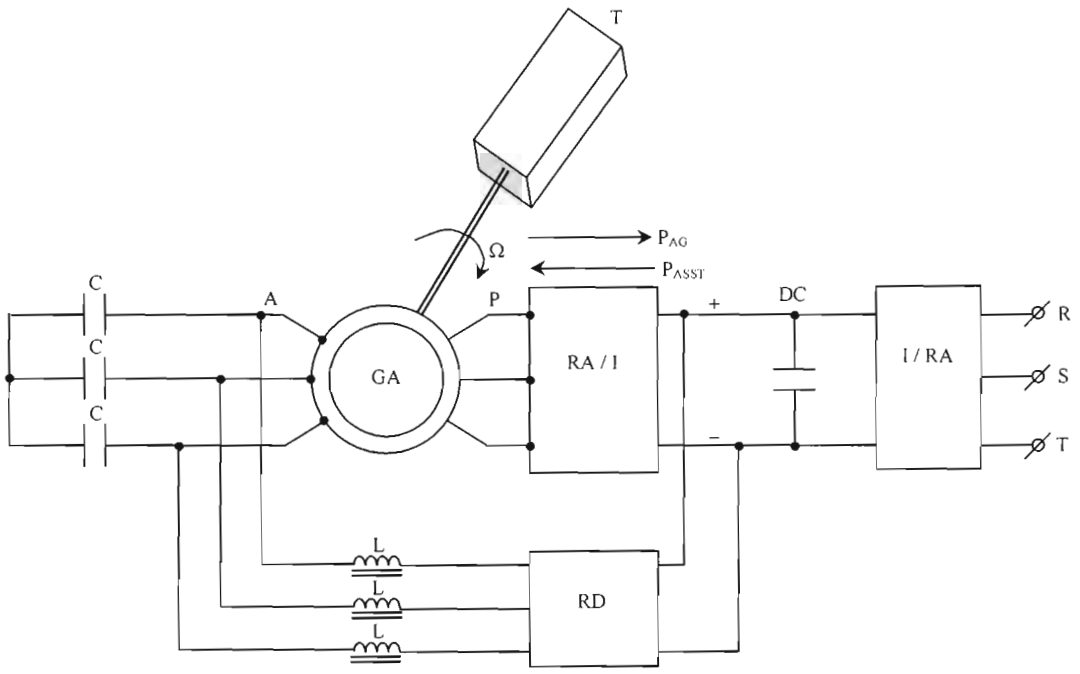


Fig. 1 Sistem de conversie cu turație variabilă a energiei eoliene sau hidraulice propus.

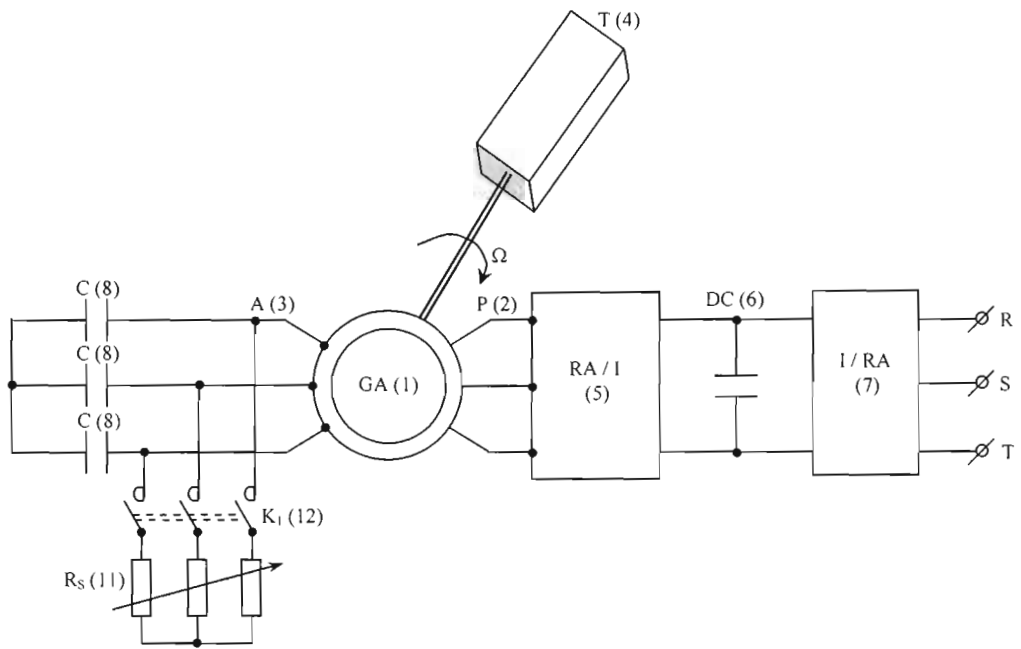
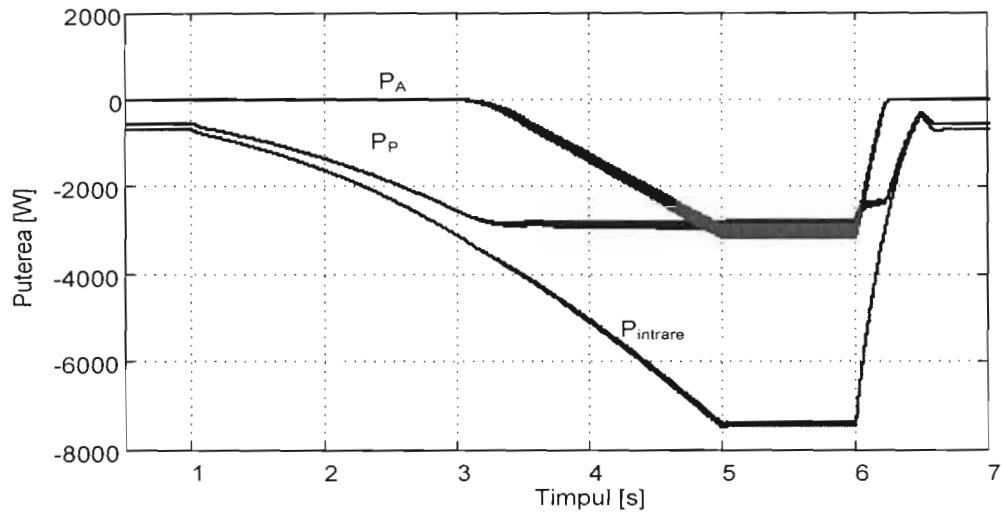
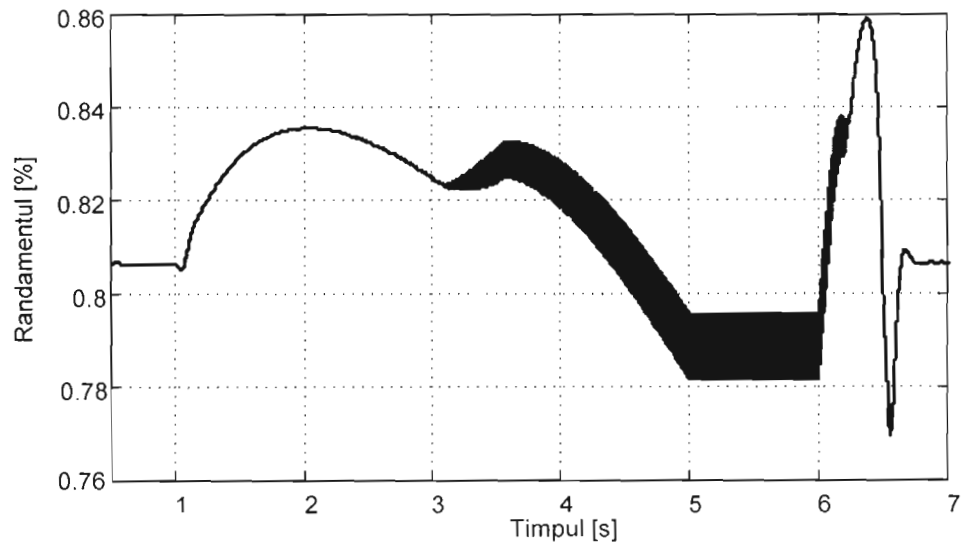


Fig. 2 Soluția propusă pentru consumatori de curent alternativ nepretențioși.

*Deacum
Togolde
d. Tutem
M
ellora*



a)



b)

Fig. 3 Simularea variației puterilor (a) și a randamentului (b).

Dr. Deaconu
 Toșcaș de
 L. Juteanu
 M
 M

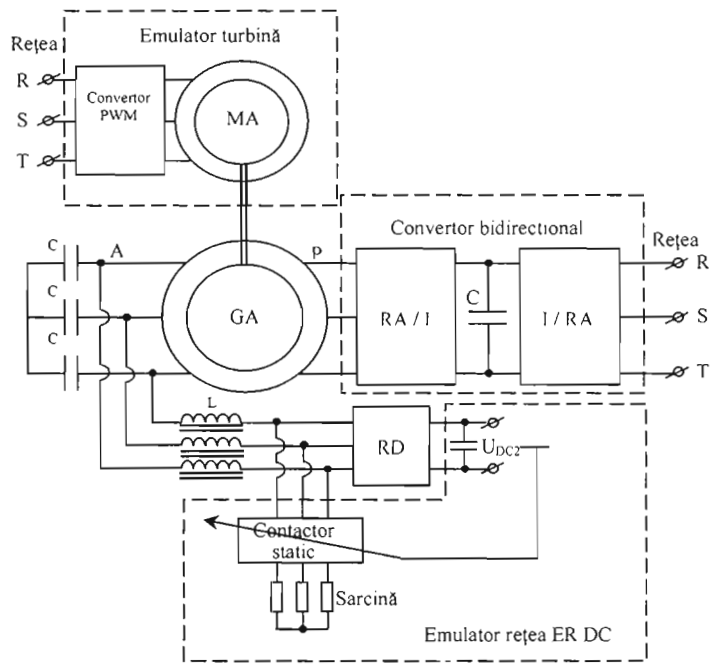


Fig. 4 Schema electrică a standului experimental.

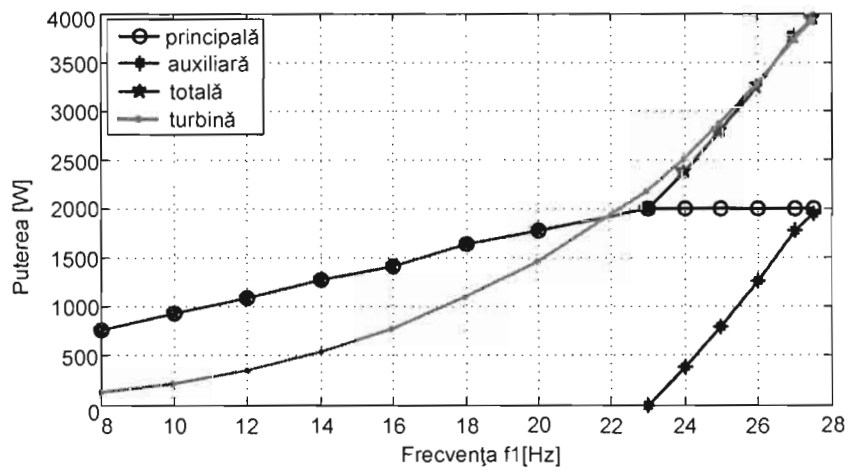


Fig. 5 Rezultate experimentale.

Ștefan
 Popovici
 L. Jutan
 Iliescu