

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00763

(22) Data de depozit: 19/11/2019

(41) Data publicării cererii:  
29/05/2020 BOPI nr. 5/2020

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• FODOREAN DANIEL, STR. MOGOȘOAIA  
NR. 2, BL. F, SC. 2, AP.12, CLUJ-NAPOCA,  
CJ, RO

Această publicație include și modificările descrierii,  
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35  
alin. (20) din HG nr. 547/2008.

(54) MOTOR SINCRON REACTIV DE 2 POLI MAGNETICI,  
CU ROTOR MODULAR ȘI TOLE AXIALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un motor sincron reactiv dedicat sistemelor de antrenare electrică cu viteză variabilă. Motorul, conform invenției, cuprinde un rotor modular (1) cu doi poli magnetici și tole dispuse axial, și un stator (2), rotorul (1) fiind înclinat prin realizarea sa din cinci module de tole axiale, decalate unul față de altul cu 1/5 din unghiul pasului danturii, tolele axiale fiind împachetate împreună pentru a forma un tub de consolidare (3) realizat din material nemagnetic și compus din niște elemente (3a) circulare și doi pereți (3b) paraleli și drepecți, fiecare modul al tubului de consolidare (3) având două spații de aer (4) folosite pentru a preveni creșterea inerției motorului, la nivelul spațiilor de aer (4) modulele consecutive fiind interconectate cu ajutorul unor șine (5a) de formă trapezoidală, având un profil de conector tip tată, care vor fi introduse în niște locașuri de ghidare (5b) prevăzute în partea inferioară a tubului de consolidare (3), având un profil de conector tip mamă, transferul cuplului de la motor la o sarcină oarecare realizându-se prin intermediul pieselor cilindrice cu două diametre (6), care sunt conectate la rotorul modular (1) prin intermediul unui sistem din șine de ghidare (5a) și locaș de ghidare (5b).

Revendicări inițiale: 6  
Revendicări amendate: 6  
Figuri: 8

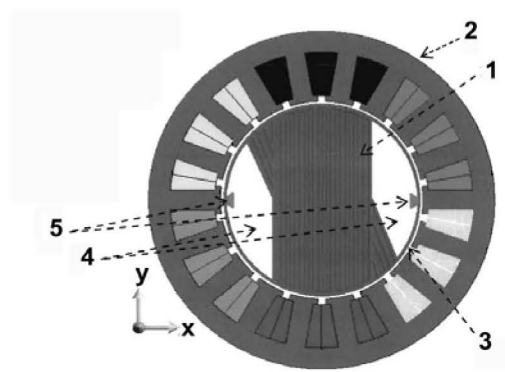


Fig. 4



**a. Titlul Invenției:**

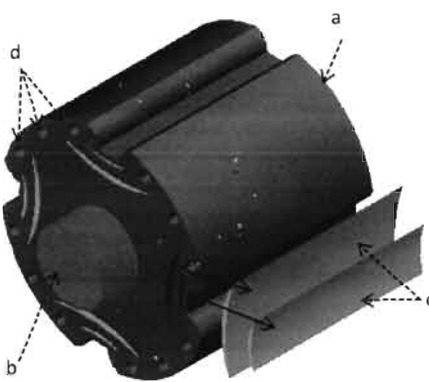
**Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale**

**b. Precizarea domeniului de aplicare a invenției:**

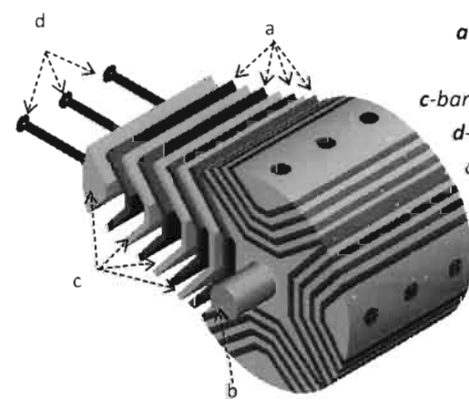
Invenția se referă la un motor electric dedicat sistemelor de antrenare electrică cu viteză variabilă în general, folosit în particular pentru propulsia vehiculelor electrice.

**c. Precizarea stadiului cunoscut al tehnicii în domeniul obiectului invenției, cu menționarea dezavantajelor soluțiilor tehnice cunoscute:**

Un motor sincron reactiv (MSR) funcționează pe principiul alinierii rotorului (pasiv) cu câmpul magnetic produs de înfășurarea polifazată statorică alimentată în curent alternativ. MSR este special dedicat aplicațiilor cu plajă largă de funcționare în viteză, fiind caracterizat de un raport ridicat al inductivităților pe cele două axe: cea directă (axa  $d$  a mașinii) și cea în cuadratură (axa  $q$  a mașinii). MSR are, de asemenea, un avantaj clar în ceea ce privește costul redus al materiei prime din care este confecționat, în componența sa intrând doar cupru și oțel electrotehnic. Statorul poate avea o configurație comună de înfășurare distribuită, similară motoarelor de inducție polifazate. Pe de altă parte, construcția rotorului MSR este de obicei particulară, [1]-[5], datorită barierelor de flux ale rotorului pasiv, vezi Fig.1a, sau a tolelor dispuse axial (și a barierelor de flux corespunzătoare), vezi Fig.1b. În primul rând structura cu rotor masiv (Fig.1a) prezintă avantajul simplității constructive, în schimb implică încălzire locală și pierderi fier mai mari, precum și vibrații și zgomot datorită efectului de ventilator al rotorului cu întrefier variabil. Dispunerea axială a tolelor ca în Fig.1b, de obicei pentru structuri de 4 poli magnetici (un număr mai mare de poli fiind greu de realizat) prezintă două avantaje majore: în primul rând această structură permite un câștig în viteză de până la 20 de ori în regim de slăbire de flux, iar apoi factorul de putere poate ajunge la valori similare motoarelor de inducție (nu și în cazul structurii din Fig.1a). Structura cu tole axiale (Fig.1b) prezintă două dezavantaje majore: în primul rând prezența șuruburilor necesare prinderii tolelor la ax produce o saturație locală la perforarea tolelor; în al doilea rând, tăierea tolă cu tolă la lungime corespunzătoare, în vederea construirii unui rotor perfect cilindric, determină o creștere a complexității și a costului de fabricație a acestui MSR. Un dezavantaj comun al celor două configurații amintite de MSR este nivelul ridicat al riplurilor de cuplu, care limitează capacitatea controlului și care, în plus, induce vibrații și zgomote suplimentare la turații înalte.



**Legendă :**  
 a-fier masiv.  
 b-ax.  
 c-bariere de flux.  
 d-orificii pentru înfășurare de amortizare.



**Legendă:**  
 a-tole axiale.  
 b-ax.  
 c-bariere de flux.  
 d-șuruburi de consolidare.

Fig.1a. Rotor masiv de MSR cu bariere de flux.

Fig.1b. MSR cu tole axiale (prinse cu șuruburi) și bariere de flux.

**d. Problema tehnică pe care o rezolvă invenția:**

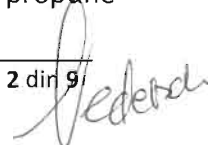
Beneficiind de avantajul simplității, a costului redus pentru materia primă (nu conține magneți) și a capacității de a funcționa în plajă largă de viteze, MSR poate fi o soluție pentru propulsia vehiculelor electrice, în contextul politic și economic actual. În schimb, cele mai importante provocări la propunerea unui MSR sunt obținerea unui raport ridicat de inductanțe, limitarea riplurilor de cuplu și a zgomotului, și îmbunătățirea randamentului și a factorului de putere.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția cu titlu " **Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale**" constă în propunerea unei noi structuri de rotor de MSR. Aici, tolele axiale rotorice (dispuse în module decalate) și axul care compun rotorul se îmbină într-un tub nemagnetic de consolidare, folosind un sistem de interconectare de tip șină-lăcaș de ghidare. Așadar, se obține un rotor de doi poli magnetici cu tole axiale, fără a folosi șuruburi care să penetreze tolele și să afecteze comportamentul magnetic și structural al MSR. Alura de tub de consolidare este menită nu doar să consolideze tolele axiale, dar și să determine obținerea unui întrefier constant al MSR, astfel încât efectul de ventilator al rotorului să fie eliminat, implicit reducându-se vibrațiile și zgomotele produse la viteze ridicate. O soluție pentru limitarea riplurilor la MSR ar fi înclinarea statorului, însă aceasta ar limita factorul de bobinaj și prin urmare și cuplul produs de motor. Pe de altă parte, prin "înclinarea" rotorului (compus din module de tole axiale decalate), nu se afectează capacitatea de cuplu a statorului, riplurile MSR fiind mai reduse.

**e. Prezentarea soluției tehnice a invenției:**

Noua configurație de rotor de MSR este vizibilă în Fig.2 și Fig.3. Rotorul, **1**, are doi poli magnetici, tolele rotorice fiind dispuse axial, iar statorul, **2**, este unul uzual pentru mașinile de c.a. polifazate. Cu doar doi poli magnetici, frecvența de alimentare este cea mai scăzută la o viteză dată, prin urmare și pierderile în fier sunt diminuate; astfel că randamentul MSR poate fi maximizat. Un rotor de doi poli cu tole axiale, are cel mai mare raport de inductanțe pe cele două axe ale mașinii, permițând funcționarea în gamă largă de viteze. Totuși, un MSR are în general ripluri importante de cuplu, lucru ce implică și vibrații și zgomote în funcționare, afectându-i fiabilitatea. Pentru a reduce nivelul acestor ripluri de cuplu, rotorul, **1**, va fi "înclinat" cu un unghi corespunzător pasului dentar al MSR. Efectul de "înclinare" al rotorului, **1**, se obține aici prin confecționarea a cinci module din tole axiale, decalate unul față de altul cu 1/5 din unghiul pasului dentar – astfel că, pe toată lungimea mașinii, "înclinarea" rotorului, **1**, este corespunzătoare unui unghi de pas dentar.

Tolele axiale sunt împachetate împreună pentru a forma un tub de consolidare, **3**, confecționat din material nemagnetic și compus din elemente circulare, **3a**, și doi pereți paraleli și drepecți, **3b**, în interiorul cărora se află fiecare modul de tole axiale de rotor, **1**. Fiecare modul al tubului de consolidare are două spații de aer, **4**, folosite pentru a preveni creșterea inerției motorului. La nivelul spațiului de aer, modulele consecutive ale tubului de consolidare vor fi interconectate cu ajutorul unor șine din material masiv în formă trapezoidală, **5a**, având profil de conector tip "tată", care vor fi introduse în lăcașurile de ghidare, **5b**, montate în partea interioară a cilindrului de consolidare, **3a**, având profil de conector tip "mamă". Șinele masive, **5a**, și lăcașurile de ghidare, **5b**, sunt realizate din material nemagnetic. Tubul de consolidare, **3**, are rolul de a elimina efectul de ventilator al rotorului, diminuând vibrațiile și zgomotele potențiale, precum și cuplul de frecări vâscoase. Astfel, tubul de consolidare, **3**, permite îmbunătățirea randamentului MSR. (Se propune



ca materialul din care este confecționat tubul de consolidare, **3**, să fie titan sau alt material rezistent mecanic, nemagnetic și subțire, pentru a nu crește întrefierul real al MSR.) Cuplul către sarcină este transmis prin intermediul piesei cilindrice compacte cu două diametre, **6**, conectată la tubul de consolidare **3** prin sistemul de șină, **5a**, și lăcaș de ghidare, **5b**.

**Legendă:**

- 1-rotor cu tole axiale.  
2-stator cu crestături și înfășurare trifazată.  
3-tub de consolidare.  
4-spațiu de aer.  
5-șine conectare module rotor.

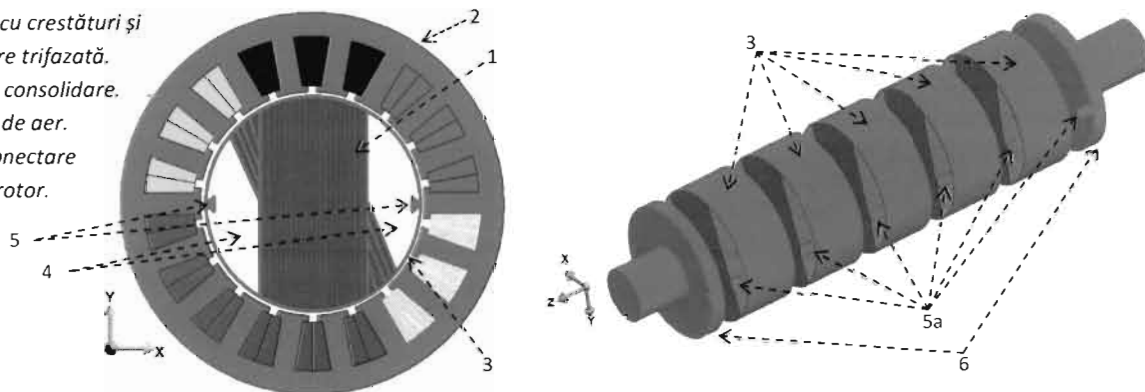
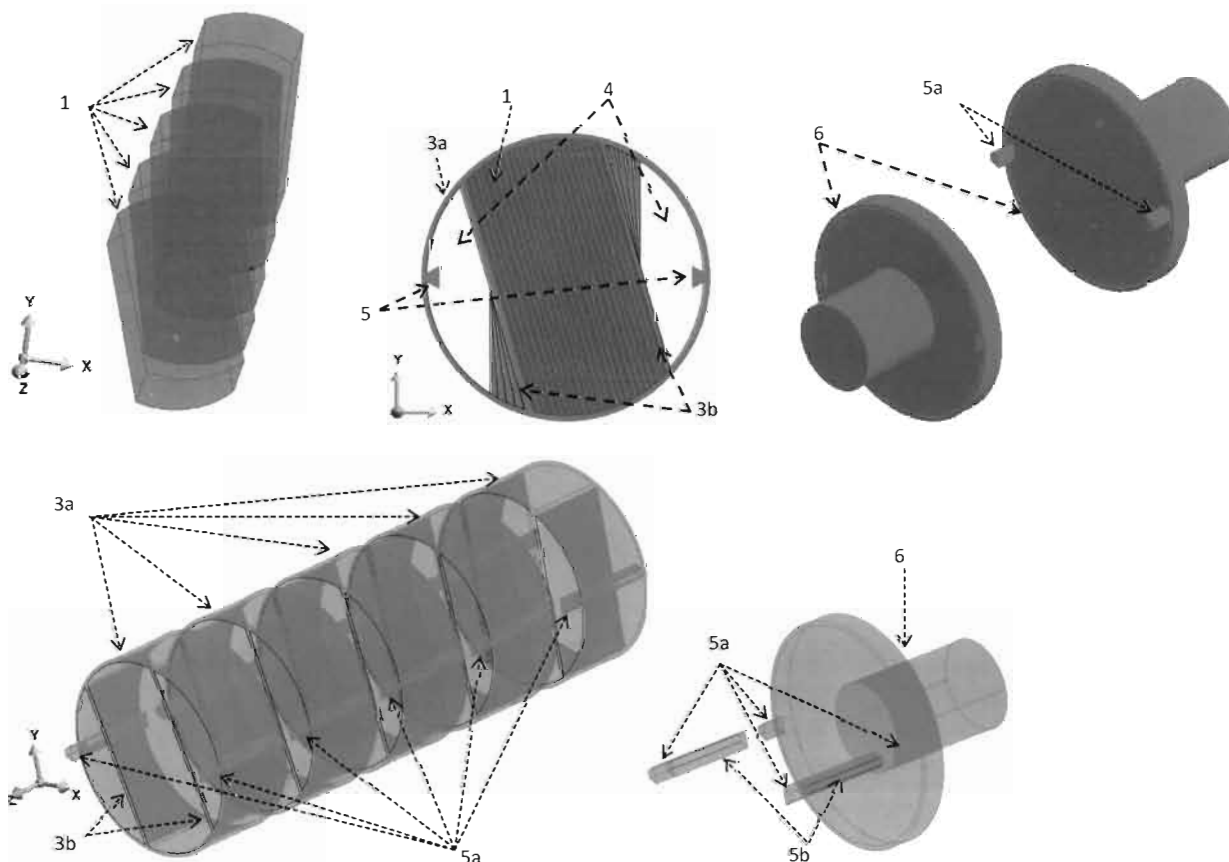


Fig.2. Vedere 2D a structurii MSR de doi poli cu rotor modular cu tole axiale (stânga) și a rotorului 3D 'explodat' (dreapta).



**Legendă:**

- 1-rotor modular cu tole axiale. 3a-tub nemagnetic de consolidare: formă cilindrică. 3b- tub nemagnetic de consolidare: formă de pereți drepiți. 4-spațiu gol (aer). 5a-șine nemagnetice, profil "tată". 5b- lăcaș de ghidare șine nemagnetice, profil "mamă". 6-piesă cilindrică compactă cu două diametre, folosită la conectarea la tubul nemagnetic de consolidare și la sarcină.

Fig.3. Vedere 2D, 3D, 'explodată' și transparentă a MSR de 2 poli, cu rotor modular și tole axiale.

**f. Prezentarea unuia sau mai multor exemple de realizare a invenției:**

Se dă în continuare un exemplu de realizare a acestei invenții, ca implementare practică. Pe baza figurilor 4, 5, 6, 7 și 8 se va explica metodologia de realizare și implementare a prezentei invenții.

Caracteristicile constructive și de funcționare ale motorului sunt explicate pe baza figurilor anexate în cele ce urmează:

- ❖ figura 4 - reprezintă vederea în secțiune a MSR de 2 poli, cu rotor modular și tole axiale;
- ❖ figura 5 - reprezintă o vedere 3D 'explodată' a rotorului modular cu tole axiale și tub de consolidare;
- ❖ figura 6 - reprezintă o vedere 3D (stânga) și o vedere 2D (dreapta) a rotorului, pentru a avea perspectiva modulelor de tole axiale decalate, precum și a tubului de consolidare;
- ❖ figura 7 - reprezintă o vedere 3D a pieselor cilindrice compacte cu două diametre folosite la conectarea rotorului la sarcină și sistemul șină-lăcaș de conectare la tubul de consolidare;
- ❖ figura 8 - reprezintă o vedere 3D cu detaliu asupra elementelor de interconectare a modulelor rotorului (șinele și lăcașurile de ghidare) și structura tubului de consolidare.

Conform figurilor indicate anterior, rotorul modular al MSR de doi poli magnetici, cu tole axiale, conține următoarele elemente:

- Miezul rotoric **1** din material de oțel electrotehnic este format din tole dispuse axial;
- Miezul rotoric **1** se compune de cinci module de tole axiale, decalate fiecare între ele cu un unghi corespunzător la 1/5 din pasul dentar al MSR. Astfel, pe toată lungimea mașinii înclinarea echivalentă a rotorului **1** va fi la un unghi corespunzător pasului dentar;
- Îmbinarea modulelor de rotor din tole axiale **1** se realizează folosind un tub de consolidare din material nemagnetic **3**, care are două componente circulare **3a** spre întrefierul MSR (folosite pentru a limita efectul de ventilator al rotorului **1**) precum și două componente drepte și paralele **3b** care să mențină compact tolele axiale în fiecare modul de rotor **1**;
- Tubul de consolidare **3** conține un spațiu de aer **4** între o componentă circulară **3a** și o componentă dreaptă **3b** a tubului nemagnetic de consolidare **3**;
- Îmbinarea a două module succesive de rotor cu tole axiale **1** se realizează cu ajutorul șinelor cu secțiune trapezoidală din material nemagnetic masiv **5a** (având profil de conector de tip "tată") care aparțin de un modul de rotor **1** și care glisează în lăcașul de ghidare **5b** de la modulul de rotor **1** imediat următor; aceste șine și lăcaș de ghidare sunt montate la interiorul componentei circulare **3a** a tubului de consolidare **3**;
- Transferul cuplului și turației înspre sarcină se realizează cu ajutorul unei piese cilindrice compacte **6** care are două nivele de diametru: un diametru care reprezintă axul MSR și se conectează la sarcină, iar al doilea diametru fiind conectat la tubul nemagnetic de consolidare **3**; conectarea piesei cilindrice compacte cu două diametre **6** la rotorul **1** se realizează prin sistemul de șine **5a** care glisează în lăcașul de ghidare **5b** al tubului nemagnetic de consolidare **3**.

**g. Prezentarea avantajelor rezultate din aplicarea invenției:**

Prezenta invenție oferă o serie de avantaje, enumerate în continuare:

- Utilizarea tolelor axiale la structura de doi poli oferă avantajul maximizării factorului de putere al MSR.

- Configurația de rotor pasiv, cu 2 poli magnetici și tole axiale oferă cel mai mare raport de inductanțe, determinând astfel funcționarea în cea mai largă plajă de valori de viteză.
- Limitarea numărului de poli magnetici permite utilizarea celei mai reduse frecvențe de alimentare posibile la o viteză dată, efectul fiind diminuarea pierderilor în fier și creșterea randamentului.
- Construirea modulară a rotorului permite o diminuare importantă a riplurilor de cuplu, precum și reducerea vibrațiilor și a zgomotului din mașină, fără a limita nivelul cuplului prin reducerea forței magnetomotoare (lucru care se petrece la înclinarea statorului).
- În soluțiile cu tole axiale existente pe piață consolidarea acestora se realizează de obicei cu șuruburi care perforează tolele, determinând o suprasaturație locală. În cazul MSR propus în acest brevet de invenție cuplarea a două module consecutive se realizează cu un sistem de conectare prin presiune, fără nici un șurub, folosind un tub nemagnetic de consolidare pentru care prinderea modulelor consecutive se face la nivelul unui sistem șină-lăcaș de ghidare din material nemagnetic plasat pe partea circulară a tubului de consolidare (șina din material nemagnetic masiv de la un modul, având profil "tată", glisând în lăcașul de ghidare al modului următor, de profil "mamă").
- Rotorul conține un cilindru de consolidare care determină un întrefier geometric constant pe circumferința rotorului, lucru care implică eliminarea efectului de ventilator al rotorului clasic al MSR, și prin urmare și limitarea vibrațiilor, zgomotelor și a cuplului de frecări vâscoase; având în vedere că acest tub de consolidare are două spații de aer pe modul, între partea cilindrică și cea cu pereți drepecți, inerția MSR nu este afectată.
- Cuplul motorului este transmis la sarcină cu ajutorul unei piese cilindrice compacte având două diametre, un diametru fiind în fapt axul motorului, iar al doilea diametru este conectat la extremitatea tușului nemagnetic de consolidare prin același sistem de șine și lăcaș de ghidare, fără a folosi șuruburi sau elemente care să perforeze partea activă a miezului rotoric.

#### **h. Referințe Bibliografice**

- [1] Self-cascaded reluctance motor with axially laminated rotor, US 4459502 A, 10 July 1984, Inventors Ahmed M. El-Antably, Applicant Westinghouse Electric Corp.
- [2] Reluctance type synchronous motor, US 5801478 A, 1 Sep 1998, Inventors Masayuki Nashiki, Applicant Okuma Corporation.
- [3] Rotor for a synchronous reluctance machine, US 6064134 A, 16 May 2000, Inventors Ahmed Mostafa El-Antably, Moshen M. Erfanfar, Ronald Allen Martin, Applicant General Motors Corporation.
- [4] Reluctance motor having magnetic poles formed by laminating steel plates in circumferential direction, EP 0818870 A1, Publication date 14 Jan 1998, Inventors Masaru Hirako, Yasutomo Kawabata, Tetsuya Miura, Applicant Toyota Jidosha Kabashuki Kaisha.
- [5] Modular Rotor For Synchronous Reluctance Machine, US 20120146448 A1, Publication date 14 Jun 2012, Inventors Reza Rajabi Moghaddam, Yujing Liu, Cedric Monnay, Pierluigi Tenca.

**i. Redactarea revendicărilor:**

1. Rotorul cu doi poli magnetici și tole dispuse axial, **1**, are o configurație inclinată, bazată pe piesele modulare ale rotorului.
2. Tolele axiale ale rotorului, **1**, sunt menținute cu pereți de consolidare paraleli din material nemagnetic, **3b**, fără niciun șurub care să poată pătrunde în tole și prin aceasta să producă saturație și căldură locală a rotorului.
3. Fiecare modul al rotorului **1**, având partea cilindrică, **3a**, a tubului nemagnetic de consolidare, **3**, înspre întrefier, va avea ca efect obținerea unui întrefier constant în MSR, lucru care împiedică efectul de ventilator al rotorului **1**, reducând vibrațiile, zgomotele și cuplul de frecări vâscoase.
4. Tubul de consolidare are două spații de aer, **4**, astfel încât nu se mărește greutatea și nici inerția rotorului **1**.
5. Un modul de rotor **1** este conectat la următorul modul, prin presare, prin intermediul a două șine trapezoidale masive, **5a**, care aparțin de un prim modul de rotor **1** și care sunt introduse în două lăcașe de ghidare, **5b**, ale modulului de rotor **1** alăturat; astfel, nu se folosesc șuruburi pentru consolidarea tolelor axiale ale rotorului **1**.
6. Cuplul rotorului modular cu tole axiale, **1**, este transmis la sarcină printr-o piesă cilindrică compactă cu două diametre, **6**, care se conectează la tubul nemagnetic de consolidare **3** prin intermediul unui sistem similar de șine de ghidare, **5a**, și lăcaș de ghidare, **5b**, fără a folosi niciun șurub.

i. Întocmirea desenelor:

**Legendă:**

1-rotor cu tole axiale.

2-stator cu creștături și  
înfășurare trifazată.

3-tub de consolidare.

4-spațiu de aer.

5-șine conectare  
module rotor.

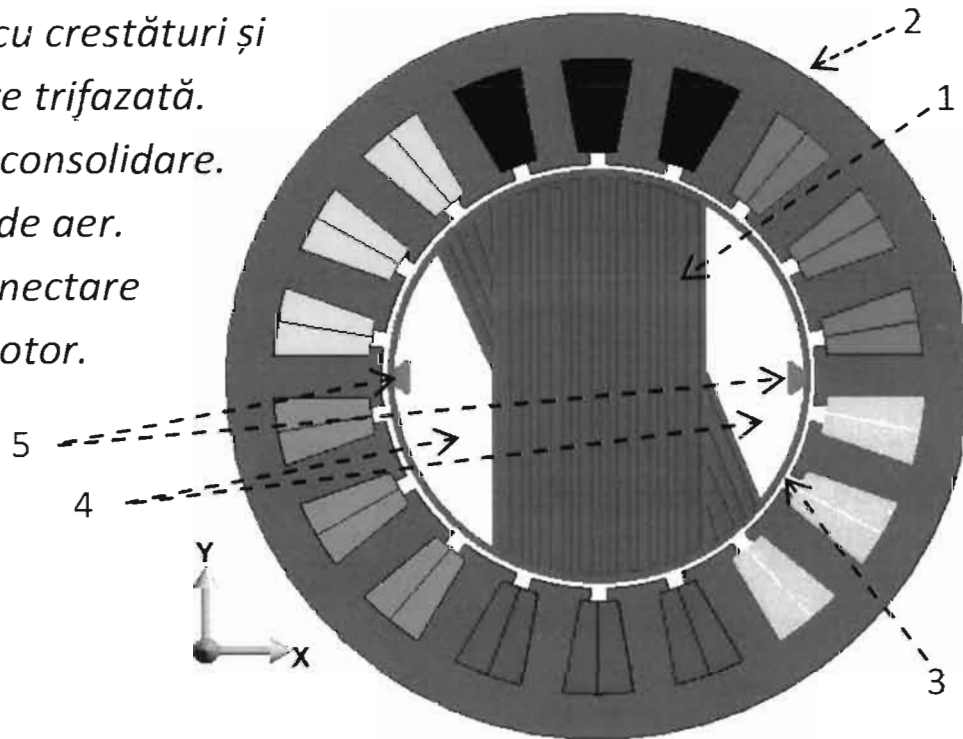


Fig.4. Vedere în secțiune a MSR de 2 poli, cu rotor modular și tole axiale.

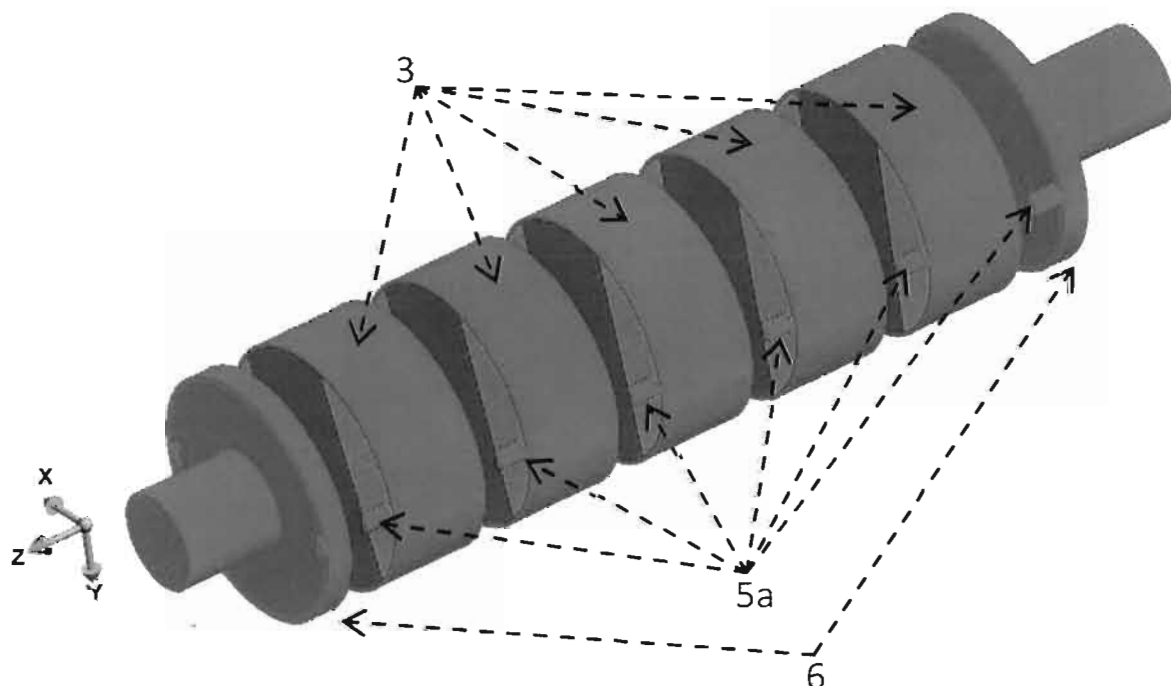


Fig.5. Vedere 3D a rotorului 'explodat' modular, cu tole axiale și tub nemagnetic de consolidare.



**Legendă (figuri 6-8):**

1-rotor modular cu tole axiale. 3a-tub nemagnetic de consolidare: formă cilindrică. 3b- tub nemagnetic de consolidare: formă de pereți drepti. 4-spațiu gol (aer). 5a-șine nemagnetice, profil "tată". 5b- lăcaș de ghidare șine, profil "mamă". 6-piesă cilindrică compactă cu două diametre pentru prinderea la tubul nemagnetic de consolidare și la sarcină.

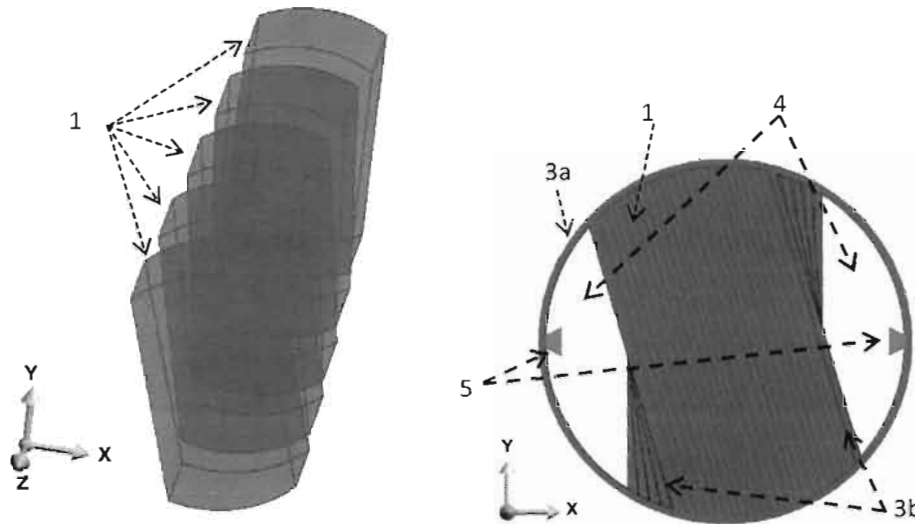


Fig.6. Vedere 3D a rotorului MSR cu rotor modular cu unghi de decalaj de crestătură (stânga) și vedere 2D cu rotorul cu tole axiale și tubul nemagnetic de consolidare (dreapta).

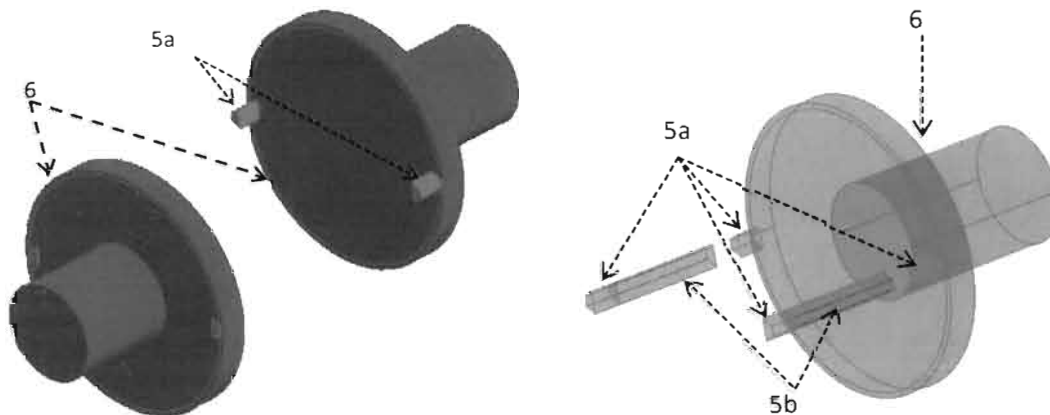


Fig.7. Vedere 3D a pieselor cilindrice compacte cu două diametre folosite pentru transmiterea cuplului sarcină (stânga) și detaliu cu sistemul de șine-lăcaș de ghidare folosit pentru conectarea la tubul nemagnetic de consolidare.

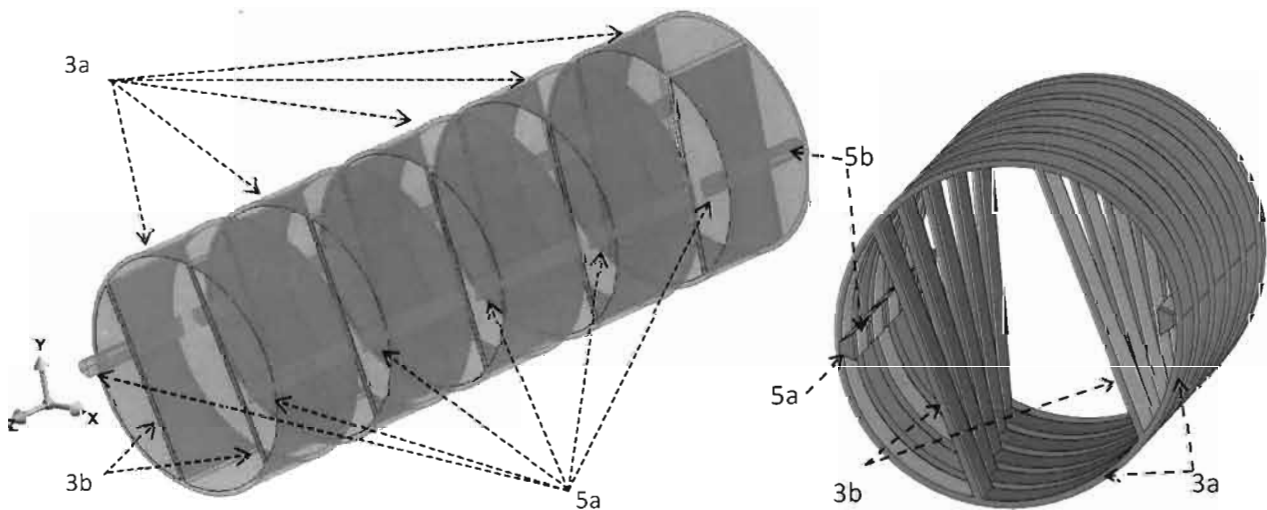


Fig.8. Vedere 3D cu detaliu asupra elementelor de interconectare a modulelor rotorului (stânga) și configurația tubului nemagnetic de consolidare (dreapta).

**a. Titlul Invenției:****Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale****b. Precizarea domeniului de aplicare a invenției:**

Invenția se referă la un motor electric dedicat sistemelor de antrenare electrică cu viteză variabilă în general, folosit în particular pentru propulsia vehiculelor electrice.

**c. Precizarea stadiului cunoscut al tehnicii în domeniul obiectului invenției, cu menționarea dezavantajelor soluțiilor tehnice cunoscute:**

Un motor sincron reactiv (MSR) funcționează pe principiul alinierii rotorului (pasiv) cu câmpul magnetic produs de înfășurarea polifazată statorică alimentată în curent alternativ. MSR este special dedicat aplicațiilor cu plajă largă de funcționare în viteză, fiind caracterizat de un raport ridicat al inductivităților pe cele două axe: cea directă (axa  $d$  a mașinii) și cea în cuadratură (axa  $q$  a mașinii). MSR are, de asemenea, un avantaj clar în ceea ce privește costul redus al materiei prime din care este confecționat, în componența sa intrând doar cupru și oțel electrotehnic. Statorul poate avea o configurație comună de înfășurare distribuită, similară motoarelor de inducție polifazate. Pe de altă parte, construcția rotorului MSR este de obicei particulară, [1]-[5], datorită barierelor de flux ale rotorului pasiv, vezi Fig.1a, sau a tolelor dispuse axial (și a barierelor de flux corespunzătoare), vezi Fig.1b. În primul rând structura cu rotor masiv (Fig.1a) prezintă avantajul simplității constructive, în schimb implică încălzire locală și pierderi fier mai mari, precum și vibrații și zgomot datorită efectului de ventilator al rotorului cu întrefier variabil. Dispunerea axială a tolelor ca în Fig.1b, de obicei pentru structuri de 4 poli magnetici (un număr mai mare de poli fiind greu de realizat) prezintă două avantaje majore: în primul rând această structură permite un câștig în viteză de până la 20 de ori în regim de slăbire de flux, iar apoi factorul de putere poate ajunge la valori similare motoarelor de inducție (nu și în cazul structurii din Fig.1a). Structura cu tole axiale (Fig.1b) prezintă două dezavantaje majore: în primul rând prezența șuruburilor necesare prinderii tolelor la ax produce o saturație locală la perforarea tolelor; în al doilea rând, tăierea tolă cu tolă la lungime corespunzătoare, în vederea construirii unui rotor perfect cilindric, determină o creștere a complexității și a costului de fabricație a acestui MSR. Un dezavantaj comun al celor două configurații amintite de MSR este nivelul ridicat al riplurilor de cuplu, care limitează capacitatea controlului și care, în plus, induce vibrații și zgomote suplimentare la turații înalte.

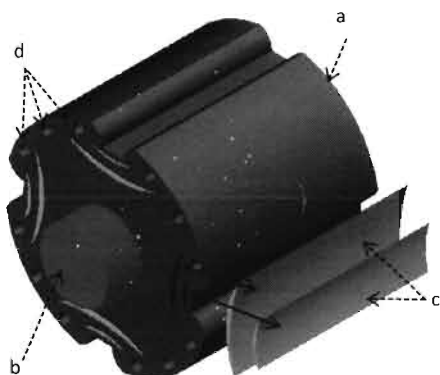


Fig.1a. Rotor masiv de MSR cu bariere de flux.

**Legendă :**  
*a-fier masiv.*  
*b-ax.*  
*c-bariere de flux.*  
*d-orificii pentru înfășurare de amortizare.*

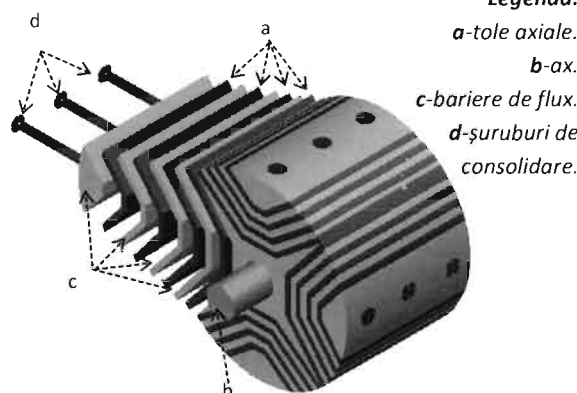


Fig.1b. MSR cu tole axiale (prinse cu șuruburi) și bariere de flux.

**Legendă:**  
*a-tole axiale.*  
*b-ax.*  
*c-bariere de flux.*  
*d-șuruburi de consolidare.*

*D. Fodorean*

**d. Problema tehnică pe care o rezolvă invenția:**

Beneficiind de avantajul simplității, a costului redus pentru materia primă (nu conține magneți) și a capacității de a funcționa în plajă largă de viteze, MSR poate fi o soluție pentru propulsia vehiculelor electrice, în contextul politic și economic actual. În schimb, cele mai importante provocări la propunerea unui MSR sunt obținerea unui raport ridicat de inductanțe, limitarea riplurilor de cuplu și a zgomotului, și îmbunătățirea randamentului și a factorului de putere.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția cu titlu " **Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale**" constă în propunerea unei noi structuri de rotor de MSR. Aici, tolele axiale rotorice (dispuse în module decalate) și axul care compun rotorul se îmbină într-un tub nemagnetic de consolidare, folosind un sistem de interconectare de tip șină-locaș de ghidare. Așadar, se obține un rotor de doi poli magnetici cu tole axiale, fără a folosi șuruburi care să penetreze tolele și să afecteze comportamentul magnetic și structural al MSR. Alura de tub de consolidare este menită nu doar să consolideze tolele axiale, dar și să determine obținerea unui întrefier constant al MSR, astfel încât efectul de ventilator al rotorului să fie eliminat, implicit reducându-se vibrațiile și zgomotele produse la viteze ridicate. O soluție pentru limitarea riplurilor la MSR ar fi înclinarea statorului, însă aceasta ar limita factorul de bobinaj și prin urmare și cuplul produs de motor. Pe de altă parte, prin "înclinarea" rotorului (compus din module de tole axiale decalate), nu se afectează capacitatea de cuplu a statorului, riplurile MSR fiind mai reduse.

**e. Prezentarea soluției tehnice a invenției:**

Motorul sincron reactiv cu 2 poli magnetici, cu rotor modular și tole axiale, care cuprinde un rotor (1) cu doi poli magnetici și tole dispuse axial și un stator (2), rotorul (1) fiind înclinat prin realizarea sa din cinci module de tole axiale, decalate unul față de altul cu 1/5 din unghiul pasului danturii, tolele axiale fiind împachetate împreună pentru a forma un tub de consolidare (3), realizat din material nemagnetic și compus din elemente circulare (3a) și doi pereți paraleli și drepecți (3b), fiecare modul al tubului de consolidare (3) având două spații de aer (4) folosite pentru a preveni creșterea inerției motorului, la nivelul spațiilor de aer (4) modulele consecutive fiind interconectate cu ajutorul unor șine (5a) de formă trapezoidală, având un profil de conector tip "tată" care voi fi introduse în niște locașuri de ghidare (5b) prevăzute în partea inferioară a tubului de consolidare (3) având un profil de conector tip "mamă", transferul cuplului de la motor la o sarcină oarecare realizându-se prin intermediul pieselor cilindrice cu două diametre (6) care sunt conectate la rotorul modular (1) prin intermediul unui sistem similar de șine de ghidare (5a) și locaș de ghidare (5b).

**f. Prezentarea unuia sau mai multor exemple de realizare a invenției:**

Se dă în continuare un exemplu de realizare a acestei invenții, ca implementare practică. Pe baza figurilor 2, 3, 4, 5 și 6 se va explica metodologia de realizare și implementare a prezentei invenții.

Caracteristicile constructive și de funcționare ale motorului sunt explicate pe baza figurilor anexate în cele ce urmează:

- ❖ figura 2 - reprezintă vederea în secțiune a MSR de 2 poli, cu rotor modular și tole axiale;
- ❖ figura 3 - reprezintă o vedere 3D 'explodată' a rotorului modular cu tole axiale și tub de consolidare;
- ❖ figura 4 - reprezintă o vedere 3D (stânga) și o vedere 2D (dreapta) a rotorului, pentru a avea perspectiva modulelor de tole axiale decalate, precum și a tubului de consolidare;
- ❖ figura 5 - reprezintă o vedere 3D a pieselor cilindrice compacte cu două diametre folosite la conectarea rotorului la sarcină și sistemul șină-locaș de conectare la tubul de consolidare;
- ❖ figura 6 - reprezintă o vedere 3D cu detaliu asupra elementelor de interconectare a modulelor rotorului (șinele și locașurile de ghidare) și structura tubului de consolidare.

Conform figurilor indicate anterior, rotorul modular al MSR de doi poli magnetici, cu tole axiale, conține următoarele elemente:

- Miezu rotoric (1) din material de oțel electrotehnic este format din tole dispuse axial;
- Miezu rotoric (1) se compune de cinci module de tole axiale, decalate fiecare între ele cu un unghi corespunzător la 1/5 din pasul dentar al MSR. Astfel, pe toată lungimea mașinii înclinarea echivalentă a rotorului (1) va fi la un unghi corespunzător pasului dentar;
- Îmbinarea modulelor de rotor din tole axiale (1) se realizează folosind un tub de consolidare din material nemagnetic (3), care are două componente circulare (3a) spre întrefierul MSR, folosite pentru a limita efectul de ventilator al rotorului (1), precum și două componente drepte și paralele (3b) care să mențină compact tolele axiale în fiecare modul de rotor (1);
- Tubul de consolidare (3) conține un spațiu de aer (4) între o componentă circulară (3a) și o componentă dreaptă (3b) a tubului nemagnetic de consolidare (3);
- Îmbinarea a două module succesive de rotor cu tole axiale (1) se realizează cu ajutorul șinelor cu secțiune trapezoidală din material nemagnetic masiv (5a) (având profil de conector de tip "tată") care aparțin de un modul de rotor (1) și care glisează în locașul de ghidare (5b) de la modulul de rotor (1) imediat următor; aceste șine și locaș de ghidare sunt montate la interiorul componentei circulare (3a) a tubului de consolidare (3);
- Transferul cuplului și turației înspre sarcină se realizează cu ajutorul unei piese cilindrice compacte (6) care are două nivele de diametru: un diametru care reprezintă axul MSR și se conectează la sarcină, iar al doilea diametru fiind conectat la tubul nemagnetic de consolidare (3); conectarea piesei cilindrice compacte cu două diametre (6) la rotorul (1) se realizează prin sistemul de șine (5a) care glisează în locașul de ghidare (5b) al tubului nemagnetic de consolidare (3).

**g. Prezentarea avantajelor rezultate din aplicarea invenției:**

Prezenta invenție oferă o serie de avantaje, enumerate în continuare:

- Utilizarea tolelor axiale la structura de 2 poli oferă avantajul maximizării factorului de putere al MSR.
- Configurația de rotor pasiv, cu 2 poli magnetici și tole axiale oferă cel mai mare raport de inductanțe, determinând astfel funcționarea în cea mai largă plajă de valori de viteză.
- Limitarea numărului de poli magnetici permite utilizarea celei mai reduse frecvențe de alimentare posibile la o viteză dată, efectul fiind diminuarea pierderilor în fier și creșterea randamentului.
- Construirea modulară a rotorului permite o diminuare importantă a riplurilor de cuplu, precum și reducerea vibrațiilor și a zgomotului din mașină, fără a limita nivelul cuplului prin reducerea forței magnetomotoare (lucru care se petrece la înclinarea statorului).
- În soluțiile cu tole axiale existente pe piață consolidarea acestora se realizează de obicei cu șuruburi care perforază tolele, determinând o suprasaturație locală. În cazul MSR propus în acest brevet de invenție cuplarea a două module consecutive se realizează cu un sistem de conectare prin presiune, fără nici un șurub, folosind un tub nemagnetic de consolidare pentru care prinderea modulelor consecutive se face la nivelul unui sistem șină-locaș de ghidare din material nemagnetic plasat pe partea circulară a tubului de consolidare (șina din material nemagnetic masiv de la un modul, având profil "tată", glisând în locașul de ghidare al modului următor, de profil "mamă").
- Rotorul conține un cilindru de consolidare care determină un întrefier geometric constant pe circumferința rotorului, lucru care implică eliminarea efectului de ventilator al rotorului clasic al MSR, și prin urmare și limitarea vibrațiilor, zgomotelor și a cuplului de frecări vâscoase; având în vedere că acest tub de consolidare are două spații de aer pe modul, între partea cilindrică și cea cu pereți drepecți, inerția MSR nu este afectată.
- Cuplul motorului este transmis la sarcină cu ajutorul unei piese cilindrice compacte având două diametre, un diametru fiind în fapt axul motorului, iar al doilea diametru este conectat la extremitatea tubului nemagnetic de consolidare prin același sistem de șine și locaș de ghidare, fără a folosi șuruburi sau elemente care să perforzeze partea activă a miezului rotoric.

#### **h. Referințe Bibliografice**

- [1] Self-cascaded reluctance motor with axially laminated rotor, US 4459502 A, 10 July 1984, Inventors Ahmed M. El-Antably, Applicant Westinghouse Electric Corp.
- [2] Reluctance type synchronous motor, US 5801478 A, 1 Sep 1998, Inventors Masayuki Nashiki, Applicant Okuma Corporation.
- [3] Rotor for a synchronous reluctance machine, US 6064134 A, 16 May 2000, Inventors Ahmed Mostafa El-Antably, Moshen M. Erfanfar, Ronald Allen Martin, Applicant General Motors Corporation.
- [4] Reluctance motor having magnetic poles formed by laminating steel plates in circumferential direction, EP 0818870 A1, Publication date 14 Jan 1998, Inventors Masaru Hirako, Yasutomo Kawabata, Tetsuya Miura, Applicant Toyota Jidosha Kabashuki Kaisha.
- [5] Modular Rotor For Synchronous Reluctance Machine, US 20120146448 A1, Publication date 14 Jun 2012, Inventors Reza Rajabi Moghaddam, Yujing Liu, Cedric Monnay, Pierluigi Tenca.

**i. Redactarea revendicărilor:**

Motorul sincron reactiv cu 2 poli magnetici, cu rotor modular și tole axiale, care cuprinde un rotor (1) cu doi poli magnetici și tole dispuse axial și un stator (2), rotorul (1) fiind înclinat prin realizarea sa din cinci module de tole axiale, decalate unul față de altul cu 1/5 din unghiul pasului danturii, tolele axiale fiind împachetate împreună pentru a forma un tub de consolidare (3), realizat din material nemagnetic și compus din elemente circulare (3a) și doi pereți paraleli și drepți (3b), fiecare modul al tubului de consolidare (3) având două spații de aer (4) folosite pentru a preveni creșterea inerției motorului, la nivelul spațiilor de aer (4) modulele consecutive fiind interconectate cu ajutorul unor șine (5a) de formă trapezoidală, având un profil de conector tip "tată" care voi fi introduse în niște locașuri de ghidare (5b) prevăzute în partea inferioară a tubului de consolidare (3) având un profil de conector tip "mamă", transferul cuplului de la motor la o sarcină oarecare realizându-se prin intermediul pieselor cilindrice cu două diametre (6) care sunt conectate la rotorul modular (1) prin intermediul unui sistem similar de șine de ghidare (5a) și locaș de ghidare (5b).

1. *Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale* **caracterizat prin aceea că** rotorul cu tole dispuse axial (1) are o configurație înclinată bazată pe piesele modulare ale rotorului.
2. *Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale* **caracterizat prin aceea că** tolele axiale ale rotorului (1) sunt menținute cu pereți de consolidare paraleli din material nemagnetic (3b) fără niciun șurub care să poată pătrunde în tole și prin aceasta să producă saturație și căldură locală a rotorului.
3. *Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale* **caracterizat prin aceea că** fiecare modul al rotorului (1) având partea cilindrică (3a) a tubului nemagnetic de consolidare (3) înspre întrefier, va avea ca efect obținerea unui întrefier constant în MSR, lucru care împiedică efectul de ventilator al rotorului (1) reducând vibrațiile, zgomotele și cuplul de frecări vâscoase.
4. *Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale* **caracterizat prin aceea că** tubul de consolidare are două spații de aer (4) astfel încât nu se mărește greutatea și nici inerția rotorului (1).
5. *Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale* **caracterizat prin aceea că** un modul de rotor cu tole axiale (1) este conectat la următorul modul prin presare, prin intermediul a două șine trapezoidale masive (5a) care aparțin de un prim modul de rotor (1) și care sunt introduse în două locașuri de ghidare (5b) ale modulului de rotor (1) alăturat, nefolosindu-se astfel șuruburi pentru consolidarea tolelor axiale ale rotorului (1).
6. *Motor Sincron Reactiv de 2 Poli Magnetici, cu Rotor Modular și Tole Axiale* **caracterizat prin aceea că** transmiterea cuplului rotorului modular cu tole axiale (1) la sarcină se realizează printr-o piesă cilindrică compactă cu două diametre (6) care se conectează la tubul nemagnetic de consolidare (3) prin intermediul unui sistem similar de șine de ghidare (5a) și locaș de ghidare (5b) fără a folosi niciun șurub.

i. Întocmirea desenei:

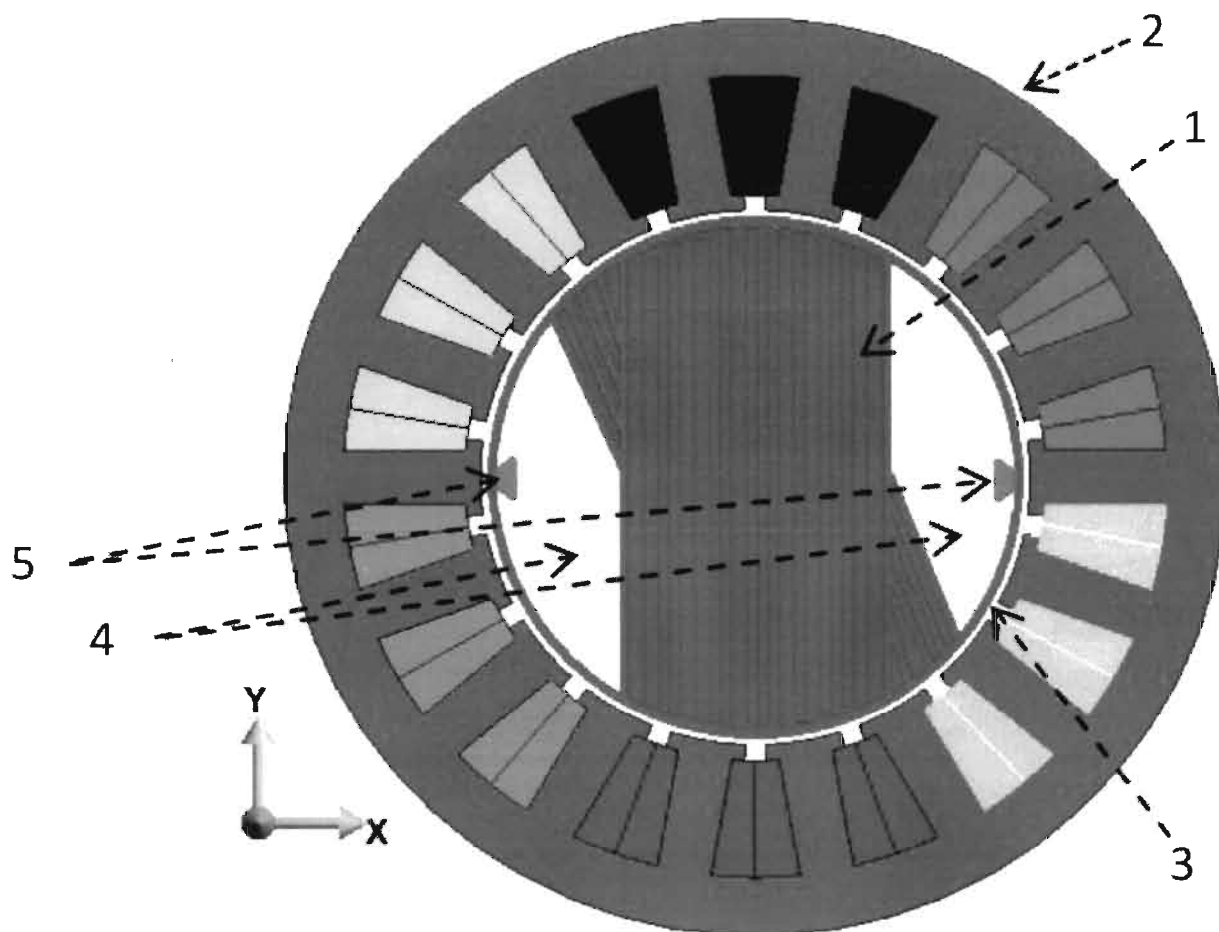


Fig.2 Vedere în secțiune a MSR de 2 poli, cu rotor modular și tole axiale.

*[Handwritten signature]*

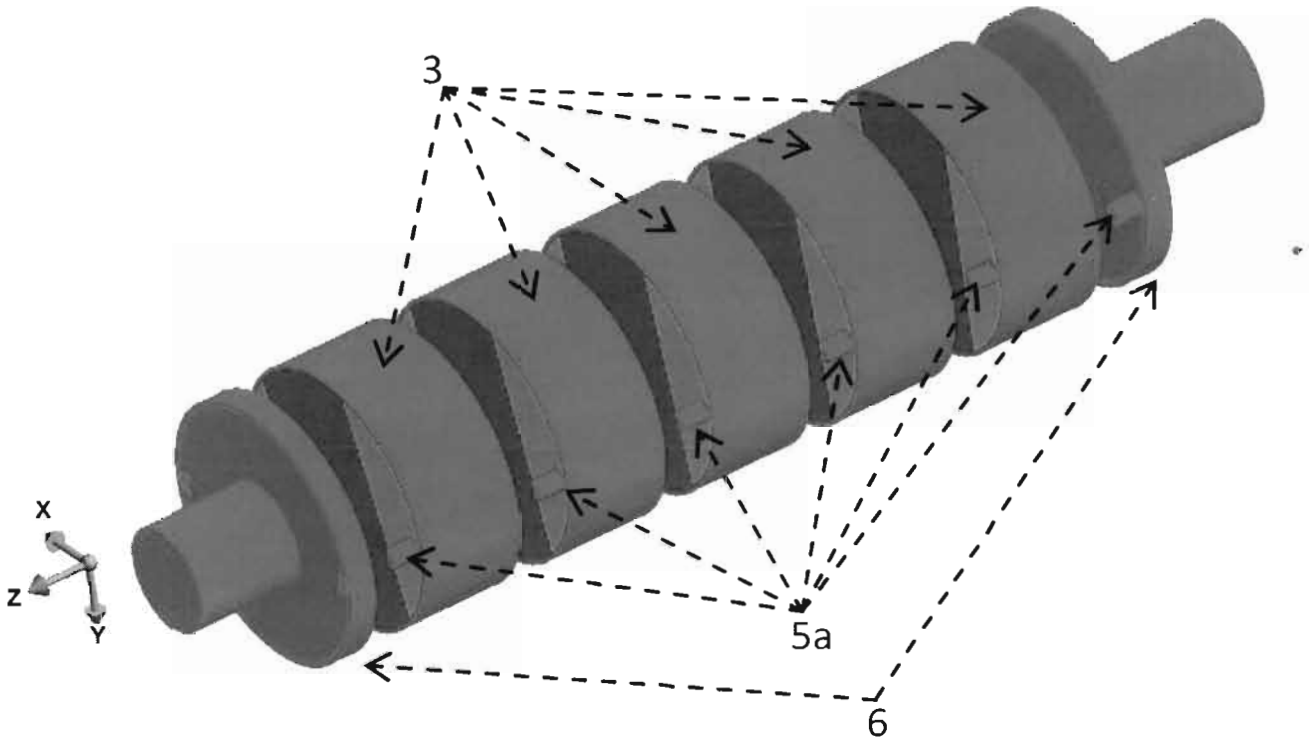


Fig.3 Vedere 3D a rotorului 'explodat' modular, cu tole axiale și tub nemagnetic de consolidare.

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page.



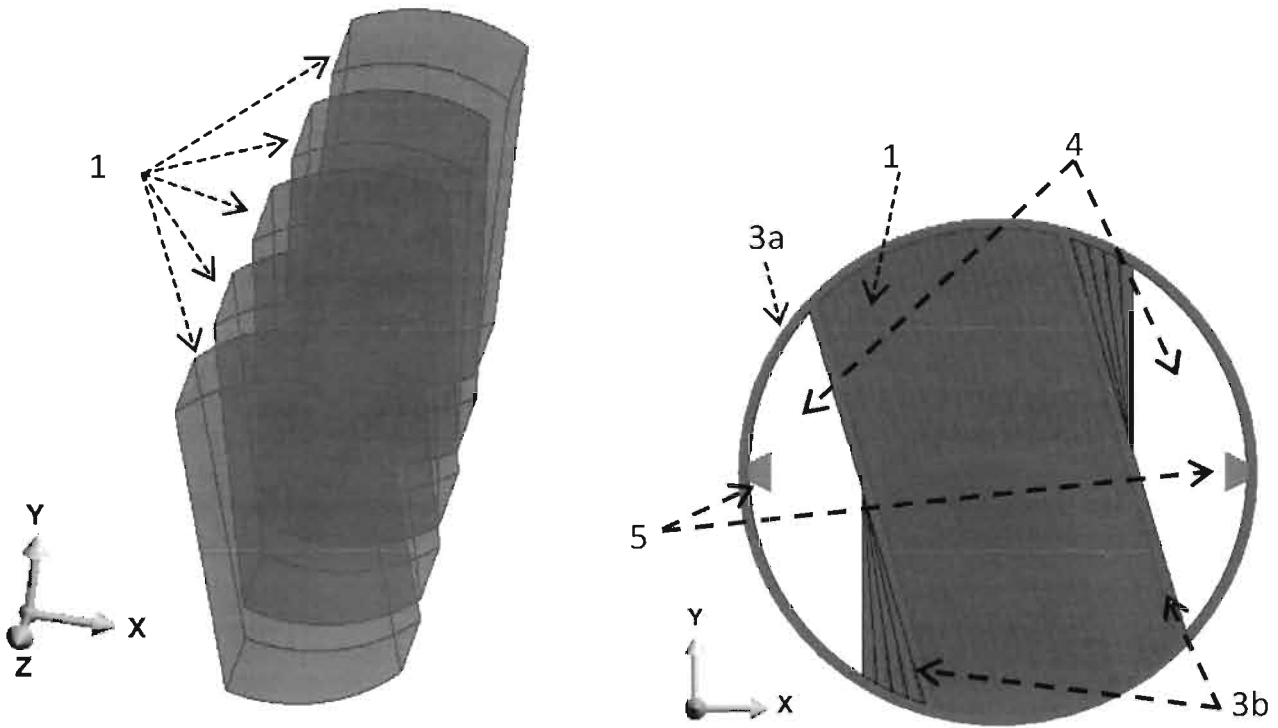


Fig.4 Vedere 3D a rotorului MSR cu rotor modular cu unghi de decalaj de dentaură (stânga) și vedere 2D cu rotorul cu tole axiale și tubul nemagnetic de consolidare (dreapta).

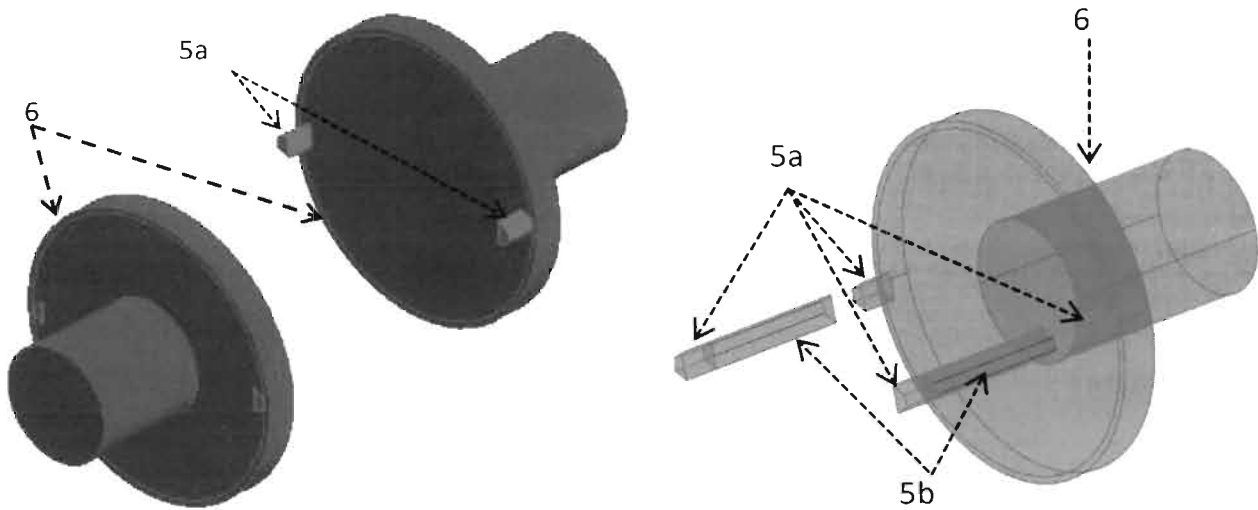


Fig.5 Vedere 3D a pieselor cilindrice compacte cu două diametre folosite pentru transmiterea cuplului la sarcină (stânga) și detaliu cu sistemul de șine-locăș de ghidare folosit pentru conectarea la tubul nemagnetic de consolidare.

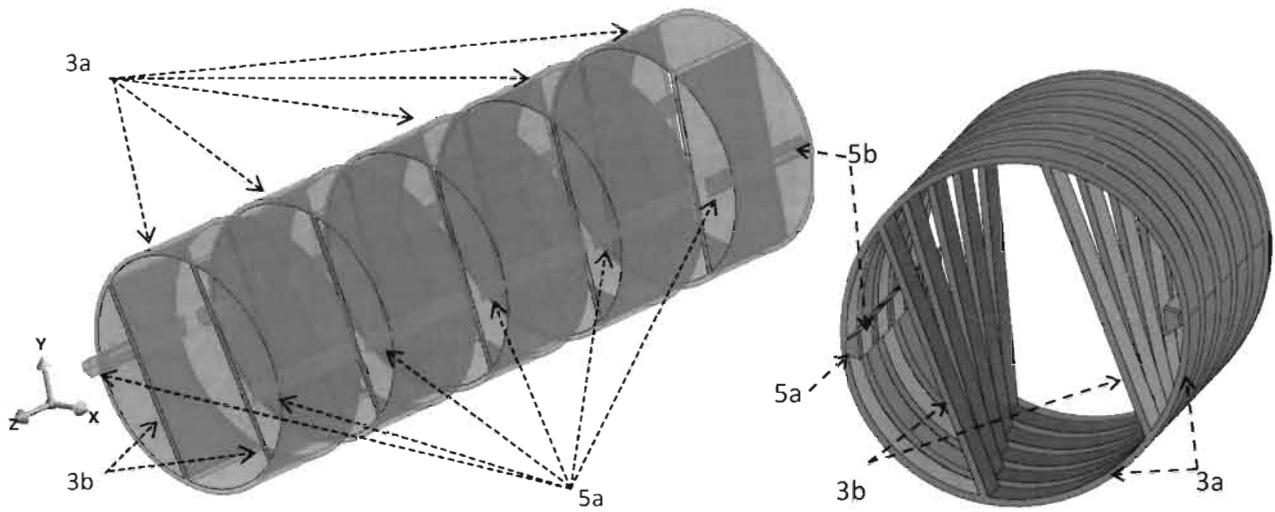


Fig.6 Vedere 3D cu detaliu asupra elementelor de interconectare a modulelor rotorului (stânga) și configurația tubului nemagnetic de consolidare (dreapta).