

PROGRAM PNII - PARTENERIATE

COD PROIECT: PN-II-PT-PCCA-2013-4-1743

NR. CONTRACT FINANȚARE: 41/2014

TITLU PROIECT: *Turbină eoliană hibridă cu ax vertical*

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST)

ETAPA DE EXECUȚIE NR. IV/2017

**TITLU ETAPĂ: *Realizarea modelelor experimentale,
testarea și monitorizarea acestora***

CUPRINS

1. OBIECTIVUL GENERAL AL PROIECTULUI.....	3
2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE.....	3
3. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE.....	3
4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ	4
5. REZULTATE OBTINUTE ÎN CADRUL ETAPEI CURENTE	18
6. CONCLUZII.....	18
7. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	19

1. OBIECTIVUL GENERAL AL PROIECTULUI

Obiectivul general al proiectului HYWINDT constă în studiul, proiectarea, realizarea experimentală, testarea și monitorizarea unui model experimental de Generator Eolian Hibrid (GEH) echipat cu sistem de gestiune a energiei electrice și termice, destinat turbinelor eoliene hibride cu ax vertical, având puterea totală utilă de 3 kW [1].

2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE

Obiectivele *Etapei IV de execuție* a proiectului HYWINDT sunt următoarele:

- definitivarea proiectării sistemului de gestiune a energiei
- definitivarea realizării modelului experimental al GEH,
- testarea pe stand a modelului experimental al GEH,
- testarea și monitorizarea modelului experimental al GEH împreună cu sistemul de gestiune a energiei,
- elaborarea documentației tehnice asociate sistemului de conversie studiat,
- diseminarea rezultatelor cercetării.

3. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE

Etapa a IV-a de execuție a proiectului HYWINDT a vizat definitivarea proiectării și realizării părților componente ale sistemului de conversie, testarea pe stand a sistemului, respectiv elaborarea documentației tehnice aferente și diseminarea rezultatelor cercetării.

Activitatea IV.1. Proiectarea sistemului de gestiune a energiei - Partea III. Cercetările întreprinse au avut ca obiectiv definitivarea proiectării sistemului de gestiune a energiei.

Activitatea IV.2. Realizarea modelului experimental al GEH - Partea II. În urma calculului de proiectare efectuate anterior s-a definitivat construirea modelului experimental al GEH.

Activitatea IV.3. Testarea pe stand a modelului experimental al GEH. În cadrul acestei activități s-a testat modelul experimental al GEH și s-au determinat principalele caracteristici de funcționare ale acestuia.

Activitatea IV.4. Testarea și monitorizarea modelului experimental al GEH împreună cu sistemul de gestiune a energiei. Cercetările efectuate au avut un caracter preponderent experimental, și au presupus integrarea pe stand a GEH și a sistemului de gestiune a energiei, respectiv testarea acestora în diferite condiții de funcționare.

Activitatea IV.5. Elaborarea documentației tehnice asociate sistemului studiat. Pe baza performanțelor măsurate experimental s-a întocmit documentația tehnică a sistemului de conversie analizat.

Activitatea IV.6. Diseminarea rezultatelor prin participare la manifestări tehnico-științifice și publicare de articole de specialitate. Rezultatele cercetărilor au fost diseminate prin elaborarea unui număr de 2 lucrări științifice prezentate la 2 conferințe internaționale de prestigiu (*Joint International Conference OPTIM - ACEMP, Optimization of Electrical & Electronic Equipment and Aegean Conference on Electrical Machines & Power Electronics, Brasov, Romania*, respectiv *the International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI 2017, Targoviste, Romania*).

În urma cercetărilor efectuate în cadrul etapei curente a proiectului s-a identificat o soluție nouă de generator eolian care a făcut obiectul unei cereri de brevet de invenție elaborat și depus la OSIM.

4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

4.1. Definitivarea proiectării sistemului de gestiune a energiei produsă de GEH

Schema de principiu adoptată a sistemului de gestiune a energiei (electrice și termice) produsă de GEH în urma conversiei eoliene este prezentată în Fig. 1.

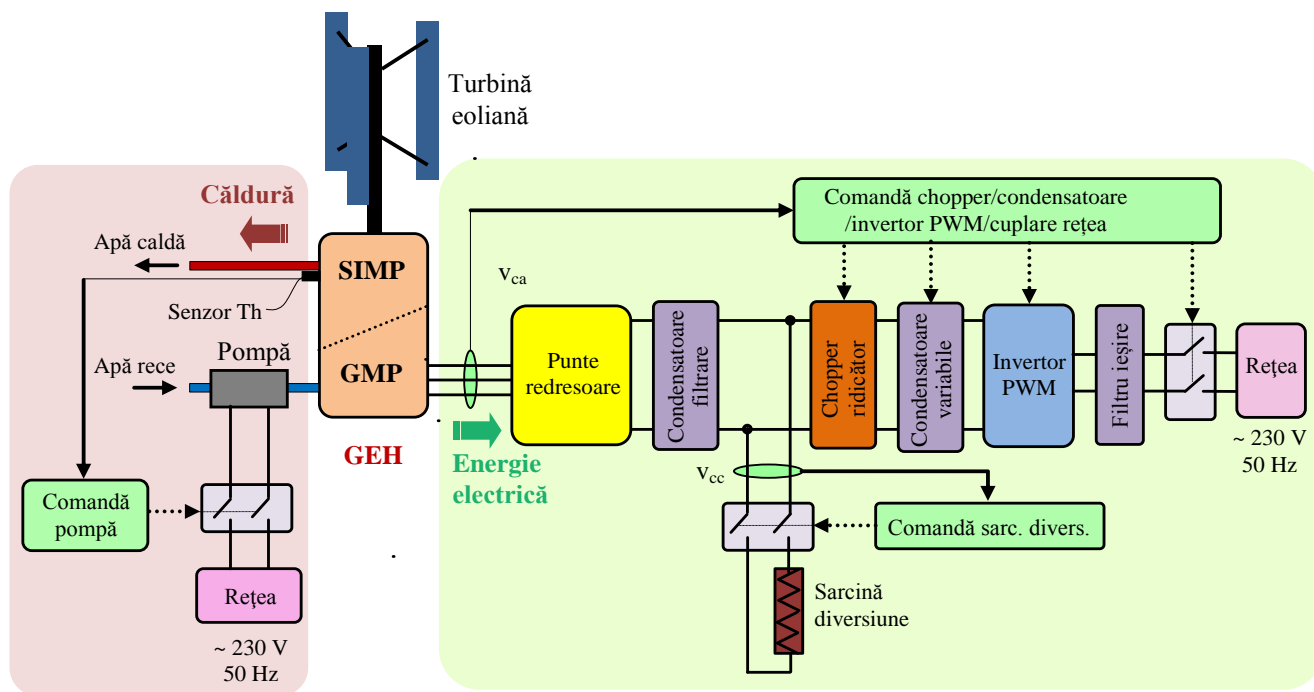


Fig. 1. Schema de principiu a sistemului de gestiune a energiei (electrice și termice) produsă de GEH.

În schema de principiu descrisă mai sus se poate observa configurația propusă a sistemului de gestiune a energiei electrice, respectiv a energiei termice.

Gestiunea energiei electrice. Energia electrică produsă de GEH este energie de curent alternativ trifazat, caracterizată de tensiune și frecvență variabile, iar parametrii acestora trebuie compatibilizați cu cei ai rețelei monofazate. În acest sens, între GEH și rețea se interconectează un ansamblu de blocuri electronice cu rol bine definit. Astfel la bornele GEH se conectează un bloc redresor cu diode (pentru transformarea energiei de curent alternativ în energie de curent continuu), urmat de condensator de filtrare, un chopper ridicător (pentru ridicarea și menținerea tensiunii continue la o valoare corespunzătoare), un condensator de filtrare, un invertor monofazat pentru conectarea la rețea și un bloc de filtrare. Pentru controlul turbinei eoliene la viteze mari ale vântului se utilizează o sarcină de diversivune conectată la ieșirea redresorului care preia energia electrică produsă în exces de GEH.

Gestiunea energiei termice (căldurii). Căldura produsă de GEH are ca suport un agent termic lichid care intră în circuit în stare rece și iese în stare caldă. Gestiunea energiei termice se efectuează cu ajutorul unui controler specializat care monitorizează temperatura agentului termic la ieșirea GEH cu ajutorul unui termocuplu de tip K și în funcție de valoarea temperaturii conectează sau deconectează pompa care injectează agentul termic în circuit în stare rece. Debitul mediu al agentului termic la ieșirea GEH va fi dictat de timpul de funcționare al pompei și va fi mai mare sau mai mic în funcție de viteza vântului.

4.2. Definitivarea realizării modelului experimental al GEH

GEH este un generator hibrid destinat sistemelor eoliene cu acționare directă cu ax vertical de turație redusă, de regulă sub 300 rpm. Generatorul primește putere mecanică pe la arbore și generează putere electrică și căldură. Mașina este alcătuită dintr-un Generator sincron cu Magneți Permanenți (GMP) pentru producerea de energie electrică și un Sistem de Încălzire cu Magneți Permanenți (SIMP) pentru producerea de energie termică, Fig. 2 [2].

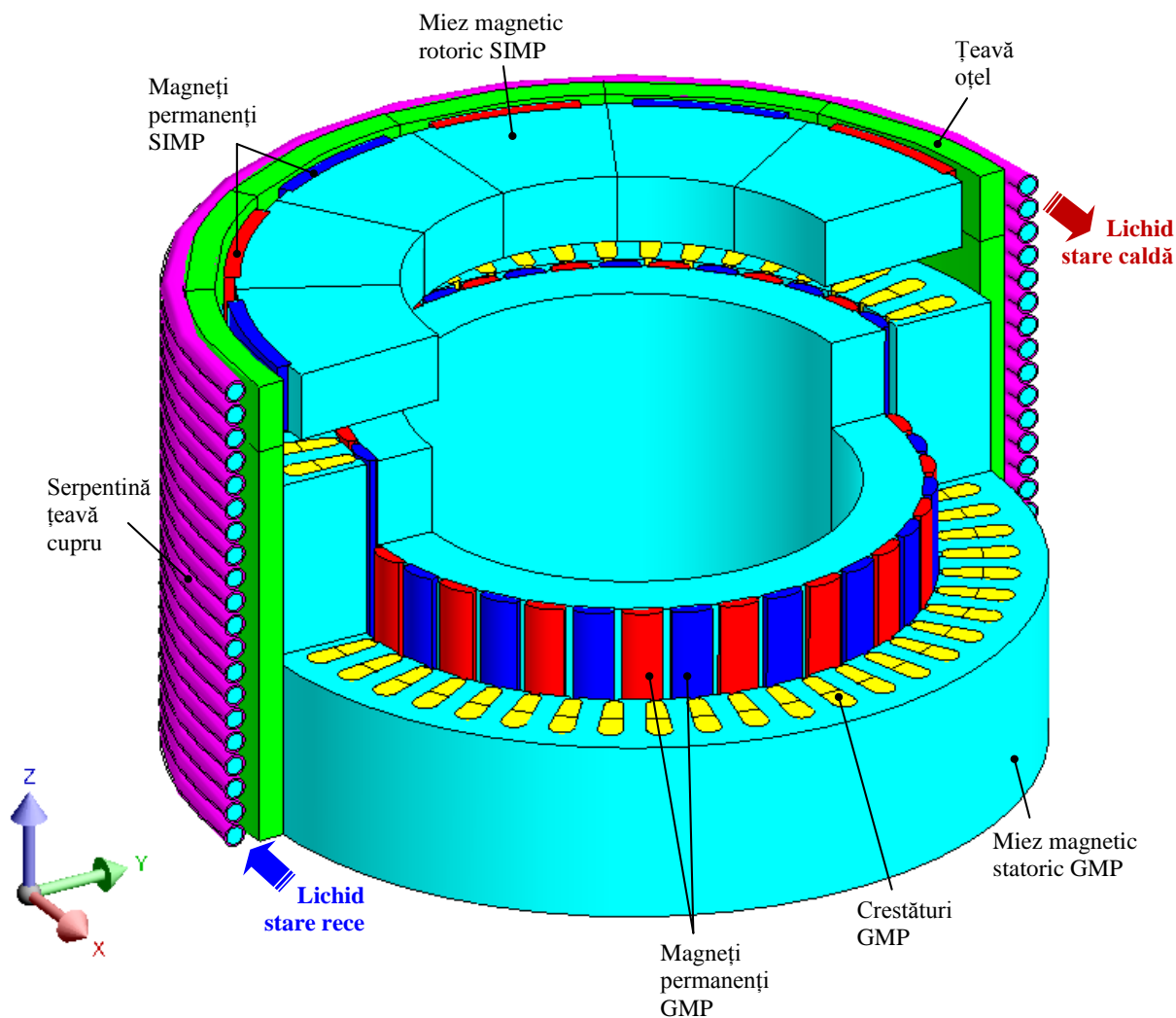


Fig. 2. Vedere 3D (cu decupare) de principiu a părților active ale GEH cu flux magnetic radial și rotor interior.

În etapa anterioară de realizare a proiectului s-a demarat operația de execuție a pieselor și subansamblurilor principale ale GEH, pe baza calculului de proiectare și a ajustărilor tehnice efectuate. Astfel s-au realizat subansamblurile: arbore, miez rotor, respectiv miez stator.

În etapa curentă s-a definitivat realizarea modelului experimental al GEH, operațiile principale efectuate fiind următoarele: *realizarea, magnetizarea și lipirea magneților permanenți pe miezul rotoric, izolarea crestăturilor statorice, realizarea bobinajului statoric și introducerea acestuia în crestături, consolidarea capetelor de bobină, impregnarea subansamblului stator, realizarea și montarea circuitului termic, realizarea și montarea scuturilor frontale, realizarea și montarea carcasei și a suportului de susținere.*

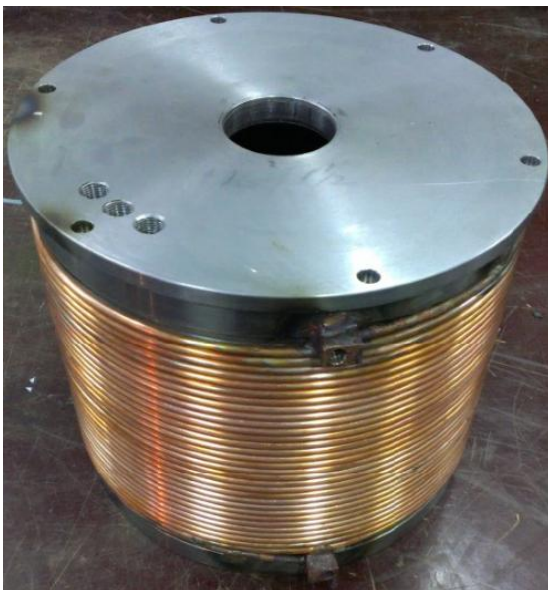
În Fig. 3 sunt prezentate imagini ale GEH în diferite etape de execuție a modelului experimental.



a) Vedere exterioră a GEH cu evidențierea suportului pe care se montează serpentina circuitului termic (vedere fără carcasă).



b) Subansambluri arbore, miez rotor, miez stator suport circuit termic, fără magneți.



a) Vedere exterioră a GEH cu evidențierea serpentinei circuitului termic (fără carcasă).



a) Vedere exterioră a GEH cu evidențierea carcasei și a ștuțurilor de intrare/ieșire ale circuitului termic.

Fig. 3. Etape ale realizării modelului experimental al GEH.

Magneții permanenți necesari pentru producerea câmpului de excitație al GEH au fost magnetizați unidirecțional și apoi semiîngropați în jugul rotoric. Lipirea magneților s-a efectuat cu un adeziv special care să asigure o bună fixare a acestora, respectiv care să împiedice desprinderea lor ca urmare a acțiunii forțelor centrifuge și a cuplurilor electromagnetice importante.

Înfășurarea statorică adoptată corespunzătoare Generatorului cu Magneți Permanenți (GMP) cu $Z = 48$ de creștături statorice și $2p = 38$ de poli, are pasul unitar (pentru reducerea lungimii

capetelor de bobine, a gabariturii, a consumului de material și a pierderilor Joule), are factorul de înfășurare $K_w = 0,905$, schema fiind prezentată în Fig. 3 [2].

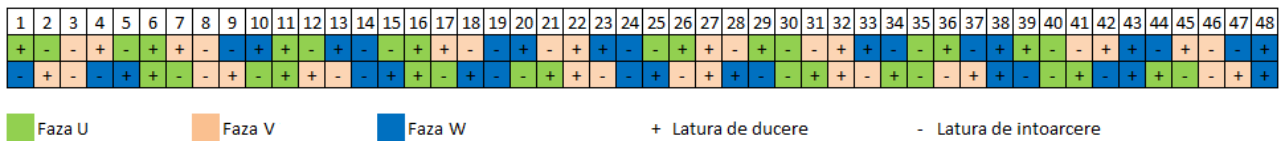


Fig. 4. Schema înfășurării de tip dublu strat a GMP.

GMP este răcit cu ajutorul unei circuit termic format dintr-o serpentină lipită pe un suport cilindric din oțel magnetic care se află în contact cu miezul statoric și preia o parte importantă din pierderile în fier și a celor Joule disipate în statorul mașinii. Serpentina circuitului de răcire este realizată din țevă subțire de cupru.

4.3. Standul experimental pentru testarea GEH și a sistemului de gestiune a energiei

Pentru testarea modelului experimental al GEH și a sistemului de gestiune a energiei (electrice și termice) s-a construit un stand experimental care conține următoarele părți componente principale: *motor asincron + reductor alimentat de la inverter* și utilizat pentru antrenarea GEH, *traductor de cuplu/turație* pentru măsurarea puterii mecanice primite de generator, *GEH*, respectiv *sistemul de gestiune a energiei* (electrice și termice).

Schema de principiu a standului experimental cu evidențierea părților sale principale, însă fără sistemul de gestiune a energiei, fără partea de comandă și de măsură este prezentată în Fig. 5.

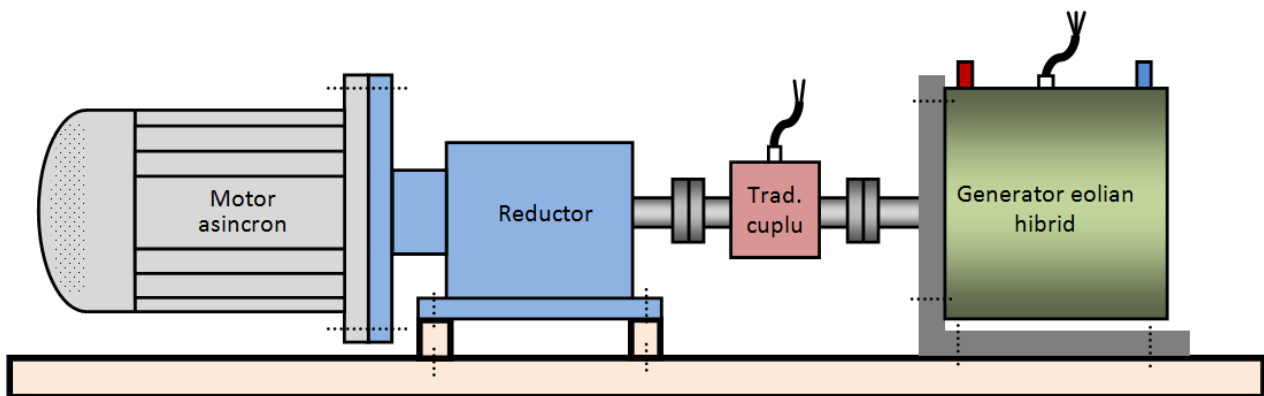
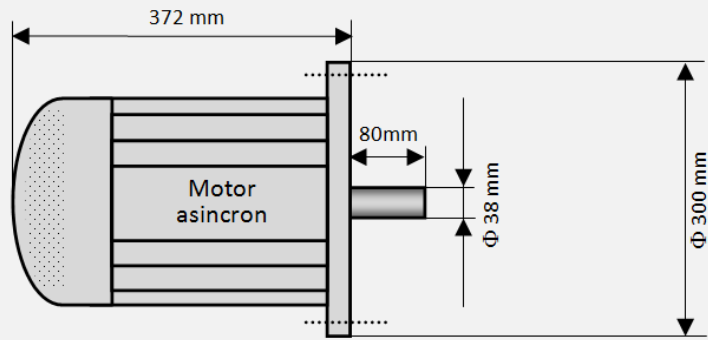


Fig. 5. Schema de principiu a standului experimental fără sistemul de gestiune a energiei.

În cele ce urmează se prezintă câteva date tehnice principale ale componentelor standului experimental (motorul asincron, reductor, traductor cuplu, GEH).

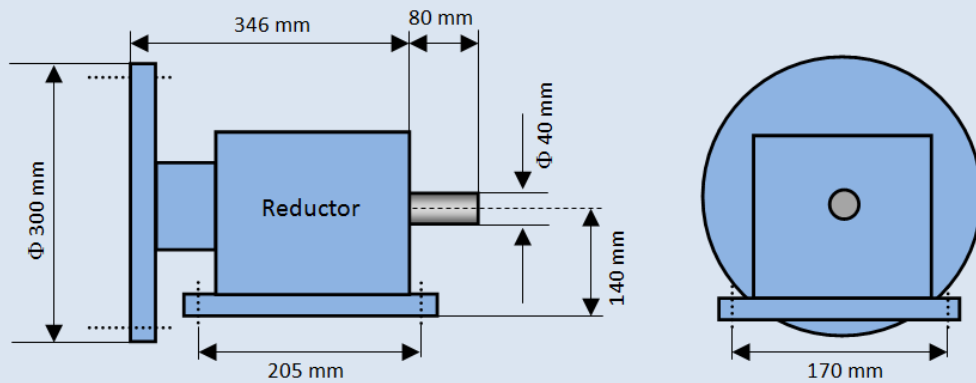
Motor asincron Motovario

TH 132S4 / B5
Pn = 5,5 kW
Un = 400 V
In = 11,14 A
fn = 50 Hz
nn = 1460 rpm



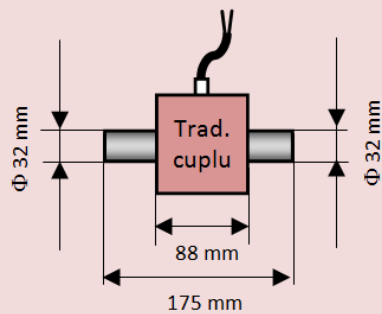
Reductor Motovario

H 062
l = 7,39
B3



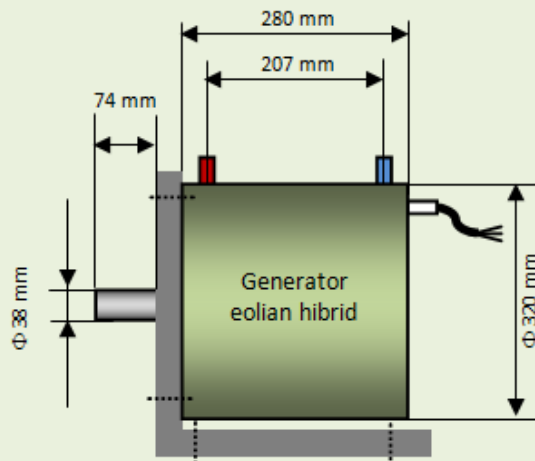
Traductor cuplu KTR

Model 32/300
Cuplu maxim 300 Nm



Generator eolian hibrid

Pn = 3kW
Un = 195 V
In = 7,1 A
nn = 230 rpm



O schemă de principiu mai complexă a standului experimental utilizat, cu evidențierea inclusiv a sistemului de gestiune a energiei este prezentată în Fig. 6.

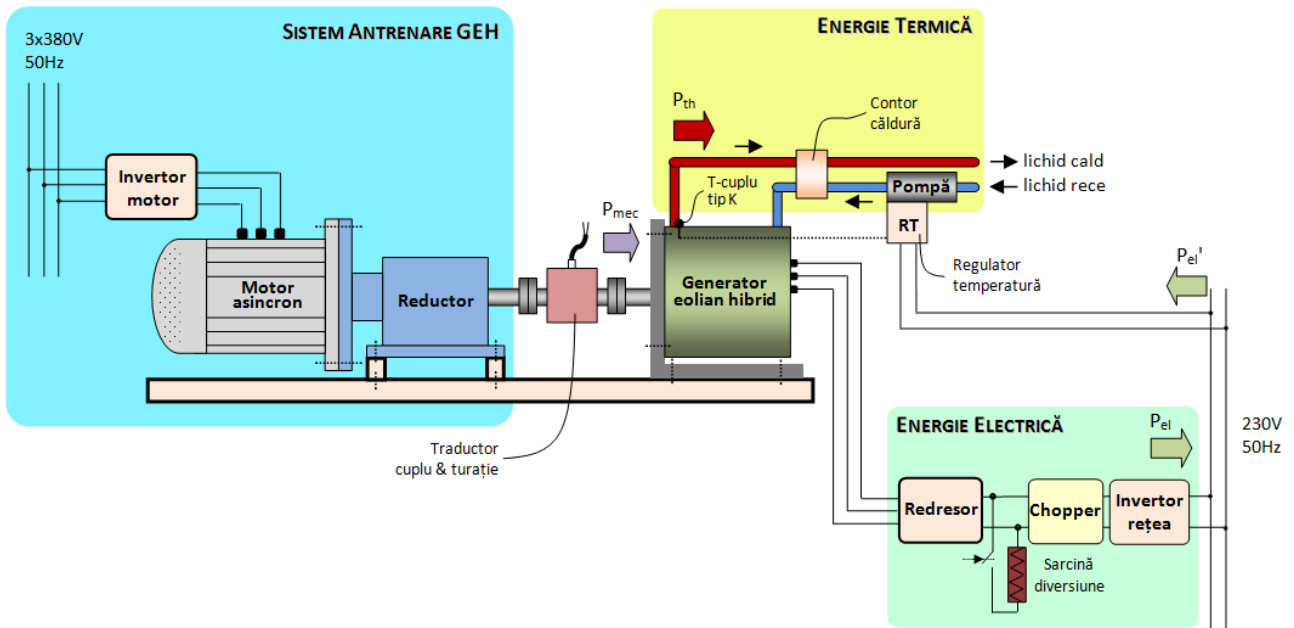


Fig. 6. Schemă de principiu a standului experimental cu evidențierea sistemului de gestiune a energiei.

În Fig. 7 și Fig. 8 este prezentat standul experimental care conține sistemul antrenare a GEH, traductorul de cuplu/turație, GEH, respectiv sistemul de gestiune a energiei.



Fig. 7. Standul experimental utilizat pentru testarea sistemului studiat.



Fig. 8. Sistemul de comandă și de gestiune a energiei.

4.4. Testarea modelului experimental al GEH și a sistemului de gestiune a energiei

În cadrul acestei activități s-a testat modelul experimental al GEH și s-au determinat principalele caracteristici de funcționare ale acestuia, respectiv s-a testat sistemul de gestiune a energiei.

În acest scop s-au utilizat aparate de măsură, instrumente și sisteme de achiziție de date specializate, precum: osciloscop electronic digital Tektronix THS3014, osciloscop electronic digital Tektronix TDS 2014, analizor de rețea Chauvin Arnoux C.A. 8334, traductor de cuplu tip KTR Dataflex 32/300, senzori de curent Fluke i310s, etc.

În urma măsurătorilor efectuate s-au determinat următoarele caracteristici ale GEH:

- caracteristica *tensiune de linie - turație* [$U = f(n), I = 0$], Fig. 9;
- caracteristica *externă* [$U = f(I), n = ct. \text{ și } \cos \varphi = ct.$] pentru sarcină R și L, Fig. 10;
- caracteristica *puterii aparente* [$S = f(I), n = ct. \text{ și } \cos \varphi = 1$], Fig. 11;
- variația în timp a turației GEH, Fig. 12;
- variația în timp a cuplului GEH, Fig. 13;
- formele de undă ale tensiunii de linie și conținutul de armonici la funcționarea GEH pe rețea proprie, în sarcină rezistivă, Fig. 14;
- formele de undă ale curentului de linie și conținutul de armonici la funcționarea GEH pe rețea proprie, în sarcină rezistivă, Fig. 15.

Analizând rezultatele, se observă în Fig. 9 că tensiunea de linie la mers în gol crește practic liniar cu turația GEH.

Caracteristica externă a mașinii prezentată în Fig. 10 evidențiază o alură scăzătoare a tensiunii de linie de la mers în gol la funcționare în sarcină nominală (sarcină rezistivă) de circa 11%.

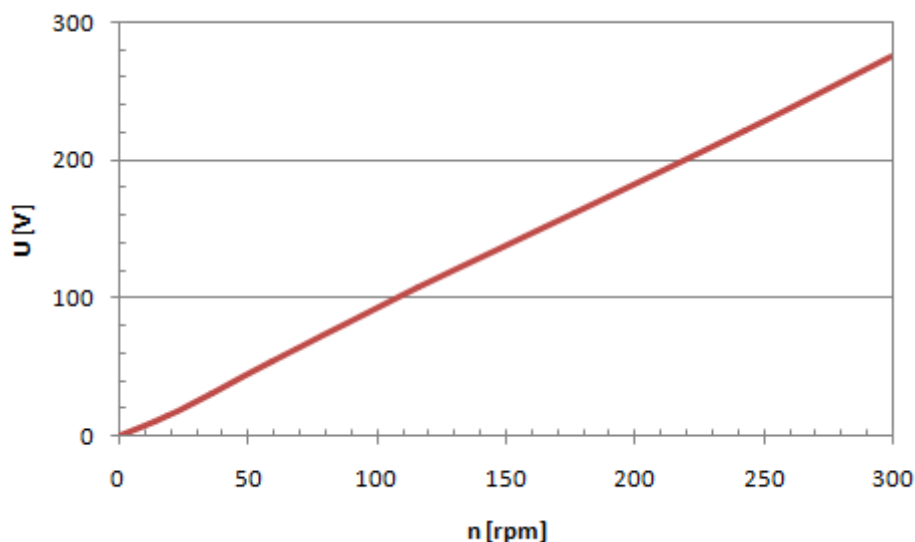


Fig. 9. Caracteristica *tensiune de linie - turație* a GEH [$U = f(n)$, $I = 0$].

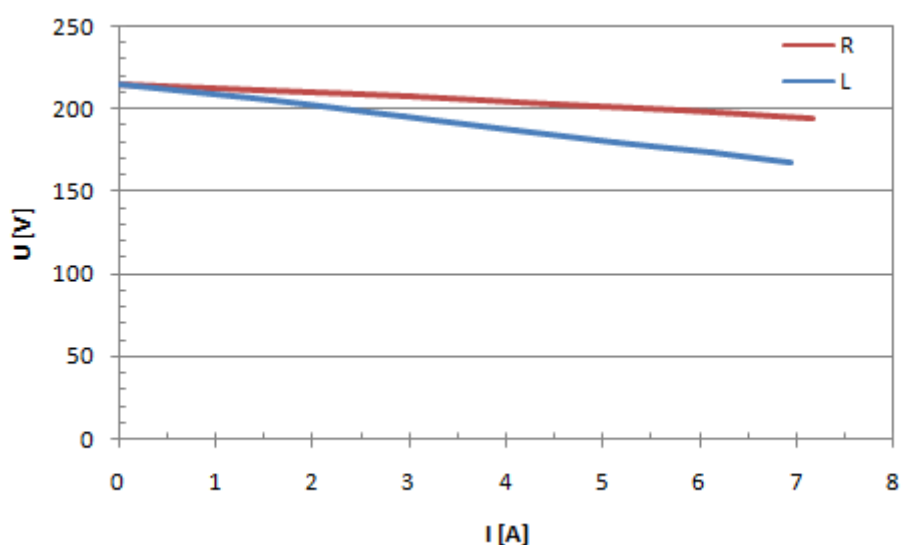


Fig. 10. Caracteristica *externă* a GEH [$U = f(I)$, $n \approx 229$ rpm] pentru sarcină rezistivă și inductivă.

În Fig. 11 se observă o creștere a puterii aparente a mașinii aproximativ liniară de la gol la sarcină nominală.

În Fig. 12 se prezintă variația în timp a turației GEH impusă de motorul asincron de antrenare, riplurile turației fiind foarte reduse.

În Fig. 13 se observă variația în timp a cuplului mecanic la arborele GEH cu ripluri de circa 6,7% datorate oscilațiilor cuplului electromagnetic al GEH.

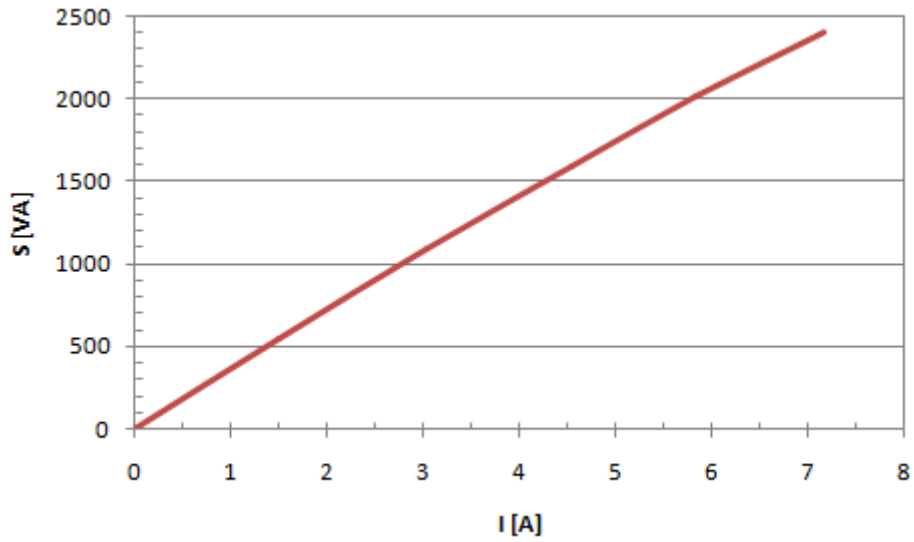


Fig. 11. Caracteristica puterii aparente a GEH [$S = f(I)$, $n \approx 229$ rpm și $\cos \varphi = 1$].

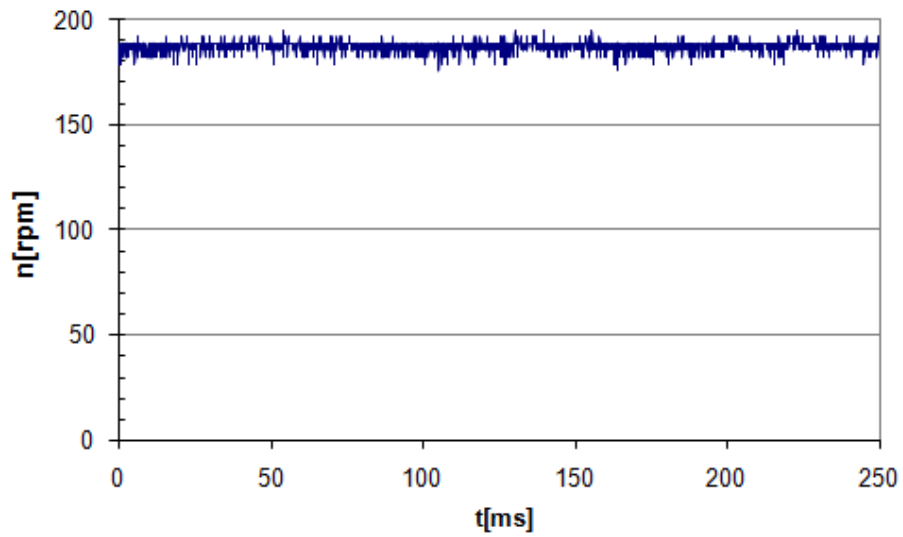


Fig. 12. Variația în timp a turației GEH impusă de motorul de antrenare.

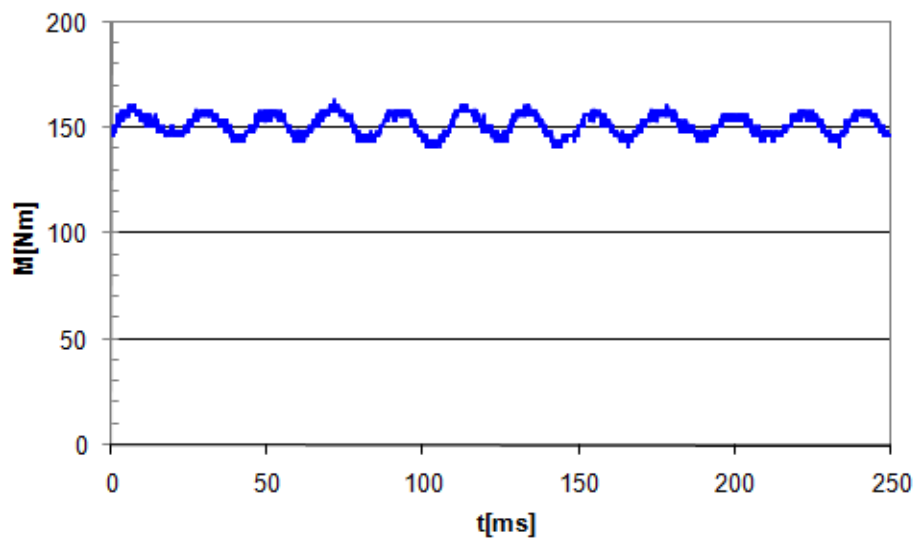


Fig. 13. Variația în timp a cuplului mecanic la arborele GEH.

În Fig. 14 se observă o alură practic sinusoidală a tensiunilor de linie ale GEH, cu un factor de distorsiune armonică total (THD) sub 1%, mașina fiind bine proiectată în acest sens.

Prin analiza rezultatelor din Fig. 15 se observă de asemenea formele de undă practic sinusoidale ale curenților de linie ale GEH, cu un factor de distorsiune armonică total de asemenea sub 1%.

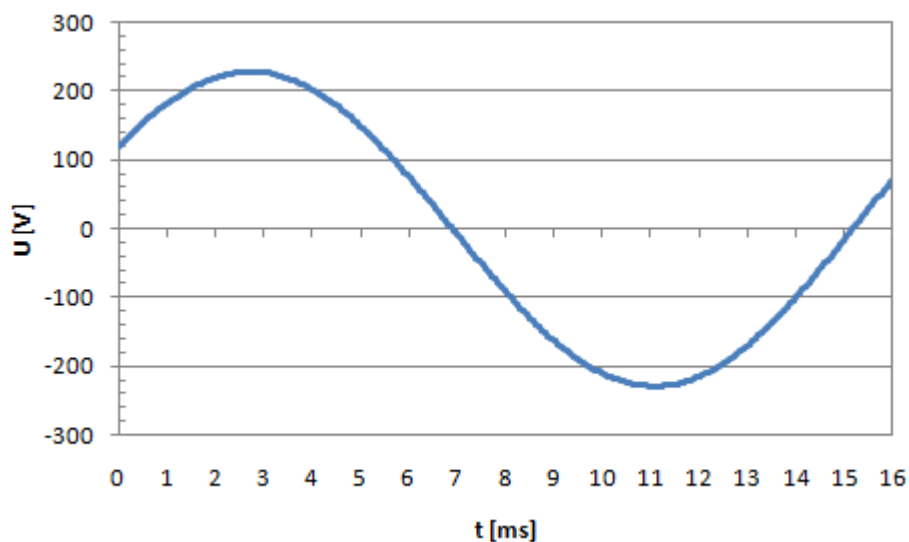


Fig. 14. Forma de undă a tensiunii de linie a GEH la funcționarea pe sarcină rezistivă.

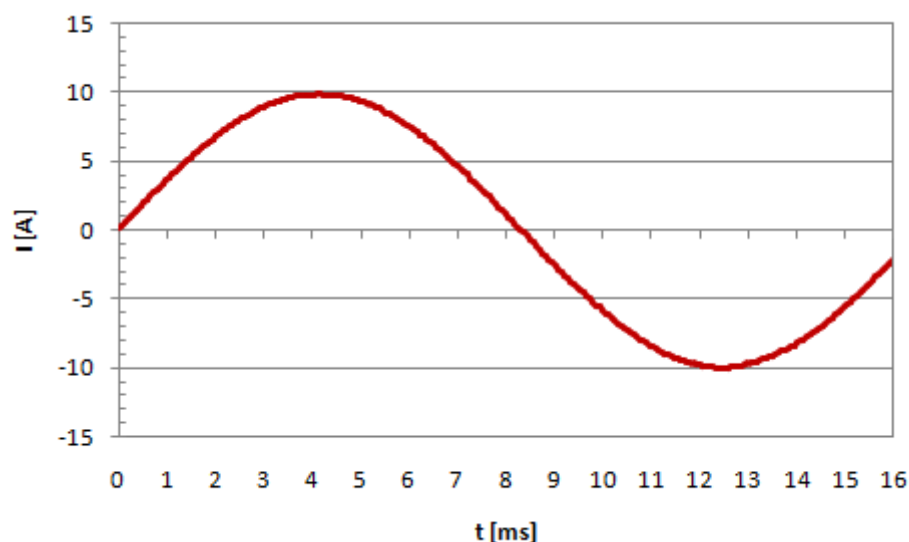


Fig. 15. Forma de undă a curentului de linie a GEH la funcționare pe sarcină rezistivă.

Testarea GEH împreună cu sistemul de gestiune a energiei a urmărit diferite aspecte precum: buna funcționare a GEH integrat în sistemul de conversie energetică, buna funcționare a sistemului de gestiune a energiei în diferite regimuri de lucru, determinarea randamentului conversiei și evaluarea parametrilor energiei injectate în rețea.

În urma măsurărilor s-au determinat mai multe mărimi precum:

- formele de undă ale curentului de fază și tensiunilor de fază și linie ale GEH, Fig. 16 - 18;
- forma de undă a tensiunii rețelei, Fig. 19;
- forma de undă a curentului injectat de sistem în rețea, Fig. 20;
- randamentul GEH etc.

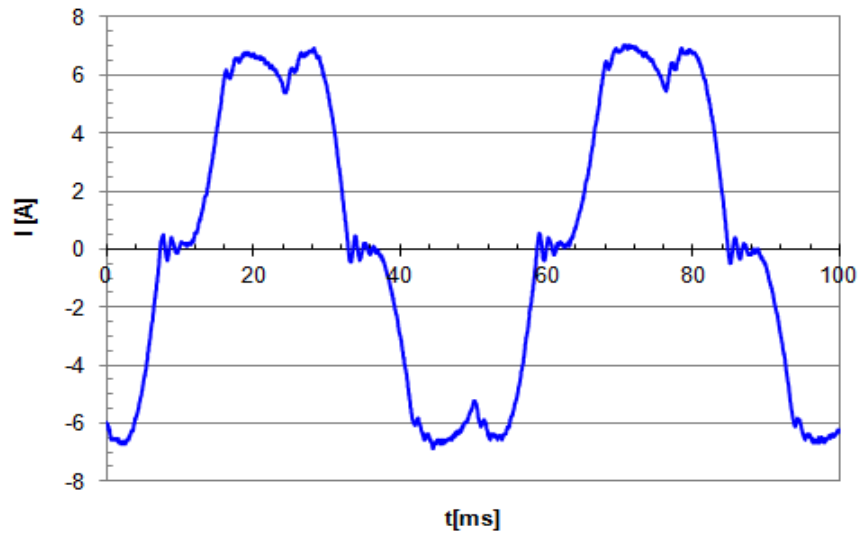


Fig. 16. Forma de undă a curentului GEH cu redresorul conectat la borne.

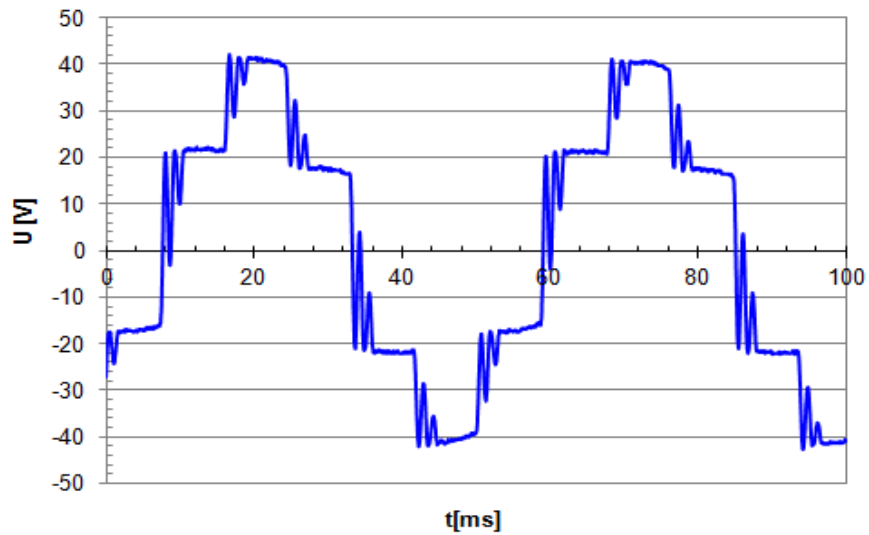


Fig. 17. Forma de undă a tensiunii de fază a GEH cu redresorul conectat la borne.

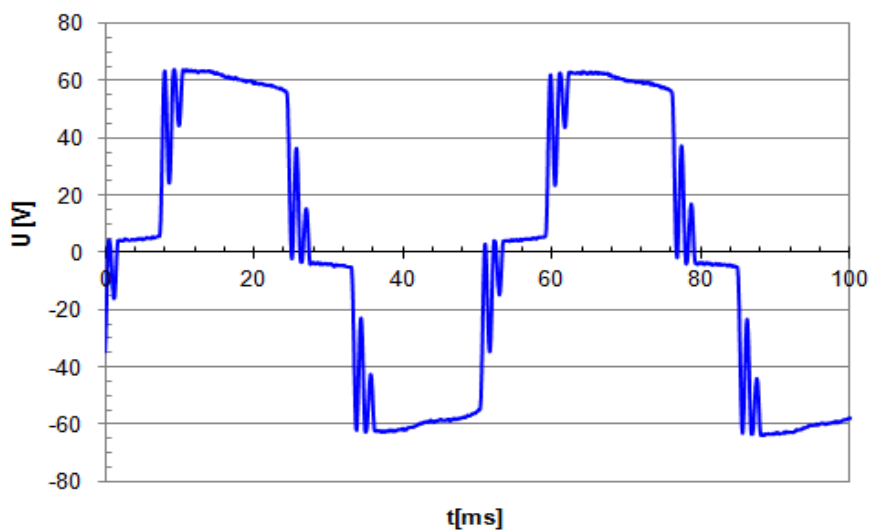


Fig. 18. Forma de undă a tensiunii de linie a GEH cu redresorul conectat la borne.

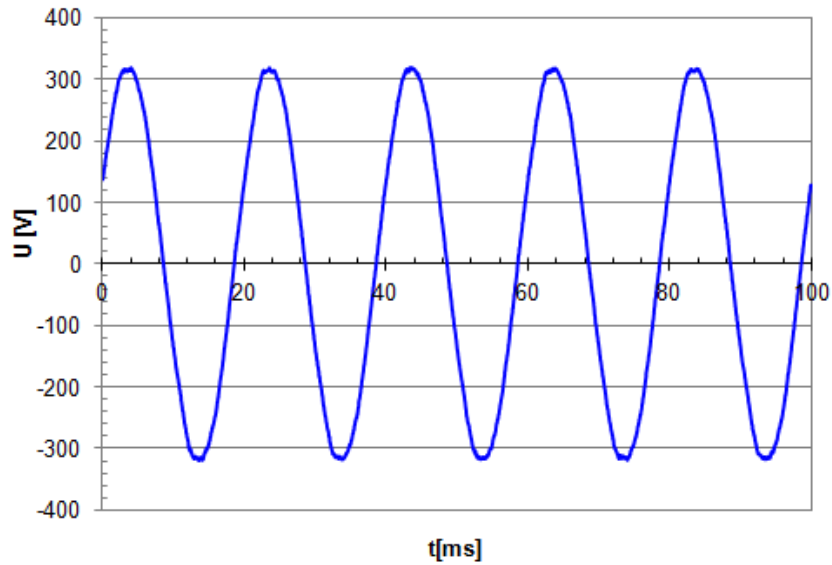


Fig. 19. Forma de undă a tensiunii rețelei.

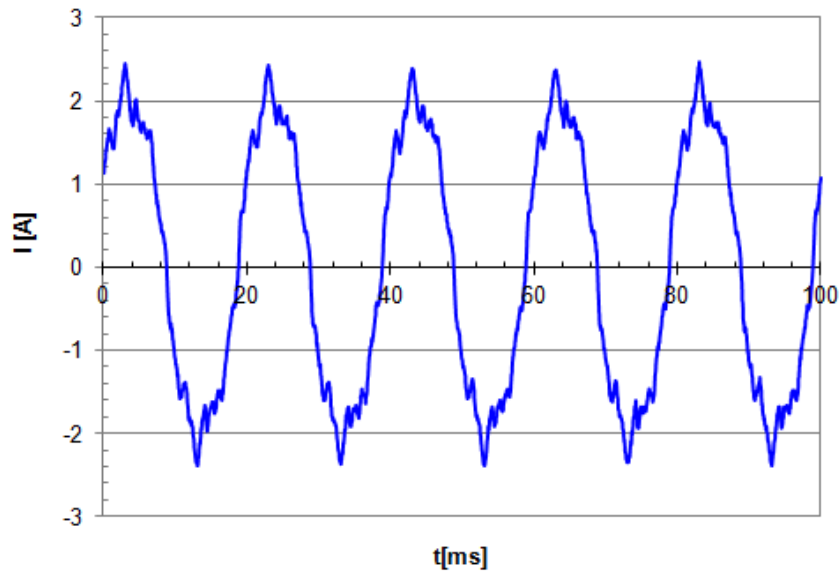


Fig. 20. Forma de undă a curentului injectat de sistem în rețea.

Se observă în Fig. 16 - 18 nivelul ridicat de armonici în formele de undă ale tensiunii de fază și linie, respectiv a curentului de fază al GEH în cazul în care redresorul este conectat la bornele generatorului. Acest lucru se datorează structurii de tip punte trifazată cu diode a redresorului (redresor necomandat) integrat în sistem.

Forma de undă a tensiunii rețelei prezentată în Fig. 19 este aproape sinusoidală, însă forma de undă a curentului injectat de inverter în rețea are un conținut de armonici moderat, datorat mecanismului specific de comandă de tip PWM a inverterului.

Determinarea randamentului GEH a avut la bază următoarea relație de calcul:

$$\eta_{\text{HWG}} = 100 \cdot (P_{\text{el}} + P_{\text{th}}) / P_{\text{mec}},$$

unde $P_{\text{el}} = \sqrt{3}UI\cos\varphi$ este puterea electrică activă debitată de GEH pe rețeaua proprie, P_{th} este puterea termică a GEH măsurată cu ajutorul unui contor de energie termică, iar P_{mec} este puterea mecanică primită de GEH pe la arbore, de la motorul de antrenare.

În urma măsurărilor s-au determinat următoarele valori ale puterilor: $P_{\text{el}} = 2409 \text{ W}$ pentru $U = 193,9 \text{ V}$ și $I = 7,23 \text{ A}$, $\cos\varphi = 1$ (sarcină rezistivă), $P_{\text{th}} = 624 \text{ W}$, iar $P_{\text{mec}} = 3335 \text{ W}$.

Prin urmare randamentul nominal al GEH determinat pe baza relației de calcul de mai sus este unul foarte bun:

$$\eta_{\text{HWG}} = 100 \cdot (2409 + 624) / 3335 = 90,94\%.$$

Dacă în expresia randamentului se ia în considerare și puterea electrică medie consumată de pompă și de sistemul de reglare (circa 25 W) randamentul va scădea cu câteva zecimi de procent, până la valoarea de $90,19\%$.

4.6. Specificații tehnice ale GEH și ale sistemului de gestiune a energiei (ale sistemului studiat)

Principalele datele tehnice de natură geometrică, mecanică, electrică și termică ale GEH și a sistemului de gestiune a energiei sunt precizate mai jos:

Date geometrice de gabarit ale GEH:

- Lungime axială: 280 mm
- Diametru exterior: $\Phi 320 \text{ mm}$
- Distanța între ștuțuri: 207 mm
- Diametru arbore: $\Phi 38 \text{ mm}$

Date electrice și termice ale GEH:

- Puterea totală (electrică și termică) nominală: $P_n = 3000 \text{ W}$,
- Puterea electrică: $P_{\text{el}} = 2400 \text{ W}$ (sarcină rezistivă),
- Puterea termică: $P_{\text{th}} = 600 \text{ W}$,
- Tensiunea nominală de linie: $U_n = 195 \text{ V}$ (conexiune Y),
- Curent nominal linie/fază: $I_n = 7,1 \text{ A}$,
- Turație nominală: 230 rpm ,
- Numărul de poli: $2p = 38$,
- Numărul de creștături stator: $Z_2 = 48$,
- Randamentul nominal global (energie electrică + termică): $\eta_n = 90 \%$.

Date electrice și termice ale sistemului de gestiune a energiei:

- Redresor:
 - o Curent de intrare (0 - 16,6 A),
 - o Tensiune de intrare (35 - 400 V)
 - o Tensiune maximă de ieșire 600 V
 - o Curent maxim de ieșire 6 A

- Sarcină de diversiune 4 x 30 Ohm;
- Invertor pentru conectare la rețea:
 - o Tensiune de intrare (35 - 600 V)
 - o Curent de intrare (0 - 20 A)
 - o Curent maxim de ieșire 14,5 A.
- Contor energie termică tip UltraMaxx-V Qn 1.5
- Regulator temperatura tip BT9100
- Senzor de temperatură tip termocuplu K
- Pompă alimentată în curent continuu tip VIP.

4.7. Diseminarea rezultatelor cercetării

O parte din rezultatele cercetării au fost diseminate în etapa curentă a proiectului prin publicarea unui număr de 2 lucrări științifice la 2 conferințe internaționale de prestigiu (cu potențial ridicat de a fi indexate în baza de date ISI Thomson):

[1] Melcescu L., Tudorache T., Craiu O., Popescu M.: *Finite Element Analysis of a Wind Generator with Two Counter-Rotating Rotors*, Proc. of Joint International Conference OPTIM – ACEMP, Optimization of Electrical & Electronic Equipment and Aegean Conference on Electrical Machines & Power Electronics, May 25-27, 2017, Brasov, Romania.

[2] Tiberiu Tudorache, Ion Trifu, Leonard Melcescu, Dan Floricau: *Numerical Analysis of an Electro-Thermal Wind Generator*, Proc. of ECAI 2017 - International Conference – 9th Edition Electronics, Computers and Artificial Intelligence, 29 June - 01 July, 2017, Targoviste, Romania.

Trebuie menționat faptul că în cadrul acestui proiect, dintre cele 11 lucrări/articole științifice publicate, un număr de 5 lucrări diseminate în reviste de specialitate și la conferințe internaționale au fost deja indexate în baza de date ISI Thomson (fără a lua în considerare lucrările științifice menționate mai sus).

Cercetările efectuate în cadrul etapei curente a proiectului au condus la identificarea unei noi soluții tehnice de generator eolian care a făcut obiectul unei cereri de brevet de invenție elaborat și depus la OSIM:

[1] Melcescu L., Tudorache T., Craiu O., Predescu M., Popescu M.: *Generator electric pentru sisteme eoliene cu două turbine contrarotative*, CBI A/00299/2017, depus la OSIM pe data de 18.05.2017.

5. REZULTATE OBȚINUTE ÎN CADRUL ETAPEI CURENTE

În cadrul etapei curente a proiectului HYWINDT s-au atins integral toate obiectivele propuse în conformitate cu planul de realizare asumat.

În urma cercetărilor întreprinse în cadrul etapei curente a proiectului s-a realizat modelul experimental al GEH, respectiv a sistemului de gestiune a energiei, acestea fiind funcționale și testate experimental.

Activitatea de cercetare efectuată s-a concretizat de asemenea prin publicarea unui număr de 2 lucrări științifice având potențialul de a fi incluse în baza de date ISI Thomson, respectiv prin elaborarea unei cereri de brevet de invenție depus la OSIM.

Trebuie menționat faptul că în cadrul proiectului s-au elaborat în total 11 lucrări/articole științifice (dintre care 5 sunt deja indexate în baza de date ISI Thomson), respectiv 4 cereri de brevet de invenție depuse la OSIM [3-6].

6. CONCLUZII

În cadrul *Etapei de execuție Nr. IV/2017* a proiectului HYWINDT (*Contract Nr. 41/2014*) au fost prevăzute 6 activități tehnico-științifice toate fiind realizate integral. Activitățile de cercetare efectuate în cadrul etapei curente au vizat definitivarea proiectării și realizării părților componente ale sistemului de conversie, testarea pe stand a sistemului, respectiv elaborarea documentației tehnice aferente și diseminarea rezultatelor cercetării.

Activitatea IV.1 a vizat definitivarea proiectării sistemului de gestiune a energiei, componentă esențială în arhitectura unui sistem de conversie eoliană.

Activitatea IV.2. a urmărit definitivarea construirii modelului experimental al GEH.

Activitățile IV.3 și IV.4 au avut un caracter predominant experimental. În cadrul *Activității IV.3* s-a efectuat testarea pe stand a modelului experimental al GEH și s-au determinat principalele caracteristici de funcționare ale acestuia. *Activitatea IV.4* a avut ca obiectiv testarea și monitorizarea modelului experimental al GEH împreună cu sistemul de gestiune a energiei. *Rezultatele experimentale obținute prin măsurători pe stand au evidențiat performanțe foarte bune atât ale GEH cât și ale sistemului de gestiune a energiei electrice și termice.*

Activitatea IV.5 a avut ca obiectiv elaborarea documentației tehnice asociate sistemului studiat pe baza performanțelor determinate experimental.

Activitatea IV.6 a vizat diseminarea rezultatelor cercetării științifice prin participare la manifestări tehnico-științifice și publicare de lucrări de specialitate. Rezultatele cercetărilor au fost diseminate prin elaborarea și prezentarea unui număr de 2 lucrări științifice la 2 conferințe internaționale de prestigiu (*Joint International Conference OPTIM - ACEMP, Optimization of Electrical & Electronic Equipment and Aegean Conference on Electrical Machines & Power Electronics, Brasov, Romania*, respectiv *the International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI 2017, Targoviste, Romania*) ambele cu potențial de indexare în baza de date ISI Thomson.

Urmare a cercetărilor efectuate în cadrul acestei etape a proiectului HYWINDT s-a identificat o soluție nouă de generator eolian care a făcut obiectul unei cereri de brevet de invenție elaborat și depus la OSIM.

Cercetările întreprinse pe întreaga durată de desfășurare a proiectului HYWINDT au condus la obținerea unor rezultate științifice și tehnice consistente, diseminate printr-un număr total de 11 lucrări științifice, dintre care 5 sunt deja indexate în baza de date ISI Thomson.

7. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [1] *Analiză de soluții constructive fezabile de componente pentru TEH cu ax vertical*, Raport științific și tehnic, Etapa de execuție nr. 1/2014, proiect HYWINDT.
- [2] *Finalizarea proiectării GEH și a sistemului de gestiune a energiei, respectiv realizarea parțială a GEH*, Raport științific și tehnic, Etapa de execuție nr. 3/2016, proiect HYWINDT.
- [3] *Generator eolian hibrid cu flux magnetic radial și rotor exterior*, CBI A/00838/10.11.2014 depusă la OSIM, 2014.
- [4] *Generator eolian hibrid cu flux magnetic radial și rotor interior*, CBI A/00839/10.11.2014 depusă la OSIM, 2014.
- [5] *Generator eolian hibrid cu flux magnetic axial*, CBI A/00840/10.11.2014 depusă la OSIM, 2014.
- [6] *Generator electric pentru sisteme eoliene cu două turbine contrarotative*, CBI A/00299/18.05.2017 depusă la OSIM, 2017.

Data: 21.09.2017