

PROGRAM PNIII – BRIDGE GRANT

COD PROIECT: PN-III-P2-2.1-BG-2016-0164

NR. CONTRACT FINANȚARE: 68BG/2016

TITLUL PROIECTULUI: *Sistem electrotermic bazat pe conversia energiilor solară și eoliană*

DURATA PROIECTULUI: 01.10.2016 – 31.03.2018 (18 LUNI)

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST)

ETAPA DE EXECUȚIE NR. II/2017

TITLU ETAPĂ: *Finalizarea proiectării și realizarea componentelor sistemului HEFVT*

CUPRINS

1. OBIECTIVELE GENERALE ALE PROIECTULUI.....	3
2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE.....	3
3. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE.....	3
4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ	5
5. REZULTATE OBȚINUTE ÎN CADRUL ETAPEI CURENTE	14
6. CONCLUZII.....	15
7. BIBLIOGRAFIE	15

1. OBIECTIVELE GENERALE ALE PROIECTULUI

Proiectul WINDSOL are ca obiectiv general dezvoltarea unui model experimental de laborator a unui sistem inovativ care asigură conversia simultană a energiilor eoliană și solară în electricitate și în căldură. Elementele de bază care asigură conversia energetică sunt reprezentate de către un *Generator Eolian Electro-Termic (GEET)*, respectiv de către un *Panou Foto-Voltaic-Termic (PFVT)* echipat cu elemente de concentrare a radiației solare.

2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE

Obiectivele principale ale *Etapei II de execuție* a proiectului WINDSOL sunt următoarele:

- proiectarea sistemului de gestiune a energiei,
- elaborarea documentației pentru protecția proprietății intelectuale asupra elementelor inovative,
- realizarea modelelor experimentale ale GEET și ale PFVT,
- realizarea sistemului de gestiune a energiei,
- diseminarea rezultatelor cercetării.

3. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE

Conform planului de realizare propus *Etapa II de execuție* a proiectului WINDSOL include șase activități specifice și vizează în principal finalizarea proiectării și realizarea componentelor sistemului HFEVT.

Activitatea II.1. Proiectarea sistemului de gestiune a energiei. În cadrul acestei activități s-a definit soluția tehnică de gestiune a energiei electrice și a căldurii furnizate de sistemul HFEVT. Întrucât sistemul studiat are în componență două subsisteme care generează simultan energie electrică și căldură (GEET și PFVT), mecanismul de gestiune a energiei a luat în considerare particularitățile specifice fiecărei componente în parte. În cadrul acestei activități s-a efectuat și ajustarea soluției constructive a GEET în vederea corelării acesteia cu sistemul global de gestiune a energiei.

Activitatea II.2. Elaborarea documentației pentru protecția proprietății intelectuale asupra elementelor inovative. În cadrul acestei activități s-au elaborat 2 *Cereri de Brevet de Invenție (CBI)* care au fost depuse la OSIM în vederea protejării soluțiilor inovative din punct de vedere al proprietății intelectuale. Elementele de identificare ale celor două CBI sunt următoarele:

- CB A0061, "*Generator electrotermic cu magneți permanenți cu flux axial*", Autori: Tiberiu Tudorache (UPB), Mihail Predescu (AEOLUS).

- CB A00169, "*Generator electrotermic rotativ cu magneți permanenți cu flux radial*", Autori: Tiberiu Tudorache (UPB), Mihail Predescu (AEOLUS).

Activitatea II.3. Realizarea modelului experimental al GEET. În cadrul acestei activități s-a realizat modelul experimental al GEET cu magneți permanenți, în varianta constructivă cu flux radial, rotor

interior și bobine statorice dispuse în tobă. Execuția prototipului a urmărit cotele și datele obținute prin calcul și analiză numerică în cadrul proiectului.

Activitatea II.4. Realizarea modelului experimental al sistemului FVT. În urma calculelor de dimensionare efectuate s-a realizat modelul experimental al sistemului FVT echipat cu oglinzi pentru îmbunătățirea absorbției radiației solare.

Activitatea II.5. Realizarea sistemului de gestiune a energiei. În cadrul acestei activități s-a definitivat soluția tehnică privind sistemul de gestiune a energiei, respectiv s-a realizat modelul său experimental, urmând ca acesta să fie testat împreună cu celelalte componente ale sistemului HFEVT în etapa următoare a proiectului.

Activitatea II.6. Diseminarea rezultatelor cercetării prin publicare de lucrări la conferințe, simpozioane, respectiv în reviste științifice de profil. Rezultatele cercetărilor efectuate au fost diseminate prin elaborarea unui număr total de **5 lucrări/articole științifice** [1]-[5]. Astfel s-au publicat *2 lucrări științifice* la două simpozioane internaționale (ATEE 2017 și IMEK0 TC4 2017), dintre care unul este indexat în baza de date ISI Thomson, respectiv *3 articole științifice*, dintre care unul este deja publicat într-o revistă indexată ISI Thomson, al doilea urmează a fi publicat în aceeași revistă în ultimul număr pe anul 2017, iar ultimul este în curs de recenzie la aceeași revistă. Lista lucrărilor elaborate până în prezent este prezentată mai jos:

[1] Bostan V., Tudorache T., Colț G.: *Improvement of Solar Radiation Absorption of a PV Panel Using a Plane Low Concentration System*, Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2017), Bucharest, Romania (lucrare indexată ISI Thomson).

[2] Oancea C.D., Tudorache T., *Conditioning circuit for assessing the performance of renewable energy sources*, 22nd IMEKO TC4 International Symposium & 20th International Workshop on ADC Modelling and Testing, Iasi, Romania, 2017.

[3] Tudorache T., Trifu I., *Finite Element Analysis of an Axial Flux Hybrid Wind Generator*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 63, Issue 3, 2017 (articol indexat ISI Thomson).

[4] Craiu O., Tudorache T., *Heat Transfer Analysis of an Axial Flux Synchronous Wind Generator Using 3D Finite Element Models*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 63, Issue 4, 2017 (urmează a fi publicat în revistă indexată ISI Thomson).

[5] Tudorache T., Melcescu L., Bostan V., Colț G., Popescu M., Predescu M., *Electromagnetic Analysis of a Hybrid Permanent Magnet Generator*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique (în curs de recenzie la revistă indexată ISI Thomson).

4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

4.1. Prezentare generală a soluției studiate în cadrul proiectului

Sistemul de conversie energetică propus în cadrul proiectului de cercetare *WINDSOL* permite conversia energiilor solară și eoliană simultan în electricitate și în căldură, prin cogenerare. Sistemul propus este un sistem Hibrid Eolian Foto-Voltaic Termic (HEFVT), conversia energetică fiind asigurată în principal prin intermediul unui *Generator Eolian Electro-Termic (GEET)*, respectiv prin intermediul unui *Panou Foto-Voltaic-Termic (PFVT)* echipat cu concentratoare solare, Fig. 1.

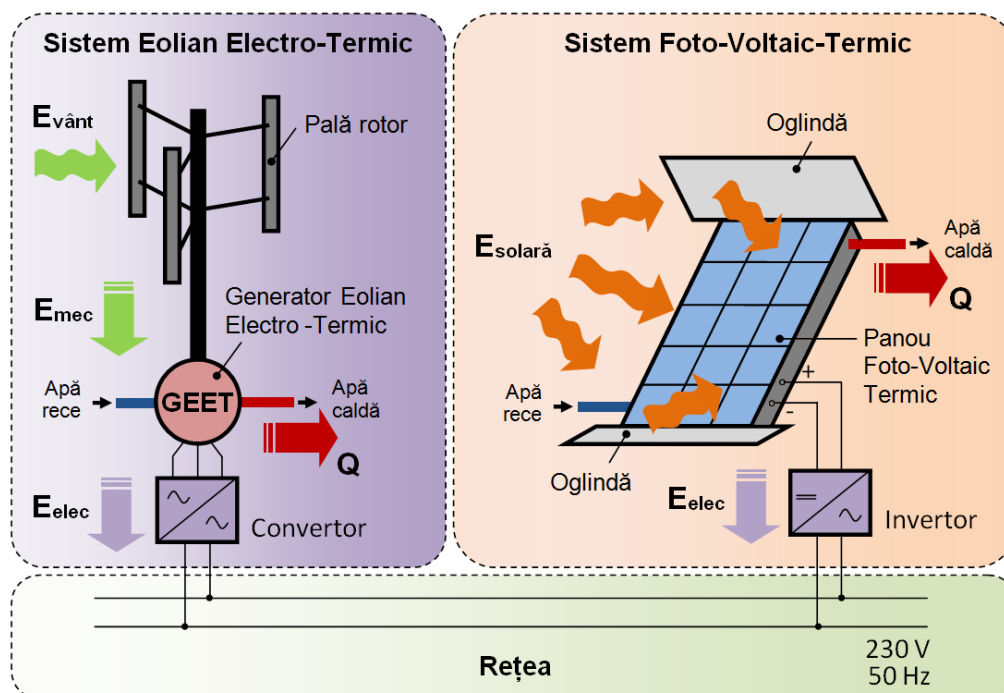


Fig. 1. Sistem Hibrid Eolian Foto-Voltaic Termic (HEFVT). Schemă de principiu cu evidențierea *Generatorului Eolian Electro-Termic (GEET)*, respectiv a *Panoului Foto-Voltaic-Termic (PFVT)*.

GEET este un generator eolian cu magneți permanenți, construit în varianta cu flux magnetic radial, capabil să convertească energia mecanică de rotație provenită de la turbina eoliană în electricitate și căldură.

PFVT este destinat conversiei energiei solare de asemenea în energie electrică și în căldură, cu un randament global net superior panourilor FV clasice. Performanțele PFVT sunt îmbunătățite prin adăugarea unor oglinzi, dimensionate și orientate adecvat, capabile să contribuie la creșterea iradianței solare pe suprafața PFVT.

4.2. Proiectarea sistemului de gestiune a energiei

Sistemul HEFVT studiat în cadrul proiectului asigură conversia energiilor solară și eoliană simultan în energie electrică și căldură prin cogenerare. Fluxul energiilor electrică și termică produse de sistem trebuie atent gestionate și monitorizate. O creștere necontrolată a temperaturii la nivelul

celor două componente de bază ale sistemului (GEET și PFVT) poate afecta performanțele acestora. În mod special trebuie acordată atenție GEET întrucât durata sa de viață și starea de funcționare pot fi drastic afectate de supraîncălzirea mașinii.

Schema de principiu a sistemului de gestiune a energiilor electrică și termică produse de GEET și PFVT este prezentată în Fig. 2.

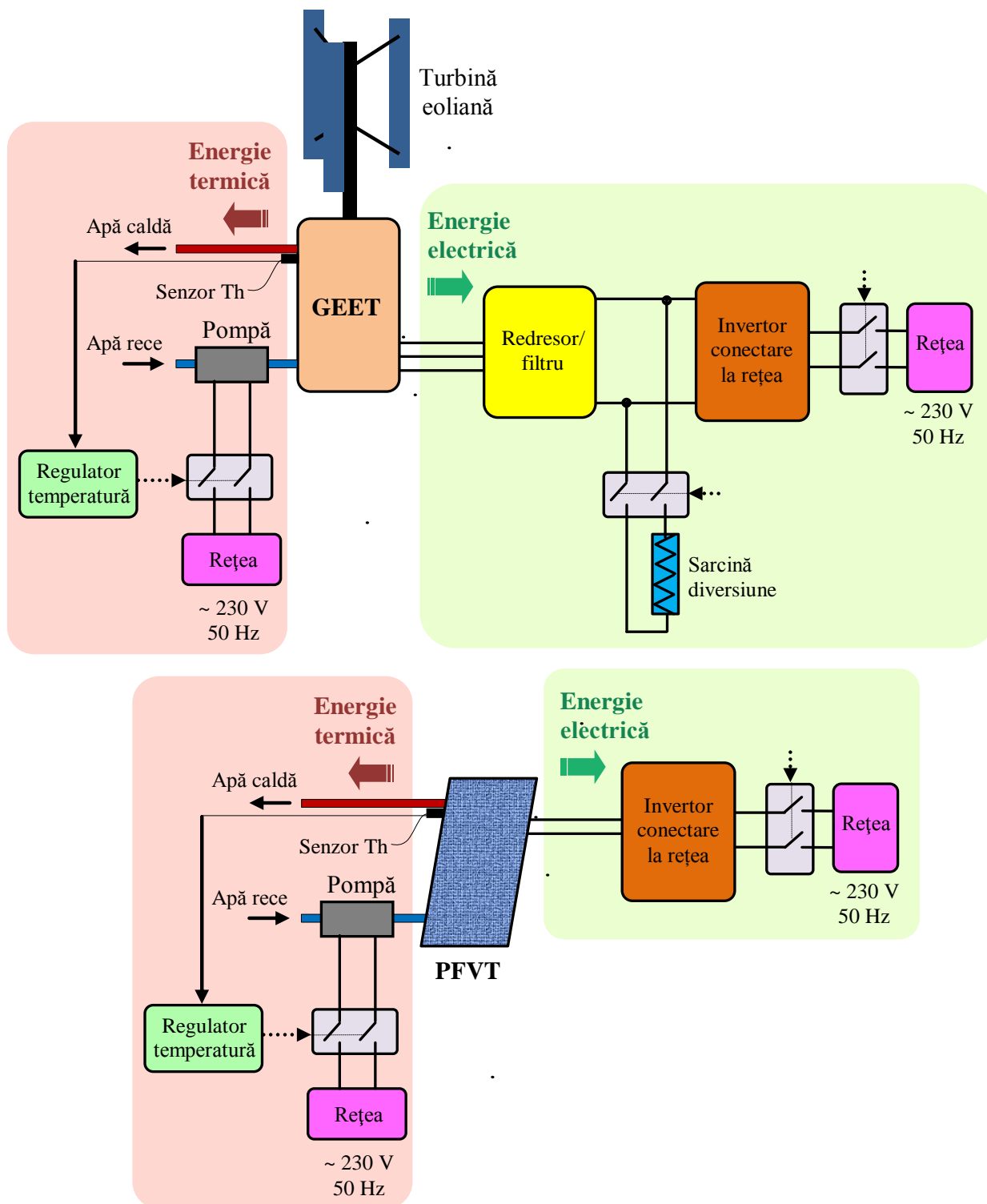


Fig. 2. Schema de principiu a sistemului de gestiune a energiei (electrică și termică) produsă de GEET și PFVT.

În schema anterioară se poate observa că *sistemul de management energetic al sistemului HEFV* este alcătuit din două subsisteme distincte, primul pentru gestiunea energiilor produse de GEET și cel de-al doilea pentru gestiunea energiilor produse de PFVT.

Gestiunea energiei electrice a GEET. Întrucât GEET este un generator trifazat ce funcționează la tensiune și frecvență variabile, conectarea sa la rețeaua monofazată necesită o compatibilizare a parametrilor săi energetici (tensiune, frecvență) cu cei ai rețelei monofazate. În acest scop se interconectează între GEET și rețea un bloc redresor (punte redresoare cu diode, cu bloc de filtrare și comandă a sarcinii de diversiune) și un invertor monofazat pentru conectare la rețea (care include de asemenea și un chopper ridicător pentru ridicarea și menținerea tensiunii continue la o valoare potrivită și un bloc de filtrare). Sarcina de diversiune este utilizată pentru controlul turbinei eoliene la viteze mari ale vântului.

Gestiunea energiei termice a GEET. Căldura produsă de GEET este transferată în proporție forate mare agentului termic lichid care este injectat în circuitul termic în stare rece și evacuat în stare caldă. Gestiunea energiei termice este asigurată prin intermediul unui controler ce monitorizează prin intermediul unui termocuplu de tip K temperatura fluidului de lucru la ieșirea din circuitul termic al GEET, aceasta fiind păstrată între anumite limite impuse. Dacă temperatura agentului termic depășește un *prag superior impus* se alimentează pompa care injectează agentul termic în circuit în stare rece, apa caldă fiind evacuată din circuit. Când temperatura apei la ieșire scade sub un *prag inferior impus* alimentarea pompei este deconectată. Timpii de funcționare ai pompei, respectiv debitul mediu al agentului termic depind practic de viteza vântului.

Gestiunea energiei electrice a PFVT. Pentru conectarea PFVT la rețea este necesară prezența unui invertor de sincronizare cu rețeaua care să convertească energia de curent continuu produsă de panou în energie de curent alternativ cu parametrii (tensiune, frecvență) compatibilizați cu cei ai rețelei.

Gestiunea energiei termice a PFVT. Energia termică produsă de PFVT este gestionată (ca și în cazul GEET) prin intermediul unui controler specializat care monitorizează temperatura fluidului de lucru la ieșirea din circuitul termic al PFVT și care în funcție de valoarea acesteia dă comandă de pornire sau oprire a unei pompe ce injectează agent termic, în stare rece, în circuitul termic al panoului.

4.3. Elaborarea documentației pentru protecția proprietății intelectuale asupra elementelor inovative

În cadrul proiectului s-au analizat mai multe soluții tehnice inovative de GEET, atât în variantă cu flux magnetic radial, cât și cu flux magnetic axial. Două dintre ele au făcut obiectul a 2 cereri de brevet de invenție depuse la OSIM în lunile februarie (A/00061/06.02.2017), respectiv martie (A/00169/21.03.2017) ale anului curent [6]-[7].

Prima soluție analizată se referă la un GEET cu flux radial, cu bobine dispuse în inel, în jurul unei serpentine realizate din țeavă de oțel, Fig. 3 sau înglobate în rășină și dispuse în întrefier, Fig. 4 [7].

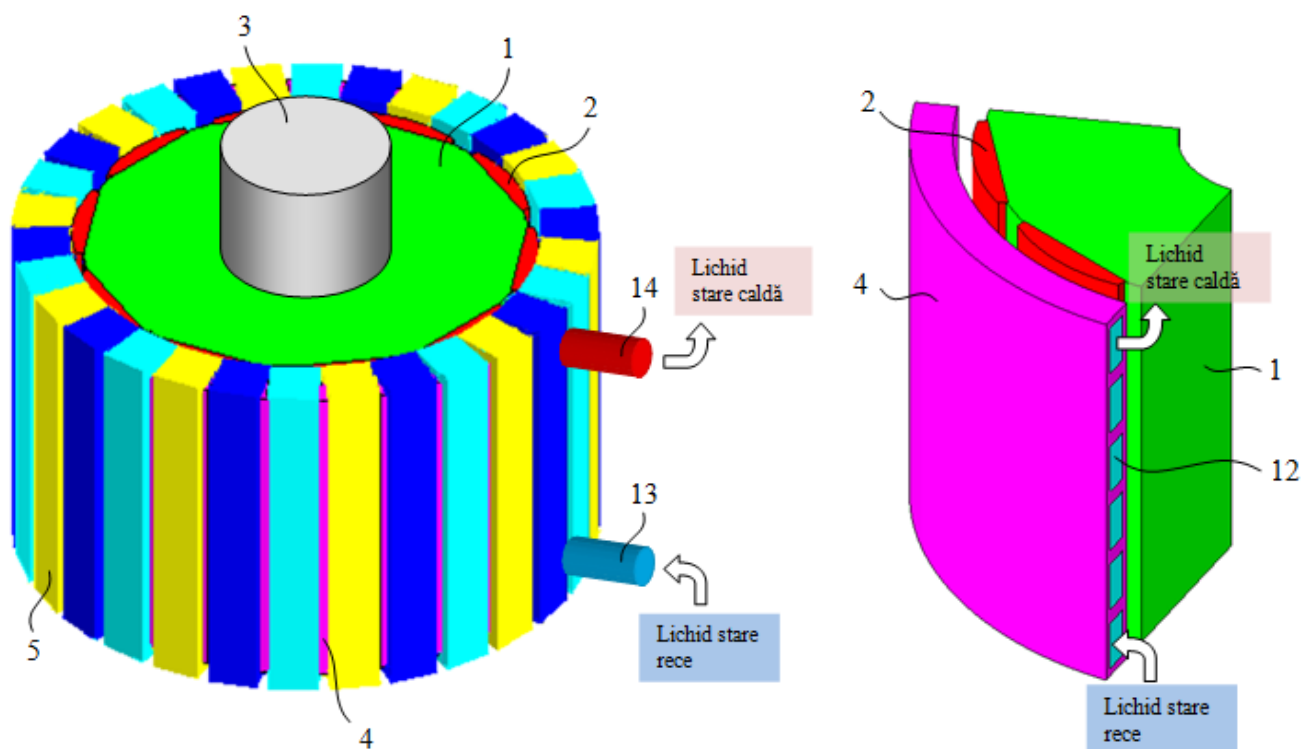


Fig. 3. Părți principale ale GEET cu flux radial și cu înfășurări dispuse în inel; (1 - miez rotoric; 2 magneți permanenți; 3 - arborele mașinii; 4 - țeava statorică; 5 - bobine statorice; 12 - agent termic; 13/14 - orificii de intrare/ieșire a agentului termic) [7].

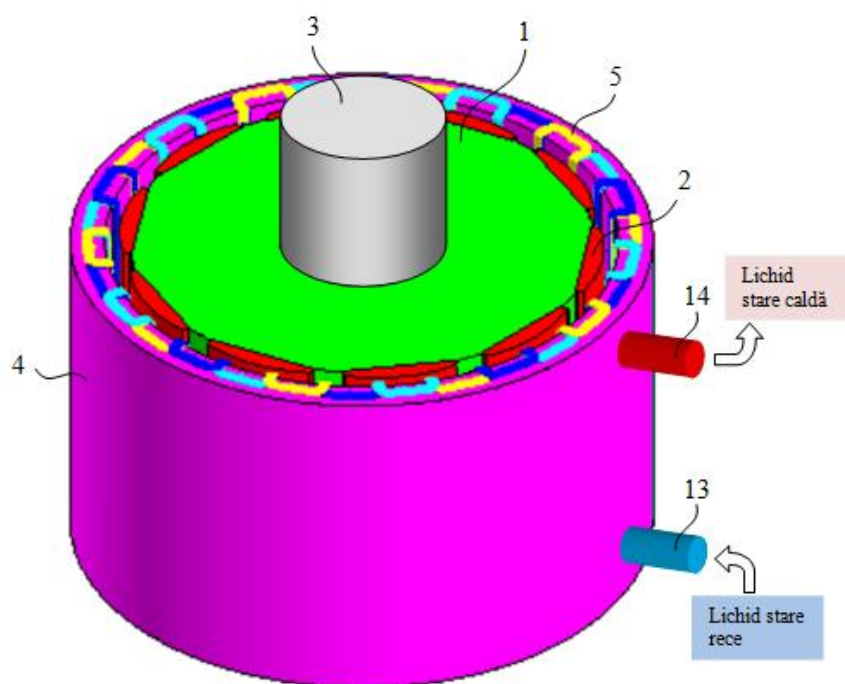


Fig. 4. Părți principale ale GEET cu flux radial cu înfășurări dispuse în întrefier; (1 - miez rotoric; 2 magneți permanenți; 3 - arborele mașinii; 4 - țeava statorică; 5 - bobine statorice; 13/14 - orificii de intrare/ieșire a agentului termic) [7].

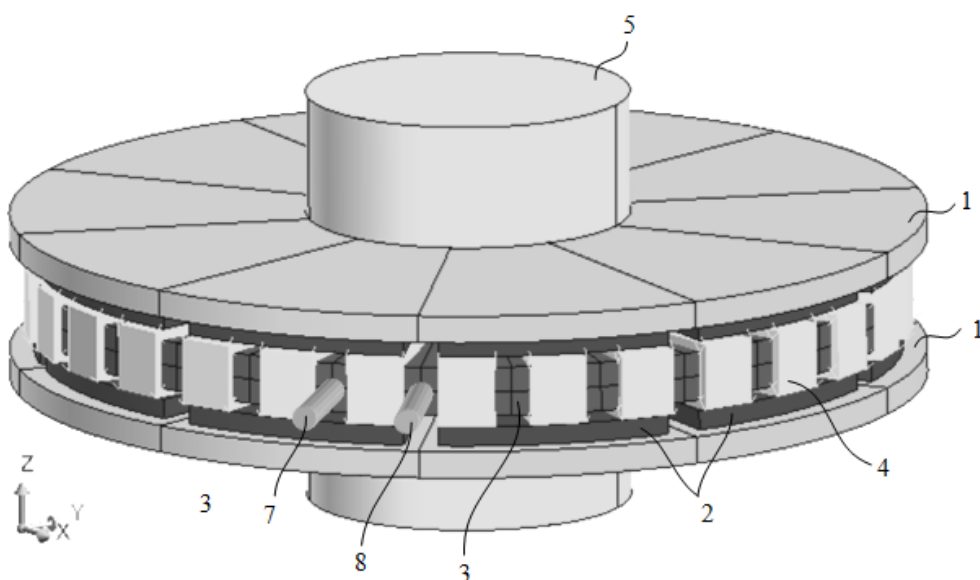
Prin serpentina realizată din oțel, Fig. 3, circulă un agent termic lichid care este injectat în circuit în stare rece și are rolul de a evacua căldura disipată în GEET în vederea utilizării acesteia în alte scopuri utile.

Prin rotația magneților permanenți, sub acțiunea turbinei eoliene, se produc simultan două efecte: se induc tensiuni în bobinele statorice întocmai ca la generatoarele sincrone cu magneți permanenți clasice (energie electrică), respectiv se induc curenți în pereții serpentinei din oțel care se transformă ulterior în căldură prin efect Joule (energie termică). Energia termică rezultată ca urmare a curenților induși, respectiv ca urmare a curenților de conducție din înfășurări, este evacuată din mașină de către agentul termic lichid, urmând a fi utilizată în alte scopuri utile.

Înfășurarea dispusă în inel prezentată în Fig. 3 presupune pierderi Joule mai mari decât în cazul înfășurării în tobă din Fig. 4, întrucât lungimea conductoarelor este mai mare, laturile de întoarcere ale bobinelor fiind situate la exteriorul miezului statoric. Prin urmare, este de așteptat ca această soluție să conducă la un raport «puterea electrică/putere totală» inferior soluției din Fig. 4.

A doua soluție analizată în cadrul proiectului, pentru care s-a depus cerere de brevet de invenție la OSIM, vizează un GEET cu flux magnetic axial, cu bobine dispuse în jurul unei țevi toroidale din oțel, ca în Fig. 5 [6].

Cele două rotoare discoidale, Fig. 5, sunt identice și se rotesc solidar, fiind echipate fiecare cu un număr par de magneți permanenți. Direcția de magnetizare este cea axială, iar magneții permanenți situați față în față au sensuri opuse de magnetizare.



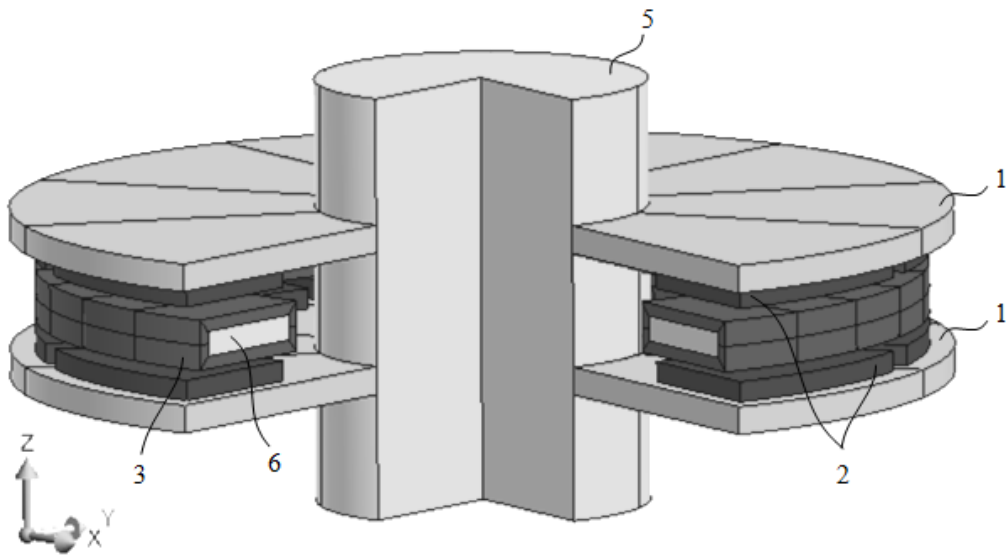


Fig. 5. Părți principale ale GEET cu flux axial; (1 - miez rotoric; 2 magneti permanenți; 3 - țeavă din oțel de formă toroidală; 4 - bobine statorice; 5 - arborele mașinii; 7/8 - orificii de intrare/ieșire a agentului termic) [6].

Soluția adoptată în cadrul proiectului este similară cu cea din Fig. 4, la care însă s-au efectuat anumite modificări constructive, pentru asigurarea unei răcirii mai bune a bobinelor statorice.

4.4. Realizarea modelului experimental al GEET

Pe baza calculelor analitice și numerice efectuate în cadrul proiectului de cercetare și ținând cont de anumite constrângeri tehnico-economice specifice, s-a construit modelul experimental al GEET, prezentat în Fig. 6, cu evidențierea diferitelor repere și subansambluri ale mașinii.



a)



b)

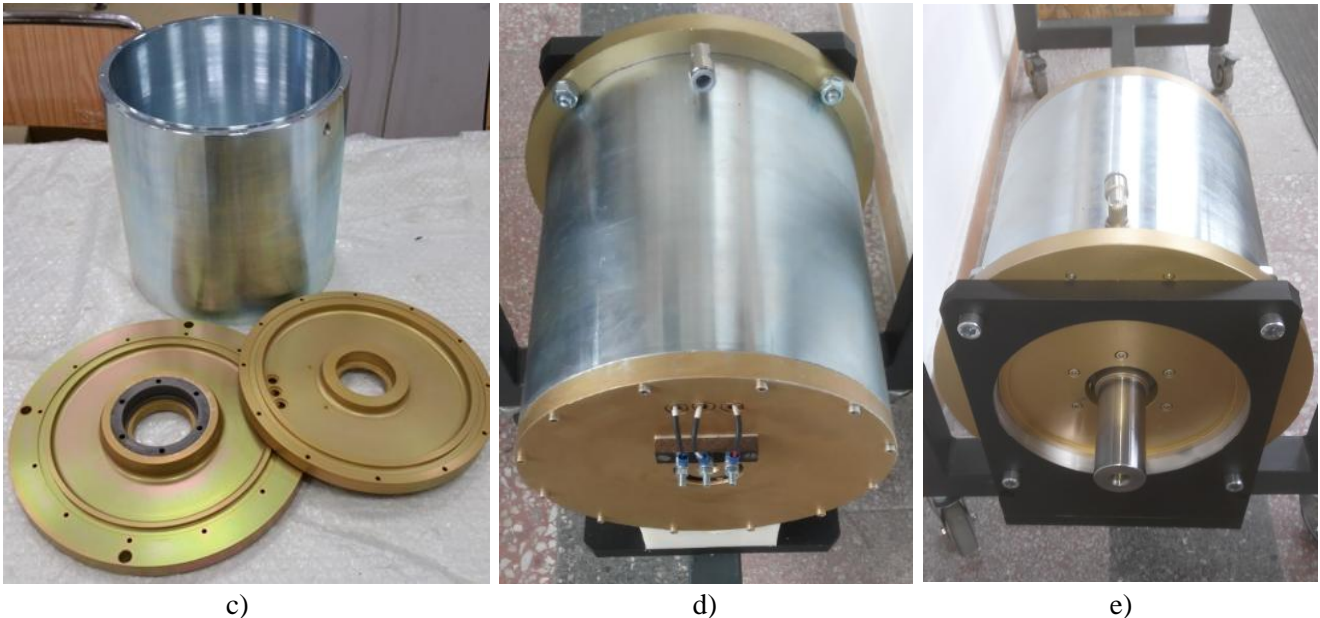


Fig. 6. Modelul experimental al GEET cu flux radial în diferite de execuție; a) subansamblul rotor cu evidențierea magneților permanenți, a arborelui și a miezului rotoric; b) bobine statorice înglobate în rășină și montate în interiorul statorului; c) țeava statorică și scuturile frontale; d-e) vedere globală a GEET.

4.5. Realizarea modelului experimental al sistemului FVT

Modelul experimental al PFVT echipat cu elemente de concentrare a energiei solare este prezentat în Fig. 7 și acesta include: panoul FVT propriu-zis, sistemul de oglinzi și mecanismul de susținere.

PFVT utilizat are la bază tehnologia policristalină și este caracterizat de următoarele date principale ce corespund unei iradianțe solare de 1000 W/m^2 , în configurația fără oglinzi:

- Putere electrică nominală: 300 W
- Putere termică nominală: 875 W
- Putere nominală totală: 1175 W
- Curent nominal: 8,15 A
- Curent de scurtcircuit: 8,75 A
- Tensiune nominală: 36,82 V
- Tensiune în gol: 45,31 V
- Suprafață incidentă $1,86 \text{ m}^2$
- Suprafață oglinzi: $2 \times 1,32 \text{ m}^2$

Prin adăugarea concentratoarelor solare (oglinzi) iradianța totală medie la nivelul suprafeței PFVT va crește, permițând astfel obținerea unor performanțe energetice globale superioare, atât din punct de vedere electric, cât și termic.

Două soluții de concentrare a energiei solare au fost testate în cadrul proiectului, prima utilizând oglinzi pe bază de plexiglass, cea de-a doua utilizând oglinzi pe suport de sticlă. Prima soluție adoptată este mai ușoară, mai rezistentă din punct de vedere mecanic, dar se deformează și se zgârie ușor,

afectând astfel performanțele sistemului. Cea de-a doua soluție este mai greoaie, casantă, dar mai rigidă și rezistentă la zgârieturi, aceasta fiind prezentată în Fig. 7.



Fig. 7. Modelul experimental al PFVT echipat cu concentratoare solare (oglinzi plane).

4.6. Realizarea sistemului de gestiune a energiei

În vederea asigurării managementului *energiei electrice și termice* al sistemului HEFVT s-a construit este asigurat prin intermediul a două subsisteme distincte: subsistemul de gestiune a energiei electrice și termice al GEET, respectiv subsistemul de gestiune a energiei electrice și termice al panoului FVT.

O vedere de ansamblu a sistemului de management energetic este prezentată în Fig. 8 în care se disting părțile componente principale ale acestuia (invertorul pentru conectare la rețea a PVT, blocul redresor, respectiv invertorul pentru conectare la rețea a GEET, invertorul pentru alimentarea motorului asincron utilizat pentru acționarea GEET, sistemul de de reglare a temperaturii PFVT, respectiv GEET, aparatura de protecție și comutație a GEET și a PFVT, etc.).

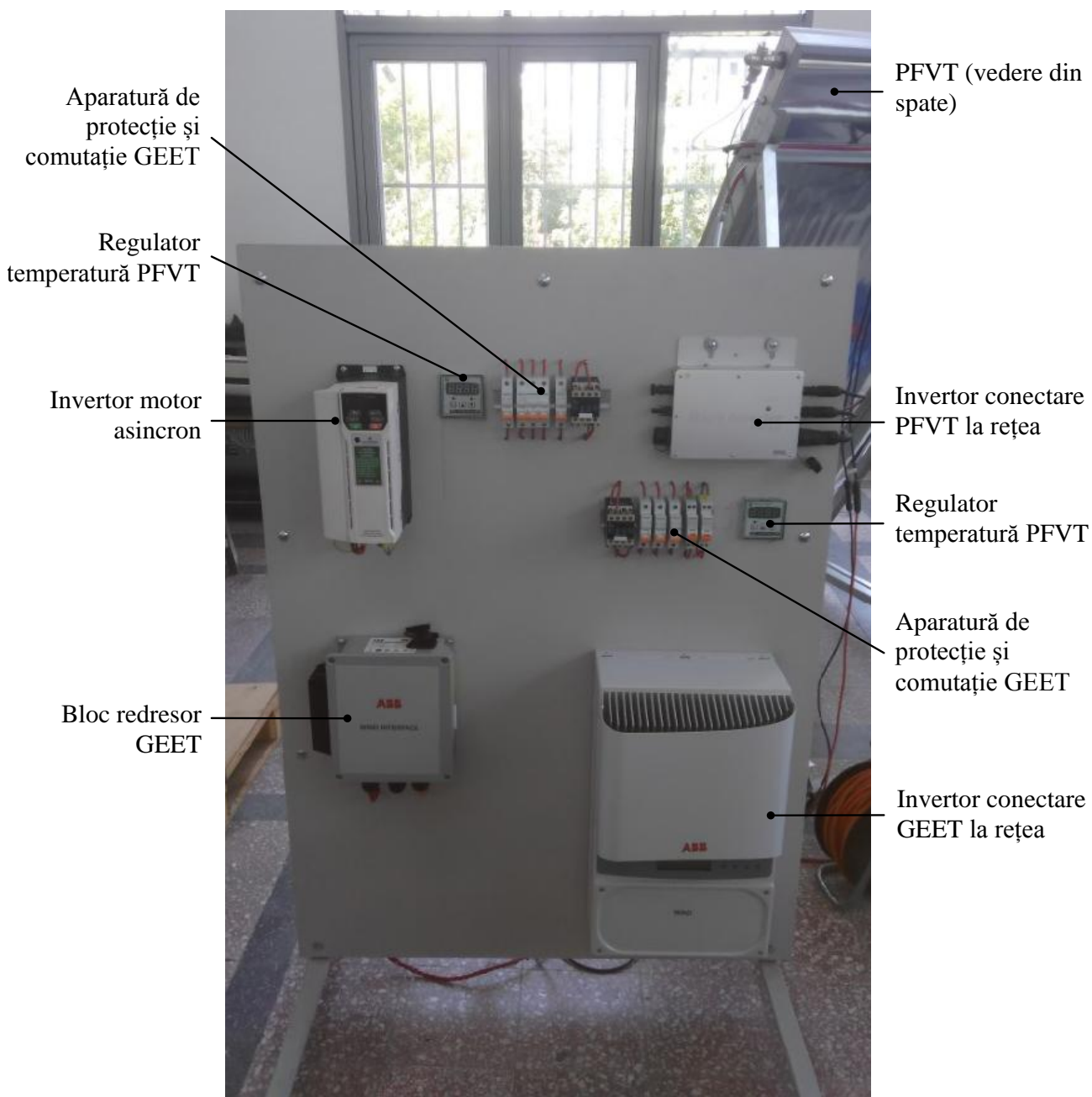


Fig. 8. Modelul experimental al sistemului de gestiune a energiei.

4.7. Diseminarea rezultatelor cercetării prin publicare de lucrări științifice

În vederea diseminării rezultatelor de cercetare s-au elaborat până în prezent **5 articole/lucrări științifice** (3 articole și 2 lucrări științifice) dintre care 3 sunt deja publicate, unul urmează a fi publicat, iar ultimul este în curs de recenzie. Alte două articole/lucrări științifice se află în diferite stadii de elaborare, urmând a fi propuse spre publicare după finalizarea acestora.

Astfel, echipa de cercetare a proiectului a publicat deja două lucrări/articole indexate în baza de date ISI Thomson, acestea fiind cuprinse în volumul de lucrări al Simpozionului Internațional ATEE 2017, respectiv în *Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique (RRST - SEE)*. Al treilea articol urmează a fi publicat în aceeași revistă RRST - SEE (indexată ISI Thomson) în numărul 4 al anului curent, iar cel de-al patrulea articol se află în curs de evaluare la aceeași revistă. Lucrările elaborate până în prezent în cadrul proiectului sunt menționate mai jos:

[1] Bostan V., Tudorache T., Colț G.: *Improvement of Solar Radiation Absorption of a PV Panel Using a Plane Low Concentration System*, Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2017), Bucharest, Romania (lucrare indexată ISI Thomson).

[2] Oancea C.D., Tudorache T., *Conditioning circuit for assessing the performance of renewable energy sources*, 22nd IMEKO TC4 International Symposium & 20th International Workshop on ADC Modelling and Testing, Iasi, Romania, 2017.

[3] Tudorache T., Trifu I., *Finite Element Analysis of an Axial Flux Hybrid Wind Generator*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 63, Issue 3, 2017 (articol indexat ISI Thomson).

[4] Craiu O., Tudorache T., *Heat Transfer Analysis of an Axial Flux Synchronous Wind Generator Using 3D Finite Element Models*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 63, Issue 4, 2017 (urmează a fi publicat în revistă indexată ISI Thomson).

[5] Tudorache T., Melcescu L., Bostan V., Colț G., Popescu M., Predescu M., *Electromagnetic Analysis of a Hybrid Permanent Magnet Generator*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique (în curs de recenzie la revistă indexată ISI Thomson).

5. REZULTATE OBȚINUTE ÎN CADRUL ETAPEI CURENTE

Obiectivele propuse în planul de realizare a proiectului pentru etapa curentă au fost atinse integral. În urma cercetărilor întreprinse s-a finalizat partea de proiectare a componentelor sistemului și s-au realizat modelele experimentale ale GEET, ale sistemului PVT și a sistemului de gestiune a energiei. Tot în cadrul etapei curente s-au parcurs toți pașii necesari pentru protecția privind drepturile de proprietate intelectuală asupra elementelor inovative studiate în cadrul proiectului, respectiv diseminarea rezultatelor cercetării. În etapa următoare este prevăzută partea de testare a modelelor experimentale, de monitorizare și de elaborare a documentației tehnice aferente acestuia.

6. CONCLUZII

În cadrul *Etapei de execuție Nr. II/2017* a proiectului WINDSOL (*Contract Nr. 68BG/2016*) au fost prevăzute 6 activități tehnico-științifice toate fiind realizate integral. Activitățile de cercetare efectuate în cadrul etapei curente au vizat proiectarea și realizarea sistemului de gestiune a energiilor electrice și termice produse de sistemul HEFVT, elaborarea documentației pentru protecția elementelor inovative prin depunere de cereri de brevet de invenție la OSIM, realizarea modelului experimental al GEET și a sistemului FVT, respectiv diseminarea rezultatelor cercetării.

În cadrul *Activității II.1* s-a definit soluția tehnică de gestiune a energiei electrice și a căldurii furnizate de sistemul HFEVT.

Activitatea II.2 a vizat elaborarea a unui număr de 2 *Cereri de Brevet de Invenție (CBI)* care au fost depuse la OSIM, în vederea protejării din punct de vedere al proprietății intelectuale a soluțiilor inovative analizate în cadrul proiectului.

În cadrul *Activității II.3* s-a realizat modelul experimental al GEET cu magneți permanenți, în varianta constructivă cu flux radial, rotor interior și bobine statorice dispuse în tobă.

Activitatea II.4 prevăzută în planul de realizare a proiectului s-a concretizat cu realizarea modelului experimental al sistemului FVT echipat cu oglinzi pentru îmbunătățirea absorbției radiației solare.

În cadrul *Activității II.5* s-a definitivizat soluția tehnică privind sistemul de gestiune a energiei, respectiv s-a realizat modelul său experimental.

Activitatea II.6 a vizat diseminarea rezultatelor cercetării prin publicare de lucrări la conferințe, simpozioane, respectiv în reviste științifice de profil. Rezultatele cercetărilor efectuate au fost diseminate până în prezent prin elaborarea unui număr total de **5 lucrări/articole științifice** [1]-[5] (dintre care 2 lucrări științifice publicate la două simpozioane internaționale, unul fiind indexat în baza de date ISI Thomson, respectiv 3 articole științifice, dintre care unul este deja publicat într-o revistă indexată ISI Thomson).

7. BIBLIOGRAFIE

- [1] Bostan V., Tudorache T., Colț G.: *Improvement of Solar Radiation Absorption of a PV Panel Using a Plane Low Concentration System*, Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2017), Bucharest, Romania,
- [2] Tudorache T., Trifu I., *Finite Element Analysis of an Axial Flux Hybrid Wind Generator*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 63, Issue 3, 2017.
- [3] Craiu O., Tudorache T., *Heat Transfer Analysis of an Axial Flux Synchronous Wind Generator Using 3D Finite Element Models*, Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 63, Issue 4, 2017.

- [4] Tudorache T., Melcescu L., Bostan V., Colt G., Popescu M., Predescu M., *Electromagnetic Analysis of a Hybrid Permanent Magnet Generator*, în curs de recenzie la Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique.
- [5] Oancea C.D., Tudorache T., *Conditioning circuit for assessing the performance of renewable energy sources*, 22nd IMEKO TC4 International Symposium & 20th International Workshop on ADC Modelling and Testing, Iasi, Romania, 2017.
- [6] CB A0061, "*Generator electrotermic cu magneți permanenți cu flux axial*", Autori: Tiberiu Tudorache (UPB), Mihail Predescu (AEOLUS).
- [7] CB A00169, "*Generator electrotermic rotativ cu magneți permanenți cu flux radial*", Autori: Tiberiu Tudorache (UPB), Mihail Predescu (AEOLUS).

Data: 05.12.2016