



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2009 00932**

(22) Data de depozit: **16.11.2009**

(41) Data publicării cererii:  
**30.08.2011** BOPI nr. **8/2011**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL DE PROIECTĂRI PENTRU  
MAȘINI ELECTRICE ICPE - ME S.A.,  
STR. TUDOR VLADIMIRESCU NR.45,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:  
• **TUDORACHE TIBERIU, STR. MOINEȘTI  
NR.5, BL.130, SC.A, AP.33, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **POPESCU MIHAIL, STR.FLOAREA ROȘIE  
NR. 4, BL. 55, ET.1, SC.1, AP.5, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **METODE DE REDUCERE A CUPLULUI PARAZIT DIN  
MAȘINA SINCRONĂ CU MAGNEȚI PERMANENȚI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la metode de reducere a cuplului parazit din mașina sincronă cu magneți permanenți. Prima metodă constă din aceea că penele de creștătură, realizate uzual din materiale electroizolante, se înlocuiesc cu pene executate din materiale moi compozite, având o formă geometrică ce permite închiderea istmului creștăturii, reținerea înfășurării în creștătură și asigurarea unei structuri aproape izotrope din punct de vedere magnetic, a miezului statoric, fără direcții de aliniere preferențiale ale inductorului mașinii electrice. A doua metodă constă în închiderea creștăturilor statorice folosind o coroană (sau mai multe sectoare de coroană cilindrică) realizată din materiale magnetice moi compozite, fixată de stator prin lipire și consolidată ulterior prin impregnare. A treia metodă constă din realizarea miezului magnetic statoric, în varianta cu

creștături închise, din două pachete de tole de tip coroane cilindrice concentrice, miezul interior, de tip coroană cilindrică, permițând introducerea înfășurărilor statorice în creștături, cele două coroane fiind asamblate separat și montate la final în mod concentric, după ce se introduc înfășurările în creștăturile statorice dinspre exteriorul coroanei circulare interioare a miezului statoric. Creștăturile statorice se izolează cu izolația de creștătură, înainte de introducerea înfășurării statorice în creștături, cele două miezuri de tip coroană cilindrică fiind fixate folosind un sistem de scoabe lungi, sudate adecvat, respectiv, rigidizate prin impregnare.

Revendicări: 3  
Figuri: 7



## METODE DE REDUCERE A CUPLULUI PARAZIT DIN MAȘINA SINCRONĂ CU MAGNEȚI PERMANENȚI

### DESCRIERE

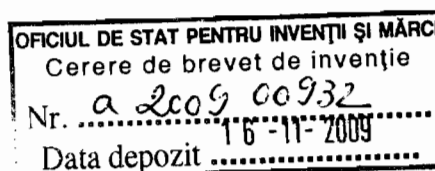
Mașinile electrice de tip sincron, ce utilizează magneți permanenți în construcția inductorului, sunt tot mai frecvent utilizate în industrie, în special datorită randamentului ridicat și a densității mari de energie pe unitatea de volum. Aplicațiile având la bază mașini sincrone cu magneți permanenți sunt extrem de numeroase în gama de puteri mici și foarte mici, tendința actuală fiind de extindere a domeniului lor de utilizare către game de puteri din ce în ce mai ridicate (generatoare eoliene, motoare de tracțiune etc.).

Un dezavantaj al mașinilor sincrone cu magneți permanenți este reprezentat de existența cuplurilor de agățare (cupluri parazite) care afectează în mod negativ funcționarea optimă a acestora. Cuplurile de agățare sunt datorate atracției reciproce dintre magneții permanenți montați pe rotor și armătura magnetică statorică. Fenomenul de atracție reciprocă apare datorită structurii magnetice neuniforme a miezului statoric ca urmare a prezenței creștăturilor deschise sau semideschise în care sunt montate înfășurările statorice. Interacțiunea dintre magneții permanenți rotorici și miezul magnetic statoric conduce la obținerea unor direcții preferențiale de energie magnetică minimă în lungul cărora rotorul mașinii tinde să se alinieze.

Invenția se referă la adoptarea unor tehnologii speciale de construcție a miezului statoric ce permit reducerea semnificativă a cuplurilor parazite la mașinile sincrone cu magneți permanenți în construcție normală.

Se cunosc mai multe metode de reducere a cuplului parazit, datorat prezenței magneților permanenți și a circuitelor magnetice cu reluctanță variabilă. În *T. Tudorache, L. Melcescu, M. Popescu, M. Cistelean: "Finite Element Analysis of Cogging Torque in Low Speed Permanent Magnets Wind Generators", ICREPQ 2008, Santander, Spania*, se prezintă o metodă de reducere a cuplurilor parazite prin înclinarea creștăturilor statorice. Această soluție de reducere a cuplului de agățare are o eficiență limitată și determină complicații tehnologice suplimentare la împachetarea tolelor statorice.

În *M. Lukaniszyn, R. Wróbel, M. Jagiela: "A Method for Reduction of Cogging Torque in PM Machines Using Stepped Magnets", ISEF 2003, Maribor, Slovenia*, se propune înclinarea magneților rotorici pentru reducerea cuplurilor parazite la mașina sincronă cu magneți permanenți.



Această soluție determină inconveniente de natură tehnologică, magneții fiind împărțiți în acest caz în direcție axială în mai multe segmente decalate geometric, efectul metodei fiind similar cu cel al înclinării creștăturilor statorice. În plus, fluxurile de dispersie dintre poli magnetici ai inductorului cresc cu înclinarea magneților iar inducțiile obținute în întrefier sunt mai reduse.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, care face obiectul prezentei documentații, constă în adoptarea unor tehnologii speciale de construcție a miezului statoric ce permit reducerea semnificativă a cuplurilor parazite la mașinile sincrone cu magneți permanenți în construcție normală.

Invenția, prin soluția tehnică propusă, înlătură dezavantajele soluțiilor prezentate mai sus prin aceea că permite reducerea semnificativă a cuplurilor parazite prin adoptarea unor tehnologii speciale de construcție a miezului statoric ce constau în:

- închiderea creștăturilor statorice cu ajutorul unor pene magnetice,
- construcția miezului statoric cu creștături deschise spre întrefier care ulterior sunt închise prin intermediul unei coroane cilindrice realizate din materiale magnetic moi compozite,
- construcția specială a miezului magnetic statoric din două pachete de tole sub forma unor coroane cilindrice concentrice ce permite obținerea unor creștături statorice închise.

Printre avantajele obținute prin aplicarea invenției se pot enumera:

- reducerea drastică a cuplului de agățare al mașinii sincrone cu magneți permanenți;
- asigurarea unei structuri statorice aproximativ izotrope din punct de vedere magnetic, fără direcții preferențiale de aliniere a polilor rotorici;
- tehnologie simplă de fabricație/asamblare a subansamblului stator;
- păstrarea liniei clasice de fabricație a mașinii sincrone, gradul de complexitate al construcției fiind păstrat în limite normale, similar tehnologiei clasice;
- reducerea timpilor de realizare a bobinajelor statorice în comparație cu varianta miezurilor statorice cu creștături închise realizate dintr-o singură coroană cilindrică.
- reducerea timpilor de realizare a subansamblului rotor în comparație cu soluția de înclinare a magneților.

Se dau în continuare trei exemple, nelimitative, în legătură cu figurile 1-7 care reprezintă:

- figura 1, Crestătură statorică închisă prin intermediul unei pene magnetice realizate din materiale magnetice moi compozite,
- figura 2, Crestătură statorică închisă prin intermediul unei coroane cilindrice realizate din materiale magnetice moi compozite,
- figura 3, Crestătură statorică închisă prin intermediul unor sectoare de coroană cilindrică realizate din materiale magnetice moi compozite,
- figura 4, Miez magnetic statoric cu crestături închise realizat din două coroane cilindrice concentrice,
- figura 5, Coroană cilindrică interioară obținută din tole ștanțate și împachetate ce permite bobinarea statorului prin exterior (vedere în secțiune),
- figura 6, Coroană cilindrică interioară obținută din tole ștanțate și împachetate ce permite bobinarea statorului prin exterior (vedere în spațiu),
- figura 7, Coroană cilindrică exterioară obținută din tole ștanțate și împachetate ce permite închiderea crestăturilor după bobinarea statorului prin exteriorul coroanei cilindrice interioare (vedere în spațiu).

Prima metodă de reducere a cuplurilor parazite la mașinile sincrone cu magneți permanenți conform invenției, constă în înlocuirea penelor realizate uzual din materiale electroizolante cu penele **2**, executate din materiale magnetice moi compozite, având o formă geometrică care permite închiderea istmului crestăturii, reținerea înfășurării **3** în crestătură și asigurarea unei structuri aproape izotrope, din punct de vedere magnetic, a miezului statoric, fără direcții de aliniere preferențiale ale inductorului mașinii electrice.

Cea de-a doua metodă de reducere a cuplurilor parazite la mașinile sincrone cu magneți permanenți constă într-o construcție specială a miezului statoric **1** cu crestături deschise spre întrefier care ulterior sunt închise prin intermediul unei coroane cilindrice **4** realizată din materiale magnetice moi compozite. Coroana cilindrică se fixează de pachetul statoric prin lipire, aceasta putând fi construită dintr-o singură bucată sau din mai multe sectoare de coroană cilindrică **5** și **6**, fixate fiecare în parte de pachetul statoric și între ele prin lipire. Structura rezultată se consolidează suplimentar din punct de vedere mecanic prin procedeul de impregnare aplicat ulterior întregului subansamblu stator. Forma geometrică particulară a sectoarelor de coroană cilindrică **5** și **6** împiedică în mod natural deplasarea acestora spre întrefier.

Această soluție permite utilizarea tehnologiei clasice de bobinare a statorului, creștăturile statorice fiind închise ulterior prin intermediul coroanei 4 (sau prin intermediul sectoarelor de coroană cilindrică 5 și 6) realizate din materiale magnetice moi compozite. Astfel, structura magnetică a miezului statoric spre întrefier, obținută prin adoptarea soluției constructive propuse, este relativ izotropă, determinând cupluri de agățare reduse. Datorită tehnologiilor avansate de elaborare existente, materialele magnetice moi compozite permit la ora actuală turnarea cu ușurință în forme complexe, prezintă o bună prelucrabilitate mecanică prin așchiere și pot fi utilizate eficient la realizarea coroanei sau sectoarelor de coroană pentru închiderea creștăturilor statorice a mașinilor electrice.

Cea de-a treia măsură constructivă propusă constă dintr-o construcție specială a miezului magnetic statoric din două pachete de tole sub forma unor coroane cilindrice concentrice 7 și 8. Această soluție conduce la obținerea unui miez magnetic cu creștături închise spre întrefier permițând totodată o bobinare simplă și eficientă a statorului. Astfel, închiderea creștăturilor statorice prin aplicarea măsurii constructive propuse determină o structură relativ omogenă din punct de vedere magnetic a miezului magnetic, forțele de atracție dintre magneți și armătura statorică fiind reduse drastic, iar cuplul de agățare deasemenea. Pachetul interior 8 de tip coroană cilindrică a miezului statoric, include dinții și creștăturile închise spre întrefier și semideschise spre exterior, iar coroana exterioară 7, include jugul statoric. Construcția miezului statoric din două pachete 7 și 8 de tip coroană cilindrică permite utilizarea tehnologiei clasice de bobinare a statorului dinspre partea exterioară a coroanei interioare. Această soluție permite obținerea unor cupluri de agățare foarte reduse datorită structurii magnetice relativ omogene a miezului statoric spre întrefier ca urmare a închiderii creștăturilor. Cele două coroane 7 și 8 realizate fiecare din pachete de tole izolate se presează independent, coroana exterioară fiind dispusă concentric în raport cu coroana interioară. Cele două coroane 7 și 8 se assemblează împreună după introducerea bobinelor în creștături. Consolidarea mecanică a celor două coroane se realizează cu ajutorul unor scoabe de lungime mai mare montate la exteriorul pachetului exterior (care să permită strângerea ambelor coroane cilindrice) și fixate prin sudare. O rigidizare mecanică suplimentară se asigură ulterior în urma procesului de impregnare a subansamblului stator.

## REVENDICĂRI

1. Metodă de reducere a cuplului parazit din mașina sincronă cu magneți permanenți, caracterizată prin aceea că penele de creștătură realizate uzual din materiale electroizolante se înlocuiesc cu pene (2) executate din materiale magnetice moi compozite, având o formă geometrică care permite închiderea istmului creștăturii, reținerea înfășurării (3) în creștătură și asigurarea unei structuri aproape izotrope din punct de vedere magnetic a miezului statoric (1), fără direcții de aliniere preferențiale ale inductorului mașinii electrice.
2. Măsură constructivă de închidere a creștăturilor la mașinile sincrone cu magneți permanenți în vederea reducerii cuplului de agățare caracterizată prin aceea că închiderea creștăturii se efectuează folosind o coroană (4) (sau mai multe sectoare de coroană cilindrică (5) și (6)) realizată din materiale magnetice moi compozite, fixată de stator prin lipire și consolidată ulterior prin impregnare.
3. O tehnologie specială de construcție a miezului magnetic statoric ce permite reducerea cuplului de agățare la mașinile electrice sincrone cu magneți permanenți caracterizată prin aceea că miezul magnetic statoric este realizat cu creștături închise, din două pachete de tole (7) și (8) de tip coroane cilindrice concentrice, miezul interior (8) de tip coroană cilindrică permite introducerea înfășurărilor statorice în creștături, iar cele două coroane (7) și (8) se assemblează separat și se montează în final concentric după ce se introduc înfășurările (3) în creștăturile statorice dinspre exteriorul coroanei circulare interioare (8) a miezului statoric, iar creștăturile statorice se izolează cu izolația de creștătură, înainte de introducerea înfășurării statorice în creștături, cele două miezuri de tip coroană cilindrică (7) și (8) fiind fixate folosind un sistem de scoabe lungi sudate adecvat, respectiv rigidizate prin impregnare.

FIGURI

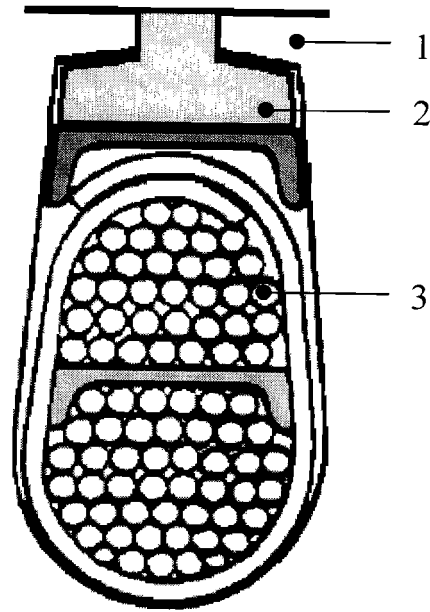


Figura 1

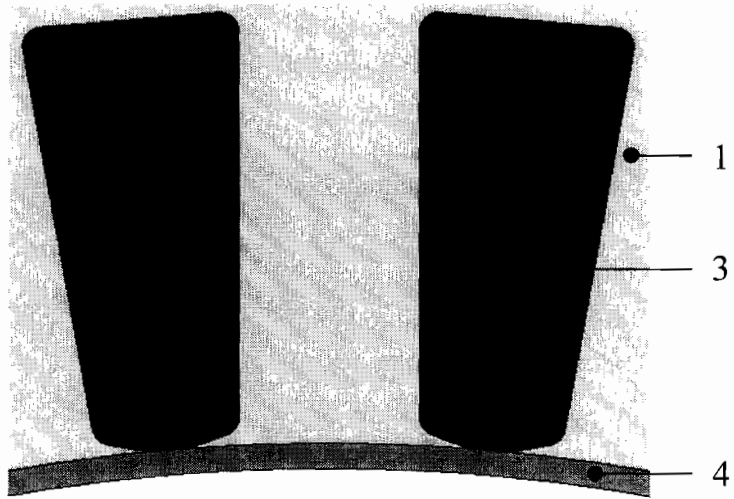


Figura 2

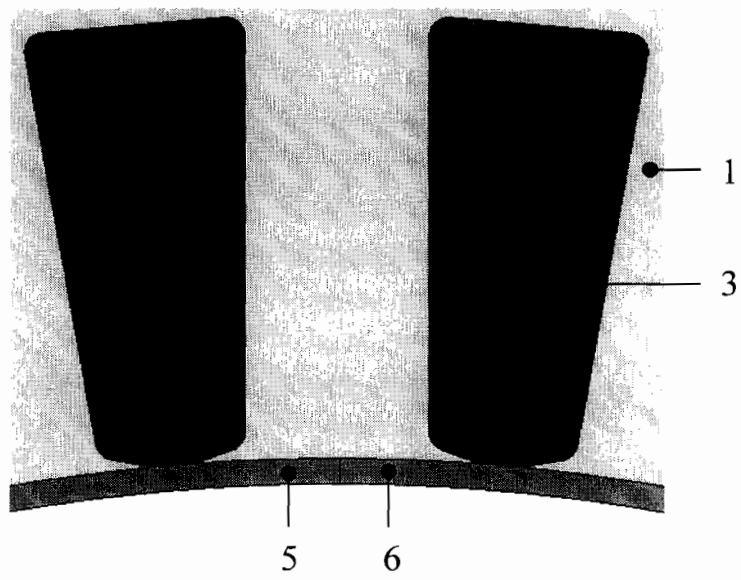


Figura 3



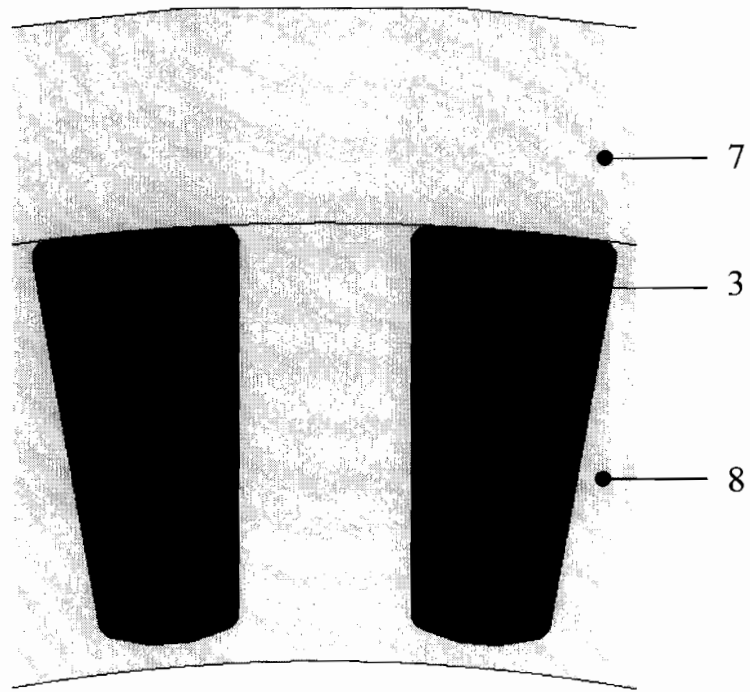


Figura 4

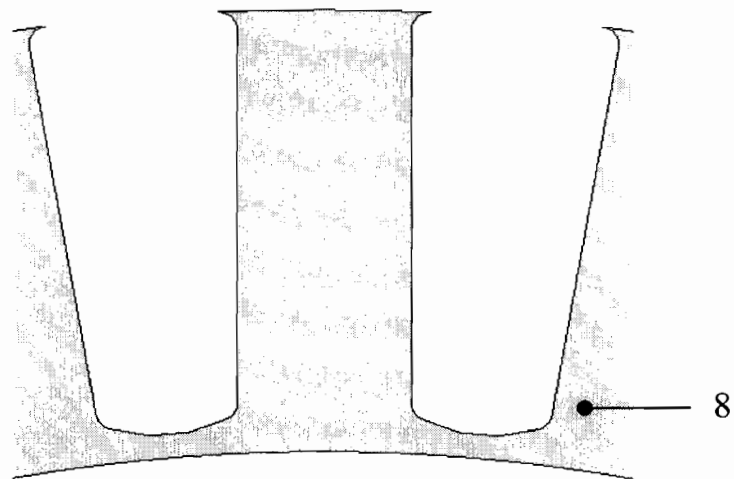


Figura 5

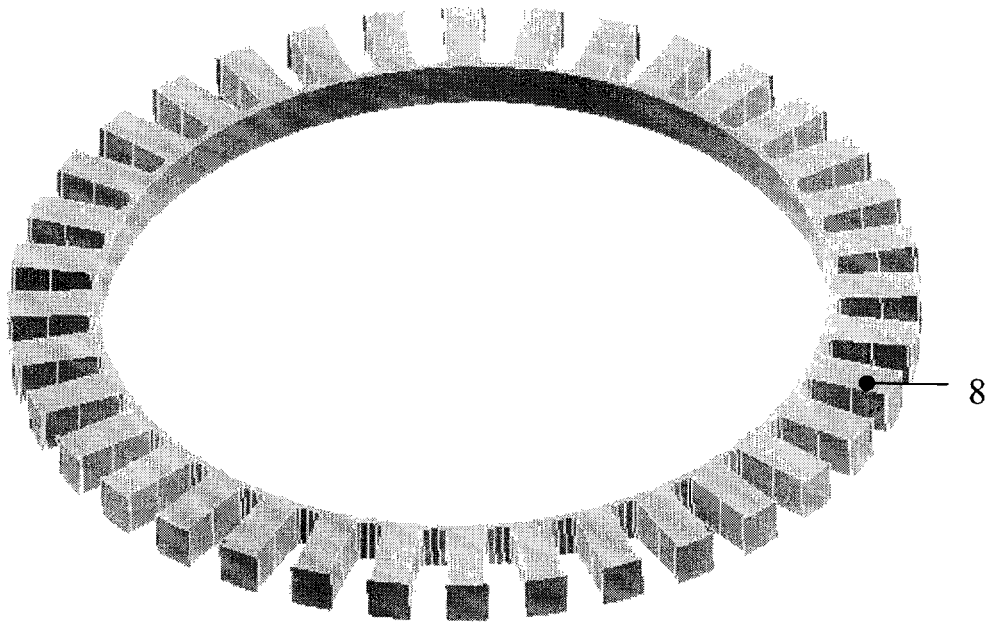


Figura 6

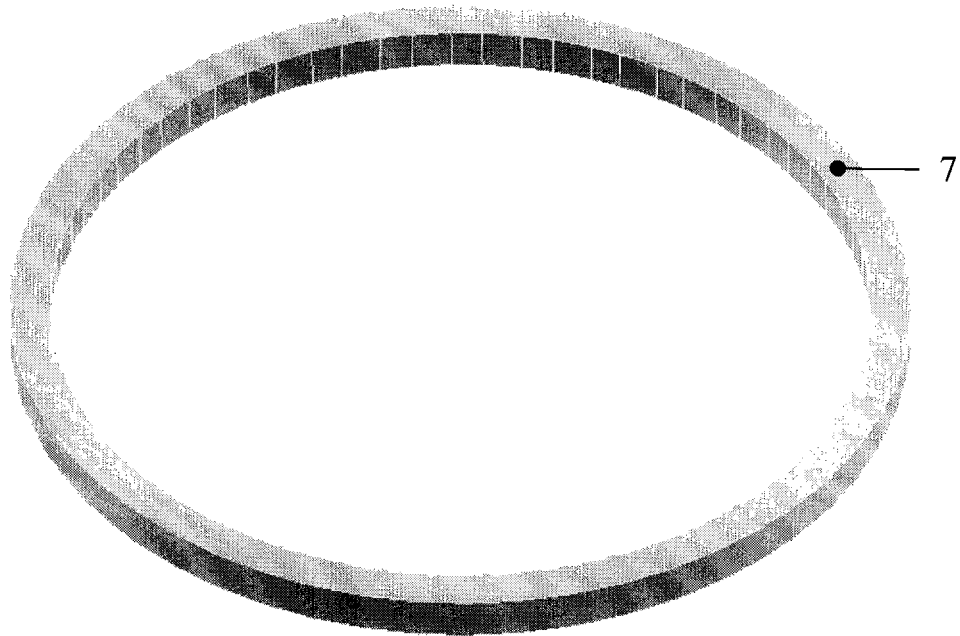


Figura 7