

# **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. III/2016**

**TITLU ETAPĂ: *Finalizarea proiectării GEH și a sistemului de gestiune a energiei, respectiv realizarea parțială a GEH***

## CUPRINS

<b>1. OBIECTIVUL GENERAL AL PROIECTULUI.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE.....</b>	<b>3</b>
<b>4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ .....</b>	<b>3</b>
<b>5. REZULTATE OBTINUTE ÎN CADRUL ETAPEI CURENTE .....</b>	<b>18</b>
<b>6. CONCLUZII.....</b>	<b>17</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>19</b>

## 1. OBIECTIVUL GENERAL AL PROIECTULUI

Proiectul HYWINDT are ca obiectiv general 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 (electrică și termică) de 3 kW.

## 2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE

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

- proiectarea și optimizarea constructiv-funcțională a modelului experimental al GEH,
- proiectarea parțială a sistemului de gestiune a energiei,
- realizarea parțială a modelului experimental al GEH,
- diseminarea rezultatelor de cercetare.

## 3. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE

*Etapa III de execuție* a proiectului HYWINDT a vizat definitivarea proiectării și optimizării constructiv-funcționale a modelului experimental al GEH, proiectarea parțială a sistemului de gestiune a energiei și realizarea parțială a modelului experimental al GEH.

*Activitatea III.1. Proiectarea și optimizarea constructiv-funcțională a modelului experimental al GEH - Partea II.* Cercetările întreprinse au avut ca obiectiv proiectarea subansamblurilor GEH (generatorul electric cu magneți permanenți, respectiv sistemul de încălzire inductiv) și a reperelor aferente pe baza calculelor și a simulărilor numerice efectuate.

*Activitatea III.2. Proiectarea sistemului de gestiune a energiei - Partea II.* În cadrul acestei etape s-au analizat soluții privind structura sistemului de gestiune a energiei electrice și termice furnizate de GEH. S-au efectuat de asemenea calcule de dimensionare a sistemului de gestiune a energiei termice care va fi implementat pe standul experimental în ultima etapă a proiectului.

*Activitatea III.3. Realizarea modelului experimental al GEH - Partea I.* În urma calculelor de proiectare efectuate s-a stabilit soluția tehnică a GEH ce urmează a fi adoptată și s-au realizat o parte dintre reperatele și subansamblurile generatorului.

Rezultatele cercetărilor efectuate au fost diseminate prin elaborarea a 2 lucrări științifice publicate la un simpozion național de specialitate. Un număr important de lucrări prezentate anul anterior la conferințe de specialitate sau reviste (5 lucrări) au fost deja indexate fie anul trecut, fie anul acesta, în baza de date ISI Thomson.

## 4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

### 4.1. Definirea soluției constructive a GEH

În cadrul etapelor anterioare ale proiectului HYWINDT s-au analizat mai multe variante constructive de GEH capabile să convertească energia eoliană simultan în electricitate și în căldură, acestea fiind protejate din punct de vedere al proprietății intelectuale prin 3 cereri de brevet de invenție depuse la OSIM [1-3].

În urma analizelor efectuate având la bază criterii specifice (precum fiabilitate și tehnologie de realizare simplă) s-a stabilit soluția tehnică a GEH ce urmează a fi implementată în cadrul proiectului, aceasta presupunând o construcție cu flux magnetic radial și rotor interior.

GEH studiat este propus pentru *sisteme eoliene cu acționare directă* cu ax vertical a căror turație nominală este redusă, de regulă sub 200 rpm. Prin eliminarea multiplicatorului de turație aceste sistemele eoliene prezintă o fiabilitate globală sporită în raport cu alte soluții concurente. Un dezavantaj al acestor sisteme eoliene este determinat de dimensiunile de gabarit mai importante ale generatorului care funcționează la cuplu mare și turație redusă.

Cele două părți principale ale GEH propus sunt reprezentate de Generatorul electric cu Magneți Permanenți (GMP) destinat producerii de energie electrică, respectiv de Sistemul de Încălzire cu Magneți Permanenți (SIMP), ce furnizează energie termică utilă, Fig. 1 [4].

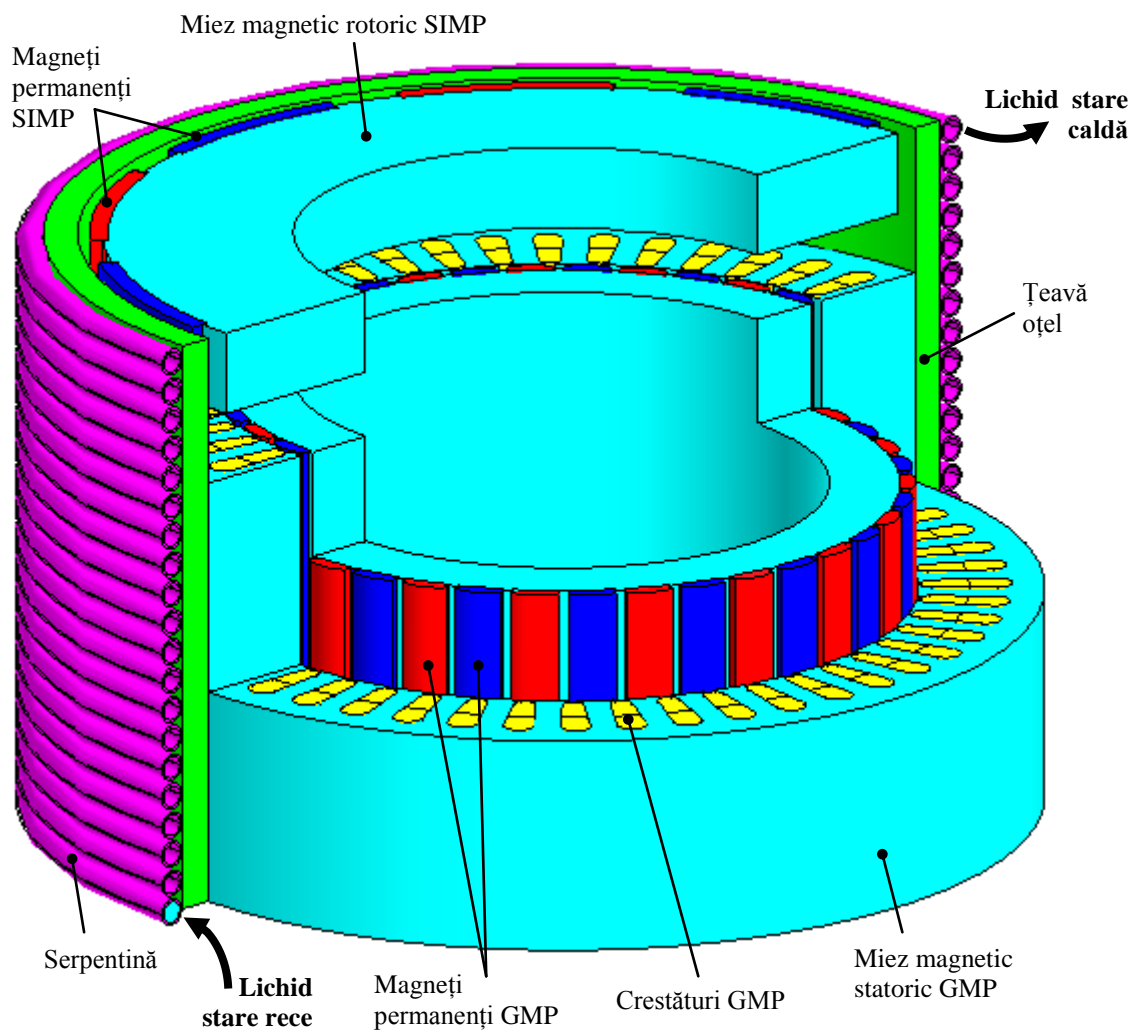


Fig. 1. Vedere 3D (cu decupare) de principiu a părților active ale GEH cu flux magnetic radial și rotor interior.

## 4.2. Definirea soluției constructive a GMP

S-au analizat diferite soluții constructive de GMP în varianta cu  $2p = 22$  de poli, respectiv cu  $2p = 38$  de poli, tola statorică având  $Z_2 = 48$  de creștături, ambele soluții fiind caracterizate de cupluri de agățare reduse, ca rezultat al alegerii adecvate a combinației  $Z_2/2p$ . Cele două variante au fost analizate din punct de vedere al performanțelor specifice. Factorii de înfășurare și pașii bobinelor pentru cele două tipuri de înfășurări (simplu strat, respectiv dublu strat) sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabel 1. Factorii de înfășurare și pașii bobinelor pt. GMP cu  $2p = 22$  poli, respectiv  $2p = 38$  poli ( $Z_2 = 48$ ).

	2p = 22		2p = 38	
Înfășurare simplu strat	$K_{wss\_22} = 0,631$	$y_{ss\_22} = 1$	$K_{wss\_38} = 0,907$	$y_{ss\_38} = 1$
Înfășurare dublu strat	$K_{wds\_22} = 0,947$	$y_{ds\_22} = 2$	$K_{wds\_38} = 0,905$	$y_{ds\_38} = 1$

Prin analiza rezultatelor din Tabelul 1 se observă că în cazul GMP cu  $2p = 22$  de poli factorul de înfășurare este convenabil doar pentru înfășurarea dublu strat ( $K_{wds\_22} = 0,947$ ) însă pasul bobinei pentru această variantă constructivă este  $y_{ds\_22} = 2$ . Dezavantajul adoptării unei înfășurări cu un pas al bobinei supraunitar constă în obținerea unei construcții cu capete de bobină mai voluminoase, care determină dimensiuni de gabarit mai mari ale mașinii, respectiv costuri materiale și pierderi Joule mai importante.

În cazul GMP cu  $2p = 38$  de poli atât înfășurarea simplu strat cât și cea dublu strat, Fig. 2, au pasul bobinei unitar și factorii de înfășurare suficient de buni și apropiați ca valoare ( $K_{wss\_38} = 0,907$ , respectiv  $K_{wds\_38} = 0,905$ ).

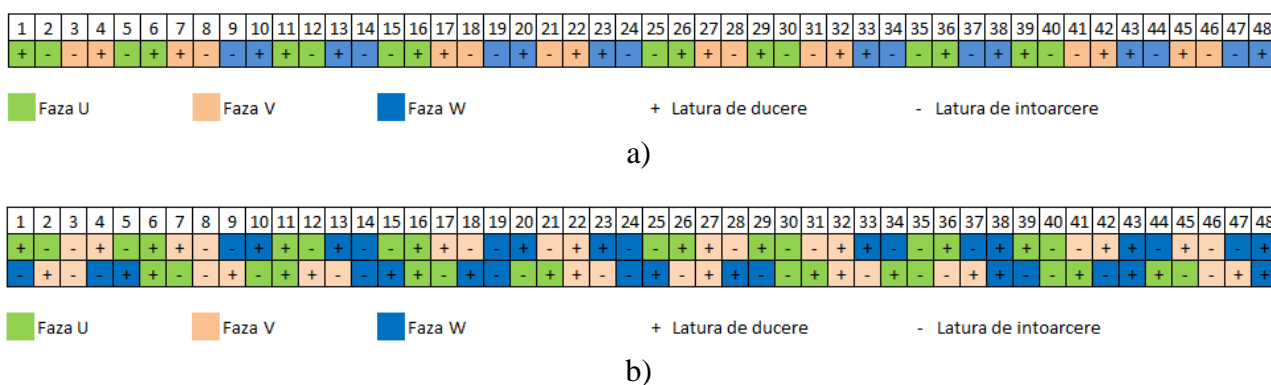
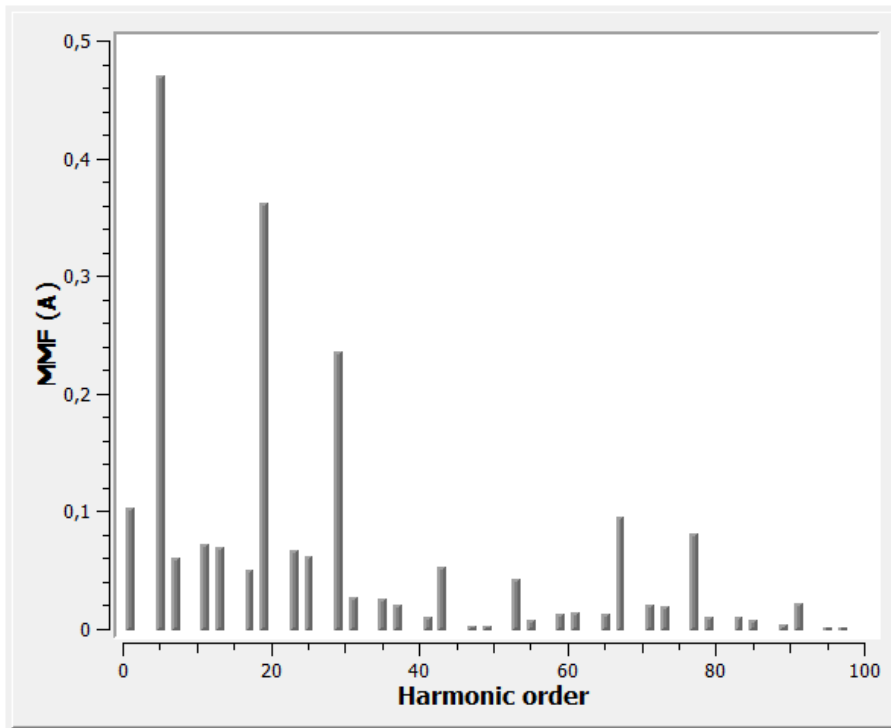


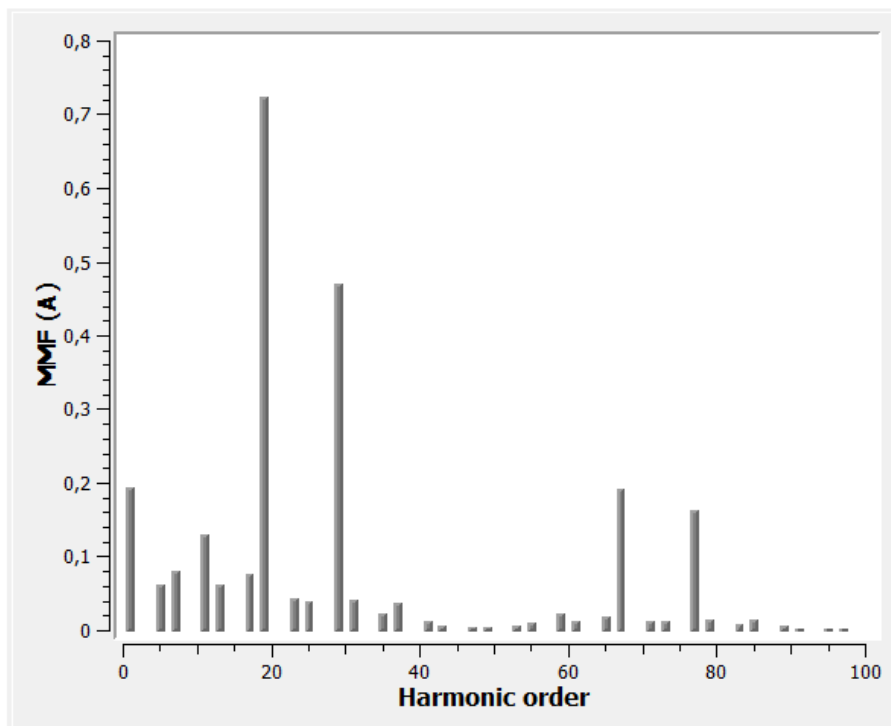
Fig. 2. Schema de înfășurări a GMP; a) înfășurare simplu strat; b) înfășurare dublu strat.

În urma analizei rezultatelor prezentate mai sus se constată că GMP cu  $2p = 38$  de poli este o soluție mai potrivită în raport cu varianta GMP cu  $2p = 22$  de poli. Pentru a alege între varianta cu înfășurare simplu strat sau dublu strat s-au efectuat calcule privind conținutul de subarmonici ale t.m.m. Un conținut prea mare al acestor subarmonici poate genera cupluri parazite, probleme mecanice de zgomot și vibrații, respectiv pierderi suplimentare.

În urma calculelor efectuate cu pachetul de programe Koil [5] se observă din Fig. 3 a) și b) că GMP cu  $2p = 38$  de poli și înfășurare dublu strat prezintă un conținut inferior de subarmonici ale tensiunii magnetice și va fi soluția ce urmează a fi implementată în cadrul proiectului. Schema înfășurării GMP dublu strat este prezentată schematic în Fig. 2 b).



a)



b)

Fig. 3. Conținutul de armonici ale tensiunii magnetice a GMP; a) înfășurare simplu strat; b) înfășurare dublu strat.

În ceea ce privește nivelul de subarmonici ale tensiunii magnetice în întrefier cele două soluții analizate de GMP se comportă similar.

Pe baza calculelor și analizelor realizate s-a selectat varianta de GMP cu  $2p = 38$  de poli având următoarele date principale:

- Puterea nominală:  $S_n = 2,2$  kVA,
- Tensiunea nominală de linie:  $U_n = 240$  V (conexiune Y),
- Curent nominal linie/fază:  $I_n = 5,29$  A
- Turație nominală: 180 rpm
- Frecvență nominală: 57 Hz
- Numărul de poli:  $2p = 38$
- Numărul de creștături stator:  $Z_2 = 48$
- Numărul de creștături pe pol și fază:  $q = 0,42$
- Numărul de spire pe fază: 600
- Numărul de spire pe creștatură: 75
- Rezistență de fază:  $3,5 \Omega$

Cercetările efectuate pentru definirea soluției constructive finale au avut la bază calcule analitice și simulări numerice de tip element finit. Domeniul de calcul 2D și rețeaua de discretizare asociată utilizate în analiza numerică sunt descrise în Fig. 4. Modelul de calcul de câmp a fost cuplat cu un model de circuit al mașinii descris în Fig. 5.

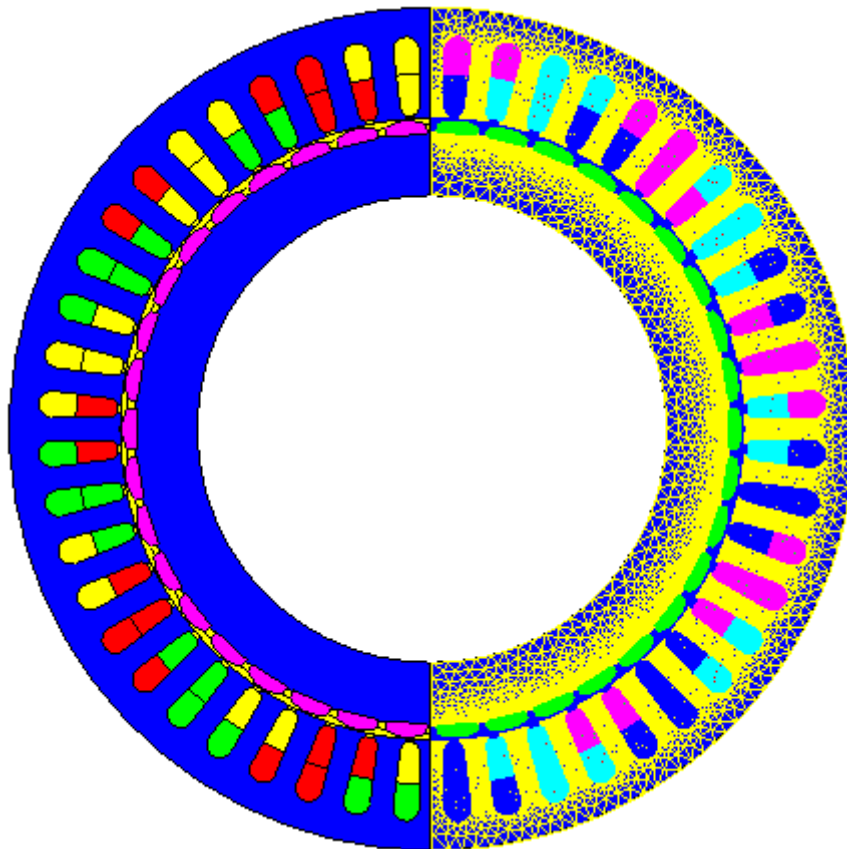


Fig. 4. Domeniul de calcul 2D și rețeaua de discretizare utilizate în studiul GMP.

Modelul de circuit conține laturile de ducere și de întoarcere ale bobinelor de pe cele 3 faze ale mașinii (U1, U2, ... W1, W2), rezistențele de fază ( $R_f$ ), inductivitățile capetelor de bobine ( $L_b$ ), rezistențele pentru modelarea pierderilor în fier ( $R_{fe}$ ), rezistențele voltmetrelor folosite în vederea estimării tensiunilor de linie ( $R_{vl}$ ), impedanțele de sarcină pe fiecare fază (rezistențe ( $R_s$ ), inductivități ( $L_s$ ) și capacități ( $C_s$ )) pe fiecare fază. Valorile impedanței de sarcină se configurează în mod specific pentru modelarea regimurilor particulare de mers în gol sau de funcționare în sarcină (ex. sarcină pur rezistivă, rezistiv - inductivă etc.)

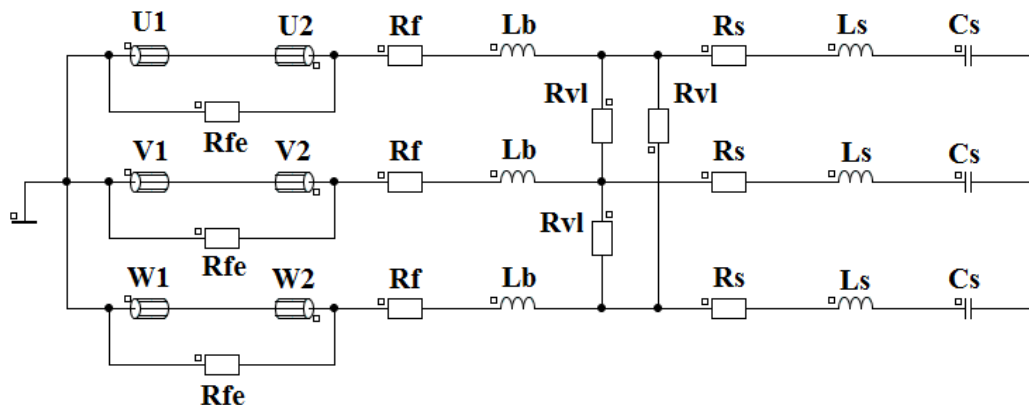


Fig. 5. Modelul de circuit asociat modelului de câmp al GMP.

În urma simulărilor numerice s-au obținut rezultate numerice atât la funcționarea în gol cât și la funcționarea în sarcină a GMP. Distribuția inducției magnetice în planul de secțiune transversală al GMP este prezentată în Fig. 6 respectiv spectrul liniilor câmpului magnetic în Fig. 7 (la funcționare în gol).

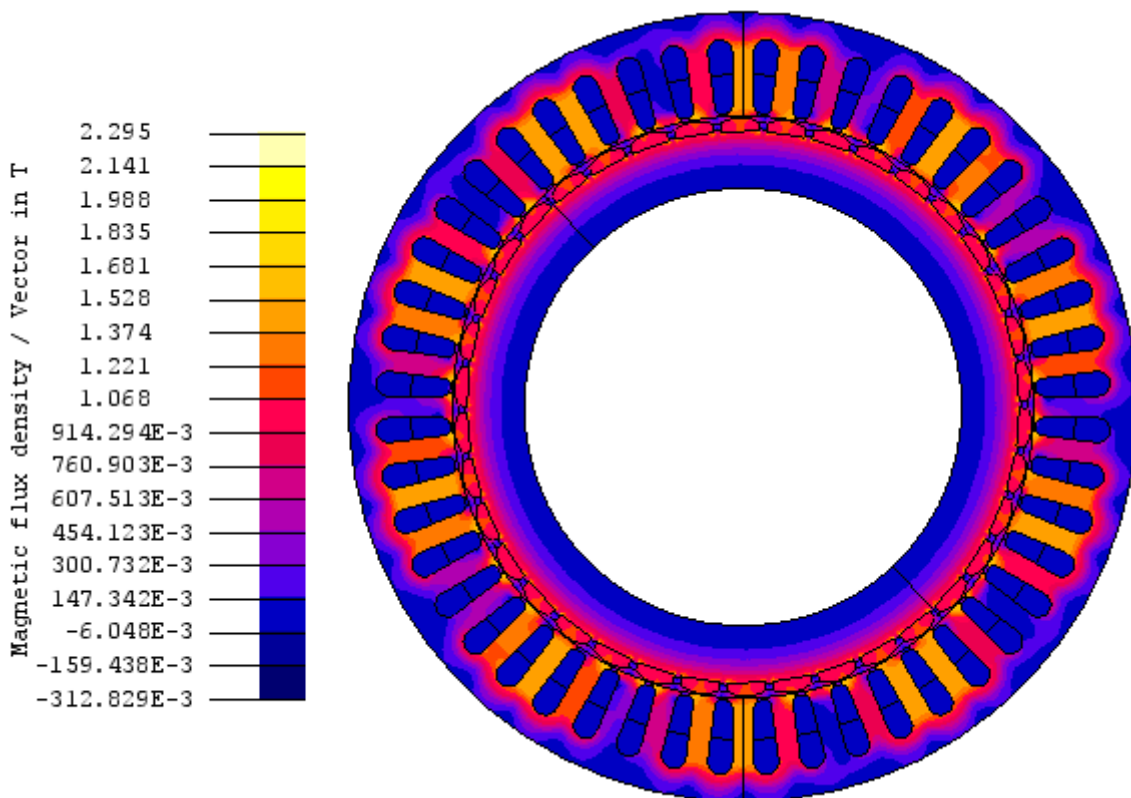


Fig. 6. Harta inducției magnetice pe domeniul de calcul 2D al GMP la funcționare în sarcină.



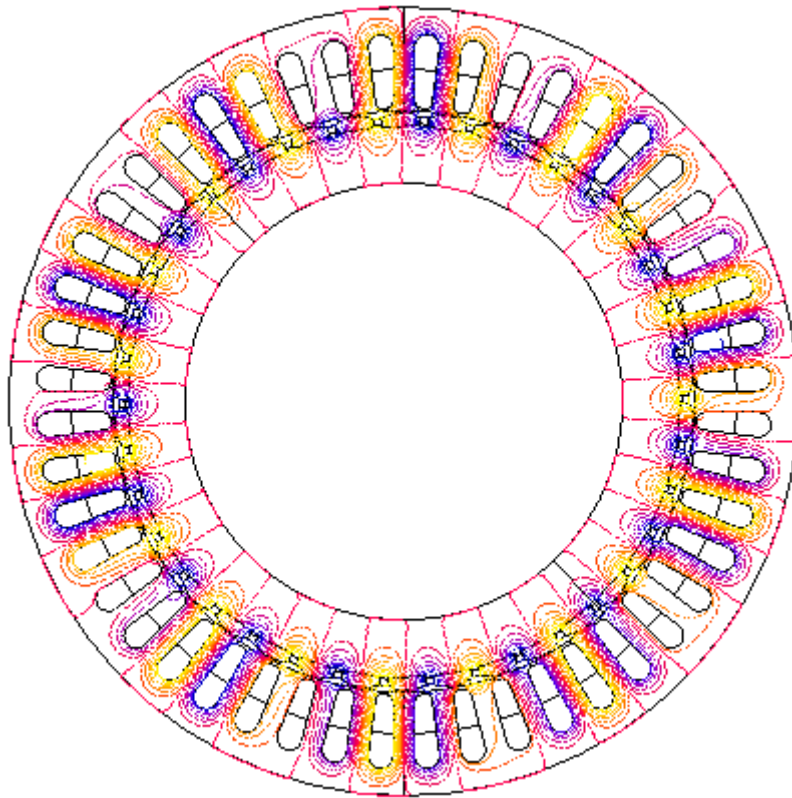


Fig. 7. Spectrul liniilor câmpului magnetic la funcționare în gol.

În dimensionarea GMP s-a urmărit ca puterea nominală electrică a sistemului eolian hibrid să fie aproximativ  $S_n = 2$  kVA în condițiile în care se iau în calcul și pierderile în convertorul electronic alcătuit din redresor, chopper și inverter electronic.

Un alt criteriu care a stat la baza alegerii soluției constructive a GMP cu  $2p = 38$  de poli (în detrimentul soluției cu  $2p = 22$  de poli) se referă la amplitudinea cuplului de agățare care trebuie să fie cât mai redusă pentru a evita solicitările mecanice suplimentare, zgomotele și vibrațiile. Prin calcule numerice se constată din Fig. 8 că soluția GMP cu  $2p = 38$  de poli este caracterizată de un cuplu de agățare cu o amplitudine de circa 2 ori mai redusă decât soluția cu  $2p = 22$  de poli.

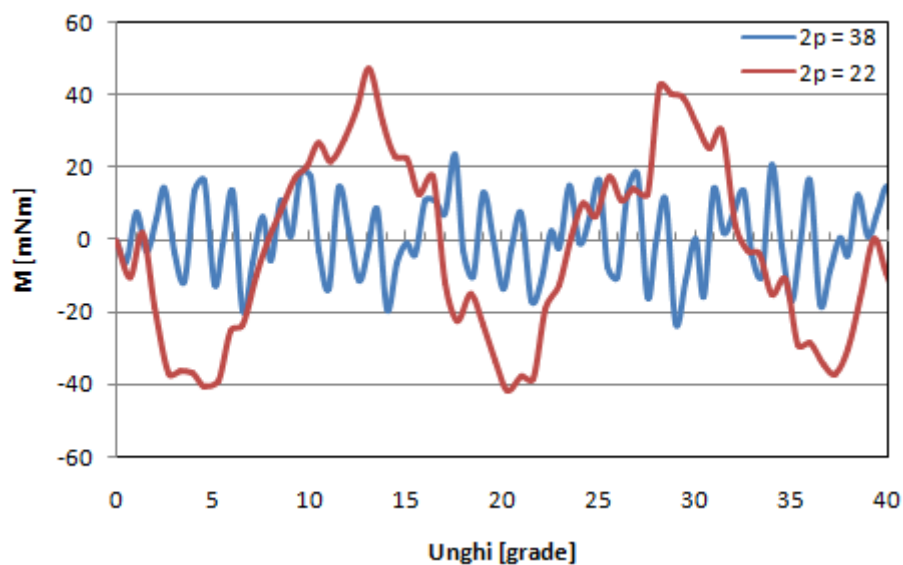


Fig. 8. Variația cuplului de agățare al GMP funcție de unghiul de poziție ( $2p = 22$  și  $2p = 38$ ).

Formele de undă ale t.e.m. de linie la mers în gol, caracteristica externă și curba puterii funcțione de nivelul de încărcare al GMP sunt prezentate în Fig. 9 - 11.

T.e.m. de linie atinge la mers în gol valoarea efectivă de circa 377 V. Tensiunea de linie scade de la mers în gol la funcționare în sarcină nominală rezistivă până la valoarea de circa 265 V, ceea ce înseamnă o scădere cu circa 30 %.

În ceea ce privește puterea utilă a GMP trebuie menționat ca variația acesteia funcție de nivelul de încărcare în sarcină prezintă o creștere de la zero (la mers în gol) către o valoare maximă, urmată de o scădere la zero în regim de scurtcircuit. În grafic este evidențiată doar partea ascendentă a caracteristicii ce corespunde unor valori acceptabile ale curentului de fază.

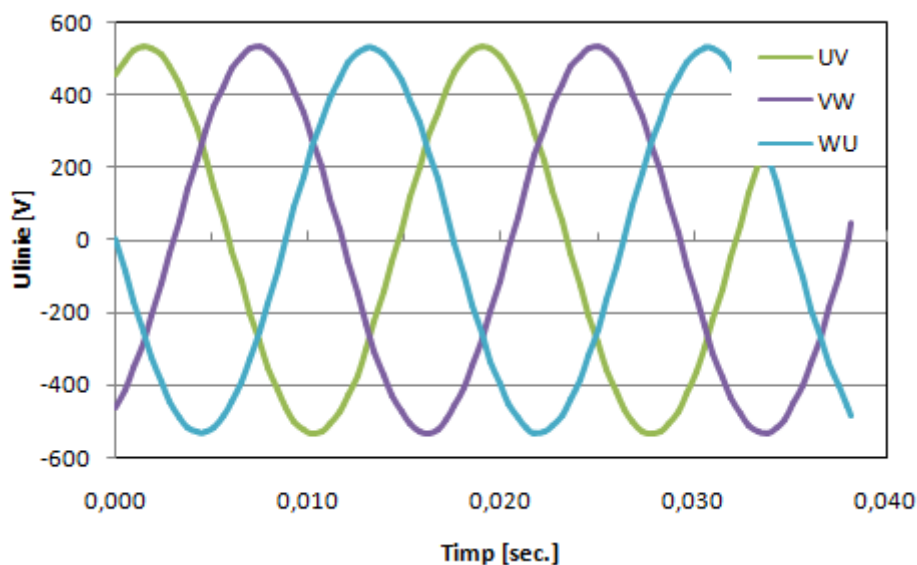


Fig. 9. Formele de undă ale t.e.m. de linie ale GMP la funcționare în gol.

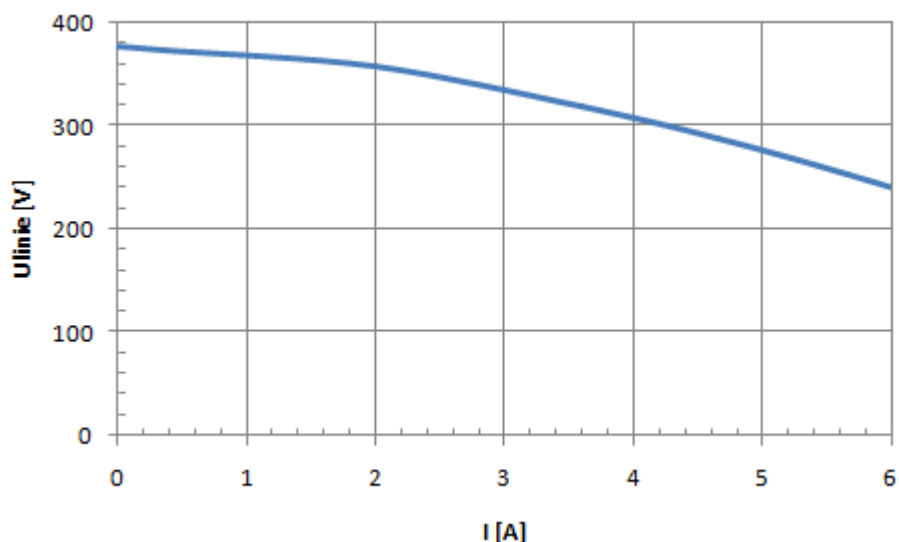


Fig. 10. Caracteristica externă a GMP pentru sarcină rezistivă (tensiune de linie).

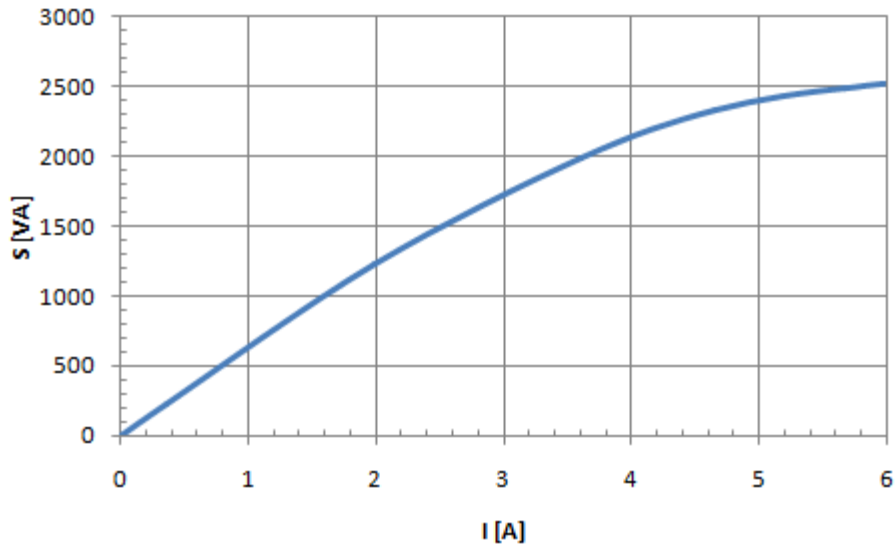


Fig. 11. Caracteristica puterii aparente funcție de nivelul de încărcare a GMP.

### 4.3. Definirea soluției constructive a SIMP

SIMP este alcătuit din două părți principale: un rotor cu magneți permanenți, magnetizați radial alternativ, respectiv un stator de tip țevă în care se dezvoltă putere indusă ca urmare a variației câmpului magnetic învârtitor rotoric. Căldura disipată în statorul de tip țevă este preluată de către agentul termic care circulă printr-o serpentină aflată în contact cu țeava exterioră a generatorului. Agentul termic este utilizat și pentru recuperarea unei părți importante a pierderilor disipate în GMP permițând astfel obținerea unui randament global superior.

Definirea soluției constructive a SIMP a avut la bază următoarele date de proiectare inițiale:

- Putere nominală:  $P_n = 1$  kW (fără luarea în considerare a pierderilor recuperate din GMP),
- Turația nominală:  $n_n = 180$  rpm (egală cu turația nominală a GMP),
- Randament nominal:  $\eta_n = 95$  %.

Calculul și simulările numerice de tip element finit 2D efectuate au ținut cont și de anumite constrângeri geometrice ce au presupus corelarea dimensiunilor geometrice ale SIMP cu cele ale GMP. Astfel țeava din oțel aflată în componența statorului SIMP are dimensiunile corelate cu diametrul exterior al miezului statoric al GMP cu care se află în contact. De asemenea diametrul interior al rotorului GMP trebuie să fie egal cu cel al SIMP întrucât arborele GEH este comun celor două componente.

În Fig. 12 este prezentată o secțiune transversală prin SIMP fără evidențierea serpentinei exterioare parcurse de agentul termic. Numărul de poli al SIMP ( $2p = 10$  poli) a fost determinat prin simulări numerice în etapa anterioară a proiectului [6].

GEH produce simultan energie electrică și termică. Energia termică este obținută din recuperarea de către agentul termic a unei părți importante a pierderilor în fier și a pierderilor Joule disipate în GMP, respectiv prin recuperarea căldurii disipate prin efectul Joule al curenților induși în pereții serpentinei SIMP. Deoarece puterea nominală a SIMP este  $P_{UTH\_SIMP} = P_n = 1$  kW, iar pierderile recuperate de agentul termic sunt estimate la circa  $P_{UTH\_GMP} = 0,1$  kW, puterea termică utilă totală a GEH va fi  $P_{UTH\_GEH} \approx 1,1$  kW.

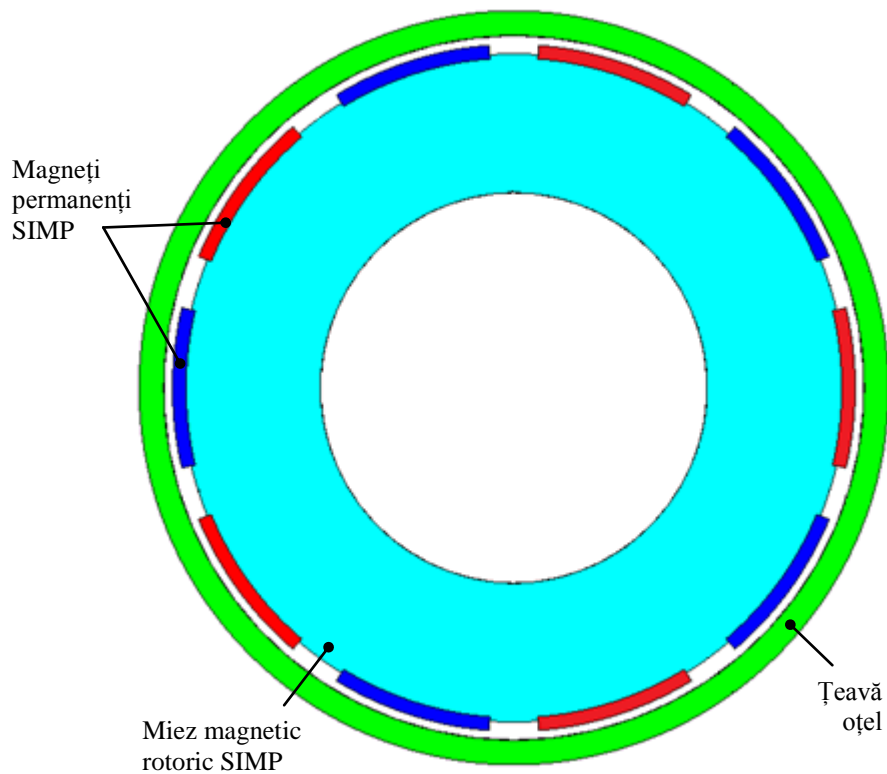


Fig. 12. Secțiune transversală prin SIMP fără evidențierea serpentinei exterioare.

Energia termică  $Q_{24}$  dezvoltată de GEH într-un interval de 24 de ore, considerând un factor de capacitate al turbinei eoliene de  $F_c = 0,2$  se calculează cu relația:

$$Q_{24} = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

unde:  $m$  reprezintă masa lichidului încălzit,  $c$  este căldura specifică a lichidului (pentru apă se poate adopta  $c = 4180 \text{ W/kg}^\circ\text{C}$ ), iar  $\Delta T$  reprezintă diferența de temperatură a lichidului între ieșirea și intrarea GEH.

Masa  $m$  a lichidului se poate exprima funcție de densitatea  $\rho$  a acestuia prin relația:

$$m = \rho \cdot \text{Vol} \quad (2)$$

unde  $\text{Vol}$  reprezintă volumul de lichid încălzit.

Prin urmare se poate scrie:

$$Q_{24} = \rho \cdot \text{Vol} \cdot c \cdot \Delta T \quad (3)$$

Totodată căldura poate fi exprimată prin relația:

$$Q_{24} = F_c \cdot P_{\text{UTH\_GEH}} \cdot \Delta t \quad (4)$$

unde  $\Delta t$  reprezintă intervalul de timp considerat care în cazul de față este  $\Delta t = 24 \text{ h}$ .

Prin urmare putem scrie egalitatea:

$$\rho \cdot \text{Vol} \cdot c \cdot \Delta T = F_c \cdot P_{\text{UTH\_GEH}} \cdot \Delta t \quad (5)$$

În funcție de diferența de temperatură  $\Delta T$  a lichidului impusă între intrarea și ieșirea din GEH se poate calcula volumul de apă ce poate fi încălzit de sistem în  $\Delta t = 24$  h. Un confort normal presupune un volum de apă caldă de 30 - 60 litri/zi/persoană la o temperatură de 45 °C.

Volumul de lichid încălzit cu o diferență de temperatură  $\Delta T = 30$  °C (de la 15°C la 45 °C) se calculează cu ajutorul relației:

$$\text{Vol} = F_c \cdot P_{\text{UTH\_GEH}} \cdot \Delta t / (\rho \cdot c \cdot \Delta T) = 0,2 \cdot 1100 \cdot 24 \cdot 3600 / (1000 \cdot 4180 \cdot 30) = 0,1516 \text{ m}^3 = 151,6 \text{ litri} \quad (6)$$

Cantitatea de apă caldă menajeră menționată mai sus este suficientă pentru asigurarea unui nivel de confort normal unei familii de patru persoane.

### 4.3. Aspecte privind proiectarea sistemului de gestiune a energiei produsă de GEH

Energia electrică și căldura produse de GEH în urma conversiei energiei eoliene vor fi controlate prin intermediul unui sistem de gestiune a energiei, de tipul celui prezentat schematic în Fig. 13.

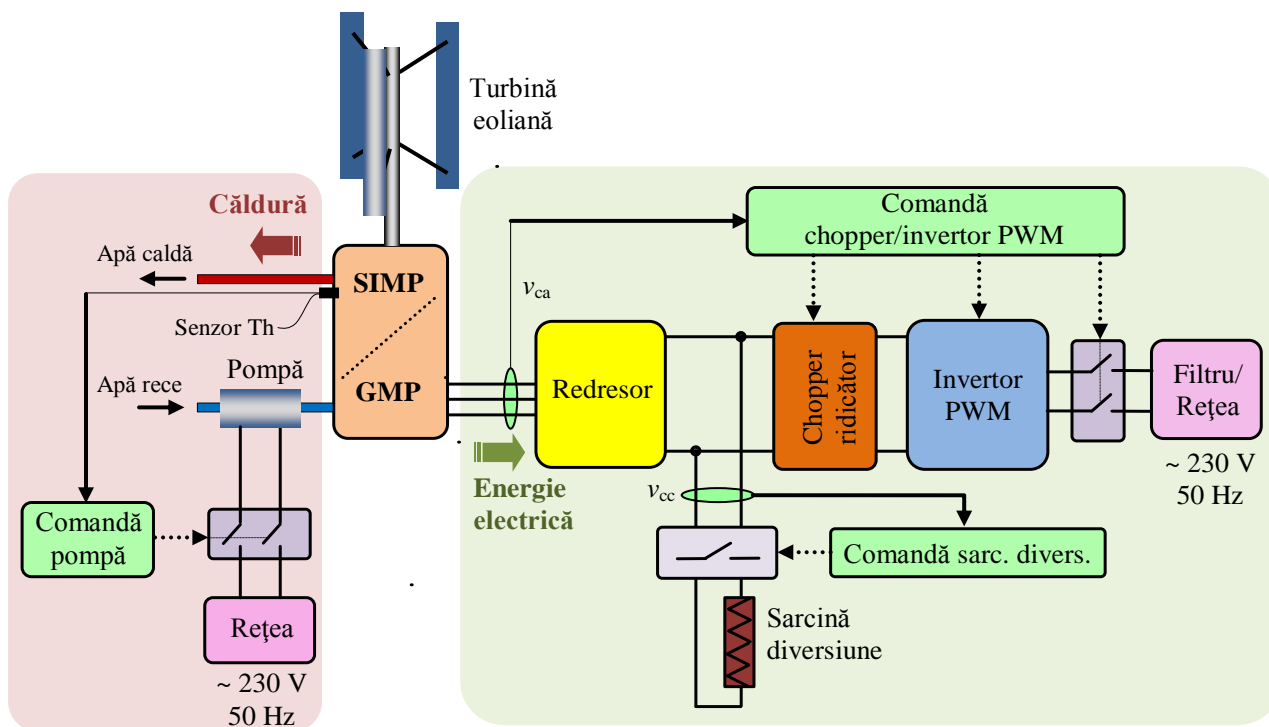


Fig. 13. Sistem eolian hibrid echipat cu sistem de gestiune a energiei. Schema de principiu.

Energia electrică produsă de GEH este energie de curent alternativ în sistem trifazat, caracterizată de frecvență și tensiune variabile, incompatibilă cu parametrii rețelei electrice. Pentru realizarea compatibilizării în vederea conectării la rețeaua monofazată a GEH este necesar un convertor special care include un bloc redresor, un chopper ridicător, un invertor pentru conectare la

rețea și o sarcină de diversiune pentru frânarea sistemului eolian la viteze ridicate ale vântului, Fig. 13.

Blocul redresor al convertorului electronic poate fi configurat în mai multe feluri rezultând mai multe variante constructiv-funcționale. O soluție eficientă din punct de vedere al costurilor constă în utilizarea unui redresor simplu cu diode conectat pe partea cu GMP. În cascadă cu acesta se conectează un chopper ridicător (*boost converter*) – Fig. 13 și Fig. 14. Puterea activă circulă unidirecțional prin convertorul de putere dinspre GMP spre rețea.

În cadrul proiectului a fost realizat un program de simulare numerică a structurii prezentate în Fig. 14. Alimentarea redresorului s-a realizat de la un sistem trifazat simetric cu valoarea de vârf egală cu  $230\sqrt{2}$  V. La momentul de 0.3s, valoarea de vârf a tensiunilor alternative  $v_a$ ,  $v_b$  și  $v_c$  a fost micșorată cu 20%, pentru a simula o reducere a vitezei vântului. Din rezultatele prezentate (Fig. 15) se observă că tensiunea continuă de ieșire este menținută la valoarea impusă de 700 V. Curenții absorbiți de redresor ( $i_a$ ,  $i_b$  și  $i_c$ ) sunt alternativi, dar de formă dreptunghiulară. Ca urmare, curenții  $i_a$ ,  $i_b$  și  $i_c$  prezintă un conținut bogat de armonici de frecvențe joase,  $h=6n \pm 1$  ( $n=5, 7, 11, 13, \dots$ ).

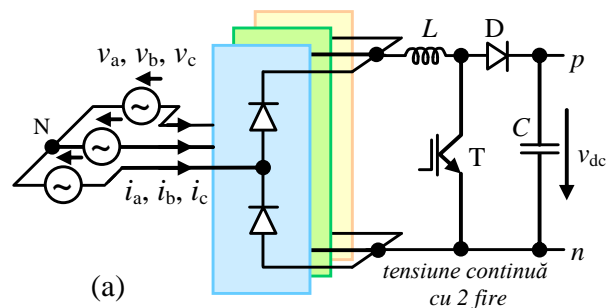
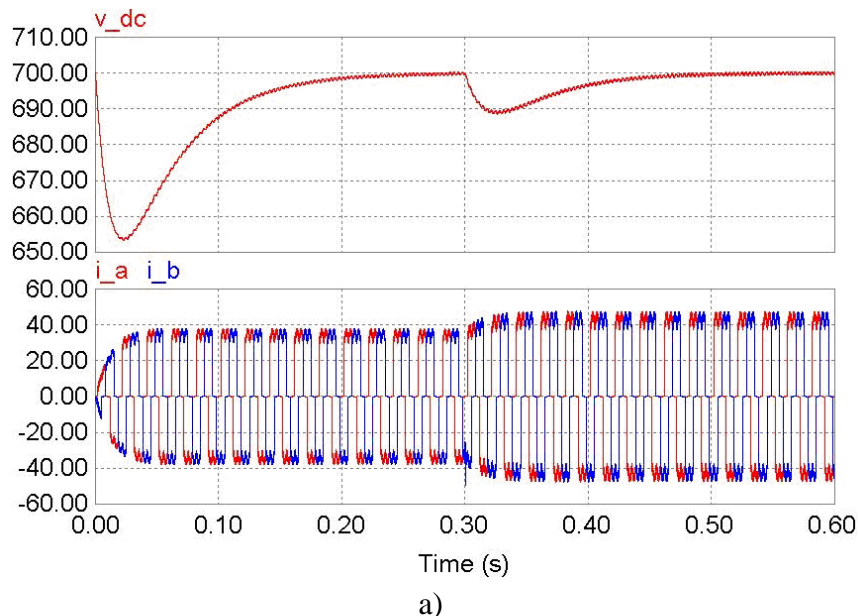


Fig. 14. Redresor și chopper ridicător.



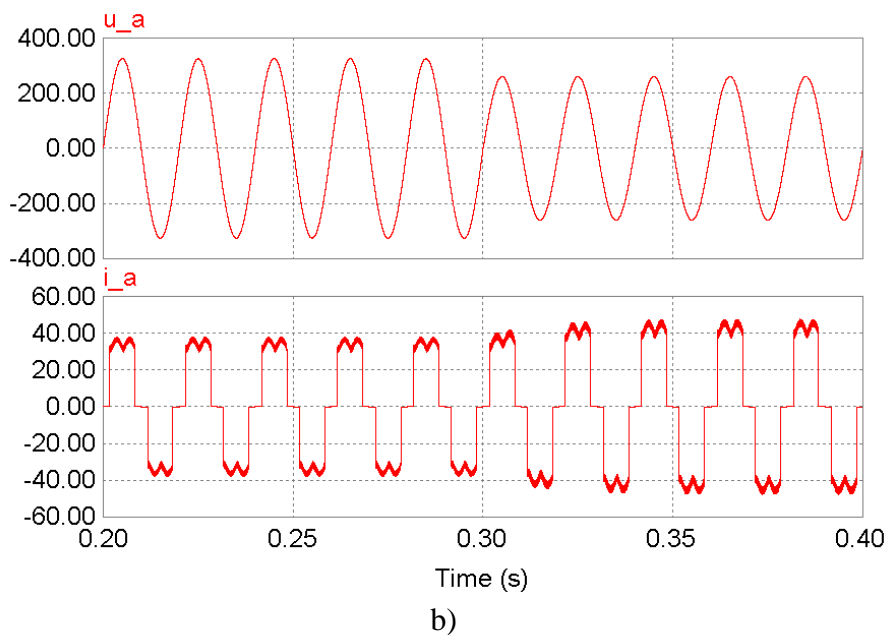


Fig. 15. Rezultate ale simulărilor numerice; (a) tensiunea continuă de ieșire  $v_{dc}$  și curenții absorbiți de redresor; (b) tensiunea de intrare  $u_a$  și curentul absorbit  $i_a$ .

Invertorul utilizat pentru racordarea la rețea a GEH poate avea diverse configurații [7]. O topologie posibilă a invertorului este prezentată în Fig. 16.

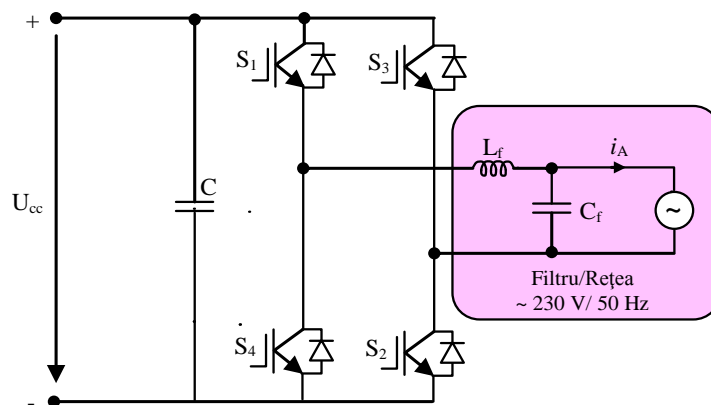


Fig. 16. Invertor pentru conectare la rețea a GEH echipat cu filtru. Schemă de principiu.

Energia termică produsă de sistem este gestionată prin intermediul unui controler specializat care monitorizează temperatura agentului termic la ieșirea GEH cu ajutorul unui traductor de temperatură de tip termocuplu și în funcție de valoarea temperaturii conectează sau deconectează pompa care injectează agentul termic în circuit.

Energia termică debitată de GEH este măsurată cu ajutorul unui *contor specializat* care conține în principal un *debitmetru* ( $Q$ ), doi *senzori de temperatură* (unul montat pe turul instalației termice  $T_1$  iar celălalt montat pe returul instalației termice  $T_2$ ), un *procesor* și un *display*, Fig. 17. Contorul înregistrează debitul agentului termic și diferența de temperatură  $\Delta T = T_2 - T_1$ , pe baza acestor mărimi fiind calculată energia termică a lichidului.

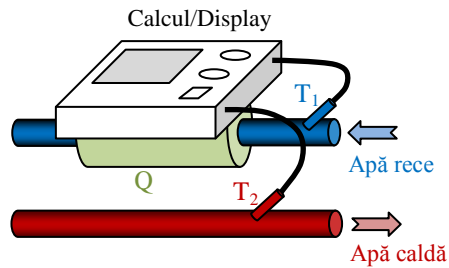


Fig. 17. Schema de principiu a contorului de energie termică.

#### 4.4. Construcția parțială a modelului experimental al GEH

Pe baza calculelor efectuate în cadrul proiectului s-au definit reperele principale care intră în componența GEH. În Fig. 18 se prezintă schițe ale subansamblului rotor aferent GMP, în lipsa magneților permanenți. Magneții permanenți vor fi semiîngropați în jugul rotoric și lipiți cu un adeziv special care să asigure o bună fixare a acestora și care să împiedice desprinderea ca urmare a acțiunii forțelor centrifuge și a cuplurilor electromagnetice importante (mașina este caracterizată de cuplu mare și turație mică).

În Fig. 19 sunt prezentate imagini surprinse în diferite etape de execuție a modelului experimental al GEH (GMP + SIMP).

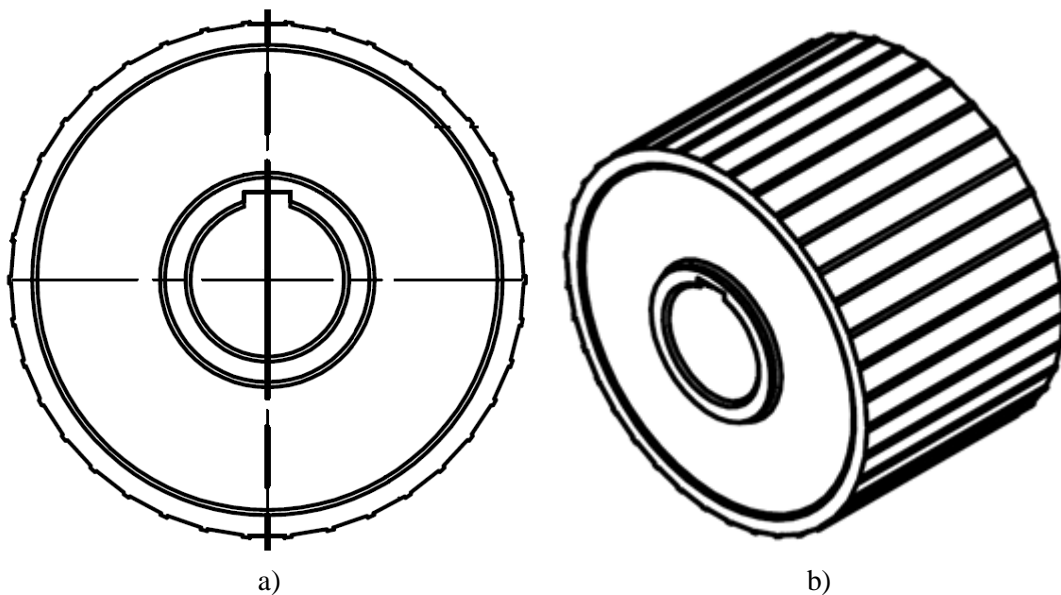
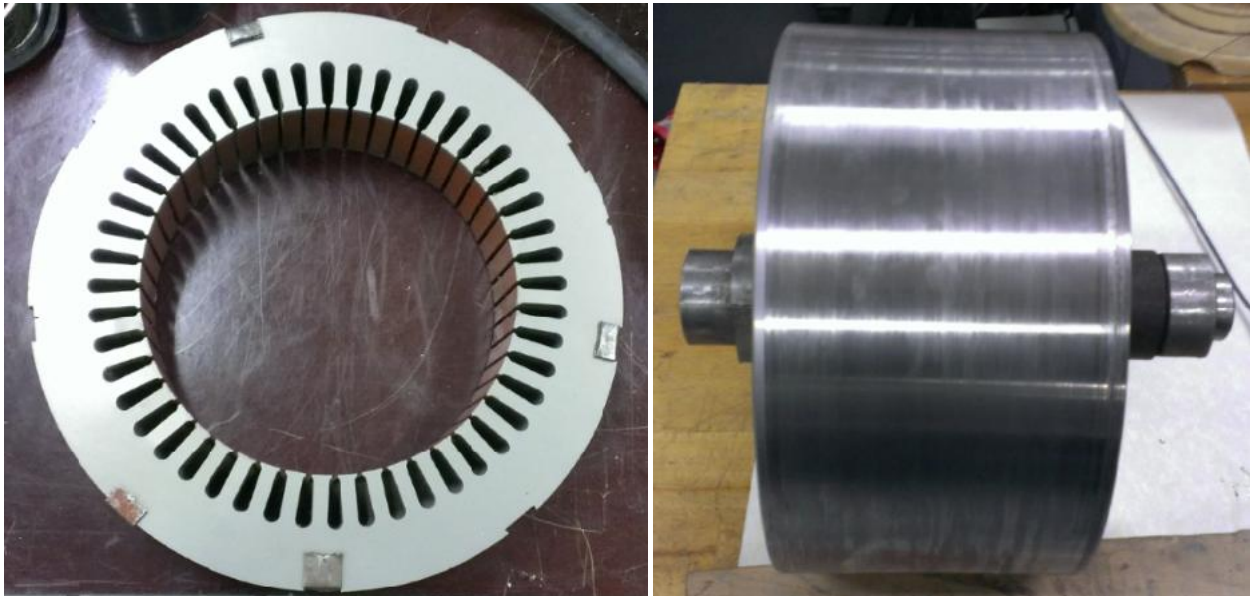


Fig. 18. Schițe ale subansamblului rotor al GMP în lipsa magneților permanenți;  
a) Secțiune transversală; b) Vedere de ansamblu 3D.





a) Subansamblu rotor (fără magneți permanenți)



b) Subansamblu stator (fără înfășurări, serpentină și carcasă)

Fig. 19. Etape ale realizării modelului experimental al GEH (GMP + SIMP).

#### 4.5. Diseminarea rezultatelor de cercetare obținute

O parte din rezultatele de cercetare obținute au fost diseminate prin publicarea unui număr de 2 lucrări științifice la Simpozionul de Mașini Electrice (SME 2016):

[1] Tudorache T., Trifu I., Popescu M.: *Analiza numerică 3D a unui generator cu magneți permanenți cu flux axial*, Vol. de lucrări al Simpozionului Actualități și Perspective în Domeniul Mașinilor Electrice (SME 2016), București, Romania.

[2] Melcescu L., Tudorache T., Popescu M.: *Analiza numerică a unei mașini sincrone cu magneți permanenți cu flux axial fără jug statoric*, Vol. de lucrări al Simpozionului Actualități și Perspective în Domeniul Mașinilor Electrice (SME 2016), București, Romania.

Trebuie menționat faptul că 5 dintre lucrările științifice diseminate anul precedent în reviste de specialitate și la conferințe internaționale au fost deja indexate în baza de date ISI Thomson:

[1] Tudorache T., Melcescu L., Floricău D.: *Design and Performance Analysis of a Permanent Magnet Synchronous Generator Equipped with AC-DC Converter*, Proceedings of the 9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2015), Pag. 244-249, Bucharest, Romania (**ISI Proceedings**).

[2] Floricău D., Tudorache T.: *A Novel Generalization of Boost-type PFC Topologies with Multiple Switching Cells Connected in Series and Parallel*, Proceedings of the 9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2015), Pag. 674-679, Bucharest, Romania (**ISI Proceedings**).

[3] Floricău D. and Kreindler L.: *Generalized Multilevel Inverter Topology with Stacked Coupled Inductors*, Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Conference on Power Electronics and Applications, EPE'15-ECCE Europe, Geneva, Switzerland (**ISI Proceedings**).

[4] Tudorache T., Melcescu L. and M. Predescu: *Analysis of a Permanent Magnet Eddy Current Heater Driven by a Wind Turbine*, Advances in Electrical and Computer Engineering (AECE), Vol. 15, No. 3, pp. 53 – 58, 2015 (**Revistă indexată ISI**).

[5] Floricău D., Tudorache T. and Kreindler L.: *New Boost-Type PFC MF-Vienna PWM Rectifiers with Multiplied Switching Frequency*, Advances in Electrical and Computer Engineering (AECE), Vol. 15, No. 4, Pag. 81-86, 2015 (**Revistă indexată ISI**).

## 5. REZULTATE OBTINUTE ÎN CADRUL ETAPEI CURENTE

Obiectivele propuse în planul de realizare a proiectului pentru etapa curentă au fost atinse integral. În urma cercetărilor întreprinse până în prezent în cadrul proiectului s-au obținut rezultate consistente, care constau în publicarea unui număr total de 9 lucrări/articole științifice, dintre care 5 indexate în baza de date ISI Thomson (2 lucrări fiind publicate în etapa curentă).

## 6. CONCLUZII

În cadrul *Etapei de execuție Nr. III/2016* a proiectului HYWINDT (*Contract Nr. 41/2014*) au fost prevăzute trei activități tehnico-științifice toate fiind realizate integral. Activitățile de cercetare efectuate în cadrul etapei curente au vizat proiectarea și optimizarea constructiv-funcțională finală a modelului experimental al GEH, proiectarea parțială a sistemului de gestiune a energiei și realizarea parțială a modelului experimental al GEH.

*Activitatea III.1* a avut ca obiectiv proiectarea și optimizarea constructiv-funcțională a GEH (GMP și SIMP). S-au analizat mai multe soluții constructive fezabile pe baza unor criterii de performanță stabilite și s-a identificat soluția finală ce urmează a fi implementată practic.

*Activitatea III.2* a urmărit proiectarea parțială a sistemului de gestiune a energiei electrice, respectiv termice produse de GEH. S-au efectuat calcule privind gestiunea energiei termice și s-au propus scheme electrice de principiu ale sistemului anvizajat care urmează a fi finalizate în etapa următoare de execuție a proiectului.

În cadrul *Activității III.3* s-a urmărit realizarea parțială a modelului experimental al GEH.

Finalizarea modelului experimental, realizarea standului experimental și testarea sistemului se vor realiza în etapa următoare a proiectului.

Anumite aspecte ale rezultatelor cercetărilor întreprinse s-au diseminat prin elaborarea și publicarea unui număr de 2 lucrări științifice în volumul unui simpozion de specialitate. O bună parte din lucrările publicate la conferințe de specialitate anul anterior au fost deja indexate în baza de date ISI Thomson devenind astfel vizibile pe plan internațional.

## **7. BIBLIOGRAFIE**

[1] CBI A/00838/10.11.2014 depusă la OSIM: “Generator eolian hibrid cu flux magnetic radial și rotor exterior”.

[2] CBI A/00839/10.11.2014 depusă la OSIM: “Generator eolian hibrid cu flux magnetic radial și rotor interior”.

[3] CBI A/00840/10.11.2014 depusă la OSIM: “Generator eolian hibrid cu flux magnetic axial”.

[4] Raport cercetare Etapa I / 2014, „Analiză de soluții constructive fezabile de componente pentru TEH cu ax vertical”, Proiect HYWINDT.

[5] Luigi Alberti: "Koil, a tool to design the winding of rotating electric machinery", Version 1.1.0, October 2012: <http://koil.sourceforge.net>.

[6] Raport cercetare Etapa II / 2015, "Proiectarea parțială a modelelor experimentale ale GEH și ale sistemului de gestiune a energiei", Proiect HYWINDT.

[7] Remus Teodorescu, Marco Liserre, Pedro Rodriguez: "Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems", John Wiley's and Sons, 2011.

Data: 05.12.2016