



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00869**

(22) Data de depozit: **17/11/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/03/2017** BOPI nr. **3/2017**

(41) Data publicării cererii:
30/07/2015 BOPI nr. **7/2015**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

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

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 2007/0141997 A1; US 2013/0002075 A1;
US 2011/0037333 A1**

(54) **REDUCTOR MAGNETIC CU RAPORT DE TRANSMISIE
ÎN TREPTE**



RO 130450 B1

1 Invenția se referă la un reductor magnetic cu raport de transmisie în trepte, destinat
transferului, în trepte, fără contact mecanic, al cuplului și turației mașinilor electrice rotative.

3 Pentru transmiterea cuplului și a turației de la arborele unei mașini electrice rotative
către o sarcină oarecare, soluția uzuală se bazează pe utilizarea unui reductor mecanic. În
5 plus, când este nevoie de un raport mare al transmisiei (mai mare de 3 sau 4 ori), de obicei,
se folosește un reductor în trepte (format din mai multe reductoare mecanice, înlănțuite sau
7 în cascadă), ceea ce determină o creștere în volum, greutate și preț a transmisiei. Contactul
dintre dinții angrenajului implică încălzirea dinților și frecări mecanice care necesită lubrifiere;
9 așadar, reductorul mecanic implică pierderi mecanice importante.

11 Pentru a evita contactul dintre dinții reductorului mecanic, se poate folosi un reductor
magnetic. Reductorul magnetic, ca și cel mecanic, are, de cele mai multe ori, un raport fix
de transmisie, ceea ce poate reprezenta un dezavantaj, mai ales în aplicații ce presupun
13 variații importante de viteză. În plus, o înlănțuire de mai multe reductoare magnetice implică
costuri suplimentare, iar raportul putere/volum este redus. Invenția oferă o soluție de transmi-
15 sie magnetică cu raport de transmisie variabil sau în trepte, într-un singur dispozitiv, fără
înlănțuire de mai multe reductoare magnetice, astfel încât oferă un raport putere/volum
17 îmbunătățit.

19 Transferul cuplului și turației unei mașini electrice către o sarcină oarecare este inter-
mediată, de cele mai multe ori, de o transmisie mecanică de tip reductor, când turația la ieși-
rea angrenajului este redusă (sau multiplicator, când turația la ieșirea angrenajului este
21 mărită). Un reductor mecanic implică următoarele neajunsuri:

23 - este necesară o lubrifiere regulată a angrenajului, pentru a asigura funcționarea
optimă a reductorului;

25 - la contactul dintre doi dinți ai roților dințate din angrenaj vor exista frecări și supra-
încălzire locală, ceea ce determină pierderi mecanice;

27 - contactul dintre dinții angrenajului implică în permanență un risc de rupere a
acestora în situația în care la intrarea angrenajului se aplică un cuplu mai mare decât cel
admis, în plus, când raportul de transmisie ce trebuie asigurat este mai mare de 3 sau 4 ori
29 (pentru aplicațiile uzuale), se obișnuiește înlănțuirea mai multor reductoare.

31 O astfel de înlănțuire implică o reducere semnificativă a performanțelor angrenajului,
prin faptul că fiecare reductor în parte are propriul randament, iar randamentul global este
mult diminuat, și, în plus, raportul putere/volum este de asemenea diminuat.

33 Pentru a preîntâmpina problema lubrificării, a pierderilor mecanice suplimentare și
a riscului de rupere a dinților la suprasarcină, se poate folosi un reductor magnetic. O astfel
35 de soluție, cu raport de transmisie fix, a fost deja propusă și poate fi găsită în literatura științi-
fică de specialitate. Ca și elemente de bază ale reductorului magnetic se identifică urmă-
37 toarele componente:

39 - rotorul interior de mare turație și cuplu redus, format din miez magnetic, echipat cu
magneți permanenți și având un număr redus de poli magnetici;

41 - o parte fixă, formată din miez magnetic sub formă de dinți, care ajută la transferul
energiei magnetice;

43 - rotorul exterior de viteză redusă și cuplu mare, format din miez magnetic și echipat
cu magneți permanenți, având un număr mare de poli magnetici.

45 Cu un reductor magnetic se poate obține și un raport de transmisie important, fără
să fie necesară înlănțuirea mai multor reductoare. Aceasta înseamnă, global, un randament
ridicat al transmisiei.

47 Se mai cunoaște din cererea de brevet **US 2011/0121673 A1**, din data de 26 mai
2011, un reductor magnetic, ce oferă un raport de reducere variabil. Reductorul are un prim
49 element care generează un prim câmp magnetic și un al doilea element care generează un
al doilea câmp magnetic. Între aceste două elemente se află un pol de comutație ce permite

RO 130450 B1

controlul raportului de transmisie. Fiecare dintre acestea are asociat un cablu ce poate fi activat, în scopul de a modifica fluxul magnetic, astfel încât să permită variația celor două câmpuri magnetice. Cablajul este conectat la un filtru electronic, care modifică trecerea curentului prin instalația electrică, astfel încât să permită modificarea fluxului magnetic la nivelul polului de comutație.	1 3 5
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția se referă la extinderea funcționării în turație a mașinilor electrice.	7
Reductorul magnetic cu raport de transmisie în trepte, având un rotor interior de turație mare, constituit dintr-un miez feromagnetic și niște magneți permanenți, un rotor exterior de turație redusă, constituit din niște magneți permanenți și un miez feromagnetic, ce sunt antrenate de o parte fixă, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în partea fixă, dinți feromagnetici, de nivel L1 , alternează cu câte un spațiu de aer, de aceeași secțiune cu dinții feromagnetici, aceștia fiind încadrați de un înveliș, cu o lungime mai mare decât elementele active ale structurii reductorului, înveliș utilizat în ghidarea altor dinți feromagnetici suplimentari, de nivel L2 , L3 și L4 , atașați de trei inele nemagnetice.	9 11 13 15
Reductorul magnetic cu transmisie în trepte, conform invenției, implică următoarele avantaje:	17
- nu este necesară lubrifierea reductorului mecanic;	
- lipsa pierderilor prin frecări mecanice sau încălzire locală a dinților/polilor ce participă la transmisia cuplului și a turației;	19
- lipsa riscului ruperii dinților/polilor ce participă activ la transmisie;	21
- raport de transmisie îmbunătățit, fără a fi necesară folosirea reductoarelor în cascadă, care să afecteze randamentul global al angrenajului și să reducă raportul putere/volum al acestuia;	23
- permite modificarea raportului de transmisie fără să fie necesară folosirea mai multor reductoare în cascadă, oferind astfel un randament ridicat;	25
- minimizarea pierderile în fier, ceea ce implică un randament îmbunătățit, prin folosirea tolelor pentru confecționarea miezurilor mobile și fixe ale reductorului magnetic;	27
- prin folosirea magneților permanenți din pământuri rare se obține cel mai bun raport putere/volum și, respectiv, putere/masă;	29
- configurația actuală de perechi de poli magnetici și dinți feromagnetici permite obținerea unui cuplu de ieșire cu ripluri minime;	31
- soluția de transmisie în trepte poate fi adaptată pentru orice configurație de reductor magnetic.	33
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției pe baza fig. 1...9, ce reprezintă:	35
- fig. 1, vedere în secțiune transversală a structurii de bază a reductorului magnetic;	37
- fig. 2, configurația părții fixe cu dinți feromagnetici dispuși pe cele patru nivele;	
- fig. 3, vedere în spațiu a dinților de nivel L2 , L3 și L4 , ce sunt atașați de inelele din material nemagnetic cu diametre diferite și plasate în planuri diferite;	39
- fig. 4, vedere în secțiune transversală a reductorului magnetic, la nivelul structurii de bază;	41
- fig. 5, detaliu în secțiune transversală a reductorului magnetic, la nivelul structurii de bază;	43
- fig. 6, vedere spațială a reductorului magnetic cu dispozitivul de suplimentare a dinților la partea fixă, pe fiecare nivel;	45
- fig. 7, vedere verticală a reductorului magnetic cu dispozitivul de suplimentare a dinților la partea fixă, pe fiecare nivel;	47

RO 130450 B1

1 - fig. 8, vedere în spațiu a elementelor părții pasive și active a reductorului magnetic
cu raport de transmisie în trepte;

3 - fig. 9, configurațiile posibile ale reductorului magnetic cu raport de transmisie
variabil, și valorile transmisiei.

5 Invenția se referă la obținerea unui reductor cu raport de transmisie în trepte, care
nu alterează performanțele în cuplu ale angrenajului, neproducând vibrații și zgomote și
7 oferind astfel o mai lungă durată de exploatare a transmisiei magnetice (fiabilitatea și randa-
mentul fiind îmbunătățite). În plus, soluția de modificare a transmisiei în trepte poate fi adap-
9 tată pentru orice configurație de reductor magnetic.

11 Soluția tehnică implică folosirea unui număr variabil de dinți magnetici ce urmează
a fi incluși la partea fixă a reductorului magnetic. Această modificare a numărului de dinți
este acționată mecanic (manual sau automatizat, similar modului în care se modifică treptele
13 de viteză la automobile convenționale). Dinții suplimentari sunt introduși în configurația părții
fixe cu ajutorul unor ghidaje, în timpul funcționării reductorului sau când acesta este în
15 repaus. Astfel, chiar în timpul funcționării transmisiei magnetice, se pot utiliza diverse trepte
de viteză și cuplu.

17 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...8, ce
exemplifică realizarea și implementarea soluției tehnice.

19 În fig. 1 este vorba de un reductor magnetic compus dintr-o parte mobilă la interior
(numită rotor interior, și care este solidară cu arborele nemagnetic), având doar o pereche
21 de poli magnetici (p_{in}). Un întrefier separă rotorul interior de o parte fixă ce are 16 dinți
feromagnetici din oțel electrotehnic (n_d), care fac parte din structura de bază a reductorului
23 magnetic, notați de nivel L1. Un al doilea întrefier separă partea fixă a dinților feromagnetici
de partea mobilă exterioară (numită rotor exterior). Rotorul exterior are 15 perechi de poli
25 magnetici (p_{out}).

27 Rotorul interior de turație mare este antrenat de către o mașină electrică, iar legătura
dintre reductorul magnetic și mașina electrică este realizată prin intermediul unui arbore.
Rotorul interior al reductorului magnetic este echipat cu magneți permanenți, ce produc un
29 flux magnetic constant. Prin intermediul dinților feromagnetici ai părții fixe, fluxul magneților
din rotor este transferat spre rotorul exterior care, nefiind fixat, începe să se rotească în sens
31 invers rotorului interior, la o turație redusă.

Raportul de transmisie al angrenajului magnetic - i - este dat de relația (1):

$$33 \quad i = \frac{p_{in}}{n_d} \quad (1)$$

37 Se cunoaște că la ieșirea reductorului magnetic se poate obține un cuplu cât mai lin
(fără ripluri) dacă se respectă condiția:

$$39 \quad p_{out} = n_d - p_{in} \quad (2)$$

41 Un cuplu lin, fără ripluri, înseamnă și o reducere semnificativă a vibrațiilor de origine
mecanică, acestea fiind responsabile de producerea zgomotului și de reducerea
randamentului și a fiabilității angrenajului. Pentru diminuarea undulațiilor de cuplu, trebuie
43 ca factorul de ripluri - k_r - să fie egal cu unitatea, și exprimat prin relația:

$$45 \quad k_r = \frac{2 \cdot p_{in} \cdot n_d}{LCM(2 \cdot p_{in}, n_d)} \quad (3)$$

47 unde LCM provine de la englezescul "Least common multiple", adică cel mai mic multiplu
49 comun.

RO 130450 B1

Constructiv, invenția se referă la un reductor magnetic ce conține:	1
- un rotor interior de turație mare, având un arbore din material nemagnetic, un miez feromagnetic din tole de oțel electrotehnic (pentru reducerea pierderilor fier), două piese polare de magneți permanenți polarizați alternativ și confecționați din pământuri rare (pentru a dispune de o densitate mai mare de energie), și care conține o pereche de poli;	3
- un spațiu de aer (întrefier) între rotorul interior și partea fixă;	5
- o parte fixă, având un miez feromagnetic sub formă de dinți, din oțel electrotehnic, care alternează cu un spațiu de aer de aceeași secțiune cu dinții feromagnetici, notați de nivel L1 ; un înveliș nemagnetic (din plastic rigid și ușor), cu pereți subțiri, lipiți de dinții feromagnetici de nivel L1 , și plasat în spațiul de aer dintre dinți, astfel încât să permită glisarea (ghidarea) unor dinți feromagnetici suplimentari, notați de nivel L2 , L3 și L4 , și care modifică raportul transmisiei. În fig. 2 este prezentat cazul în care toate cele 4 nivele de dinți (de bază, L1 , și suplimentari, L2 , L3 , L4) au fost introduși în configurația părții fixe; iar în fig. 9 sunt prezentate configurațiile posibile și raportul de transmisie;	7
- un spațiu de aer (întrefier) între partea fixă și rotorul exterior;	9
- un rotor exterior de turație redusă, având: un miez feromagnetic, din tole de oțel electrotehnic (pentru reducerea pierderilor fier); 30 piese polare de magneți permanenți polarizați alternativ și confecționați din pământuri rare (pentru a dispune de o densitate mai mare de energie) și care are 15 pereche de poli;	11
- dispozitivul exterior structurii de bază, contituit din dinți feromagnetici suplimentari de aceeași secțiune și de lungimi diferite, clasificați pe 3 nivele L2 , L3 și L4 ; în nivelul L2 sunt incluși 8 dinți feromagnetici suplimentari, în nivelul L3 sunt incluși 4 dinți feromagnetici suplimentari, iar în nivelul L4 sunt incluși 2 dinți feromagnetici suplimentari; trei inele nemagnetice, de diametre diferite și plasate în planuri diferite, ce pot fi acționate manual sau automatizat, similar unui schimbător de viteze de la un automobil clasic, inele de care sunt atașați dinții feromagnetici suplimentari de nivel L2 , L3 și L4 , pentru a-i introduce în spațiul de aer disponibil la partea fixă a reductorului magnetic (dinții feromagnetici suplimentari și inelele nemagnetice de care sunt atașați aceștia, în fig. 3).	13
Invenția se referă la un reductor magnetic cu raport de transmisie variabil. Această capacitate de a varia raportul de transmisie este realizată printr-un dispozitiv exterior ce poate fi acționat manual sau automatizat și care conține dinți feromagnetici suplimentari din oțel electrotehnic. Dinții suplimentari au trei nivele de lungime (L2 , L3 și L4) și sunt atașați de câte un inel nemagnetic. Așadar, există 3 inele nemagnetice, cu ajutorul cărora fiecare nivel de dinți este introdus în configurația de bază (de nivel L1), fiind ghidați cu ajutorul unui înveliș nemagnetic; pentru a facilita glisarea dinților suplimentari în configurația de bază a reductorului, acest înveliș trebuie să fie mai lung decât partea activă a reductorului. Astfel, în timpul funcționării angrenajului, sau în momente de repaus, aceste elemente pot fi introduse sau scoase din configurația activă magnetic a părții fixe a reductorului, obținându-se astfel diverse rapoarte de transmisie. Această soluție nu presupune folosirea în cascadă a mai multor reductoare magnetice, ci doar introducerea unor elemente feromagnetice suplimentare (dinți feromagnetici suplimentari), ceea ce implică un raport putere/volum optimal al angrenajului.	15
Conform fig. 1...9, reductorul magnetic cu transmisie în trepte conține următoarele subsisteme:	17
- rotorul interior, alcătuit din miez 1 feromagnetic din tole de oțel electrotehnic (configurația de tole se folosește pentru reducerea pierderilor în fier) și magneți 2 permanenți, confecționați din pământuri rare (pentru a mări densitatea de putere a reductorului);	19

RO 130450 B1

- 1 - întrefierul **3** interior, adică spațiul de aer plasat între rotorul interior și partea fixă a
reductorului magnetic;
- 3 - partea fixă a reductorului magnetic, alcătuită din dinți **4** feromagnetici din oțel elec-
trotehnic, numiți și dinți feromagnetici, de nivel **L1**, spațiul **5** de aer dintre dinții feromagnetici,
5 și care are aceeași secțiune cu dinții, învelișul **6** din material nemagnetic (plastic rigid și
subțire) a cărui lungime depășește lungimea părții active a reductorului și este folosit pentru
7 glisarea (ghidarea) dinților **4'** feromagnetici suplimentari de nivel **L2**, **L3** și **L4**, care vor fi
introduși, după nevoie, în spațiul **5** de aer;
- 9 - întrefierul **7** exterior plasat între partea fixă și rotorul exterior al reductorului magne-
tic; rotorul exterior, alcătuit din magneți **8** permanenți confecționați din pământuri rare (pentru
11 a mări densitatea de putere a reductorului) și miez **9** feromagnetic din tole de oțel electro-
tehnic (configurația de tole se folosește pentru reducerea pierderilor în fier);
- 13 - dispozitiv exterior și mobil al reductorului, alcătuit din dinții **4'** feromagnetici de nivel
L2, **L3** și **L4**, lungimea fiecărui nivel fiind diferită, aceștia fiind lipiți de inele **10** nemagnetice
15 care au diametre diferite și sunt plasate în planuri diferite și folosite pentru glisarea
(ghidarea) dinților **4'** suplimentari (**L2**, **L3**, **L4**) în spațiul **5** de aer al părții fixe a reductorului
17 (Introducerea acestor dinți suplimentari în configurația de bază a reductorului se face manual
sau automatizat, ca și în cazul dispozitivului de schimbare a vitezei de la automobile).
- 19 Reductorul magnetic în configurația de bază, cu dinții **4** feromagnetici la nivelul **L1**,
oferă un raport de transmisie de 1/16. Dinții **4'** feromagnetici suplimentari de nivel **L2** (care
21 sunt 8 la număr) sunt introduși în același timp în spațiul **5** de aer, cu ajutorul unui inel **10**
nemagnetic, de care sunt atașați dinții, astfel încât raportul de transmisie devine 1/8. Prin
23 folosirea dinților **4'** feromagnetici de nivel **L3** (care sunt 4 la număr) și apoi de nivel **L4** (care
sunt 2 la număr), raportul de transmisie devine 1/4, respectiv, 1/2. Astfel, se obține un
25 reductor magnetic cu raport transmisie în trepte.
- Spre deosebire de reductoarele în cascadă, care au un volum și o greutate mai mare,
27 și un randament mai scăzut, acest reductor magnetic cu raport transmisie în trepte are
randament, fiabilitate și raport putere/volum îmbunătățite. Folosind magneți permanenți din
29 pământuri rare, atât în configurația rotorului interior, cât și în a rotorului exterior, densitatea
de energie este cea mai mare posibilă. În plus, prin folosirea tolelor de oțel electrotehnic, se
31 realizează minimizarea pierderilor în fier a reductorului magnetic. Apoi, în lipsa contactului
mecanic dintre dinții angrenajului (cazul tipic reductorului mecanic), nu există cuplu limită de
33 rupere a angrenajului magnetic propus. Totodată, configurația de perechi de poli și dinți
feromagnetici permite obținerea unui cuplu cu ripluri extrem de reduse, iar soluția poate fi
35 adaptată pentru orice reductor magnetic.

RO 130450 B1

Revendicări

1. Reductor magnetic cu raport de transmisie în trepte, având un rotor interior de turație mare, constituit dintr-un miez (1) feromagnetic și niște magneți (2) permanenți, un rotor exterior de turație redusă, constituit din niște magneți (8) permanenți și un miez (9) feromagnetic, ce sunt antrenate de o parte fixă, **caracterizat prin aceea că**, în partea fixă, dinții (4) feromagnetici, de un nivel (L1), alternează cu câte un spațiu (5) de aer, de aceeași secțiune cu dinții feromagnetici, aceștia fiind încadrați de un înveliș (6), cu o lungimea mai mare decât elementele active ale structurii reductorului, înveliș utilizat în ghidarea altor dinți (4') feromagnetici suplimentari, de alt nivel (L2, L3 și L4), atașați de trei inele (10) nemagnetice. 3 5 7 9
2. Reductor magnetic, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** dinții (4') feromagnetici suplimentari, de nivel (L2, L3 și L4), sunt de lungimi diferite, pentru a facilita glisarea pe rând în spațiile (5) de aer. 11 13
3. Reductor magnetic, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** cele trei inele (10) nemagnetice sunt de diferite diametre și plasate în planuri diferite, pentru a permite glisarea dinților (4') feromagnetici suplimentari în spațiile (5) de aer. 15

(51) Int.Cl.

H02K 7/116 (2006.01);

H02K 49/10 (2006.01)

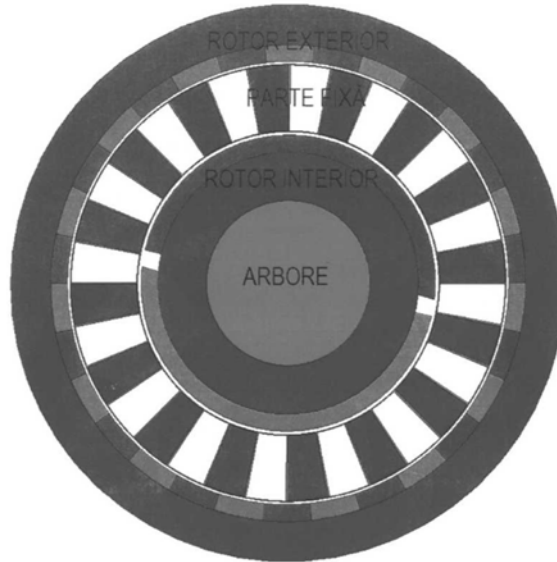


Fig. 1

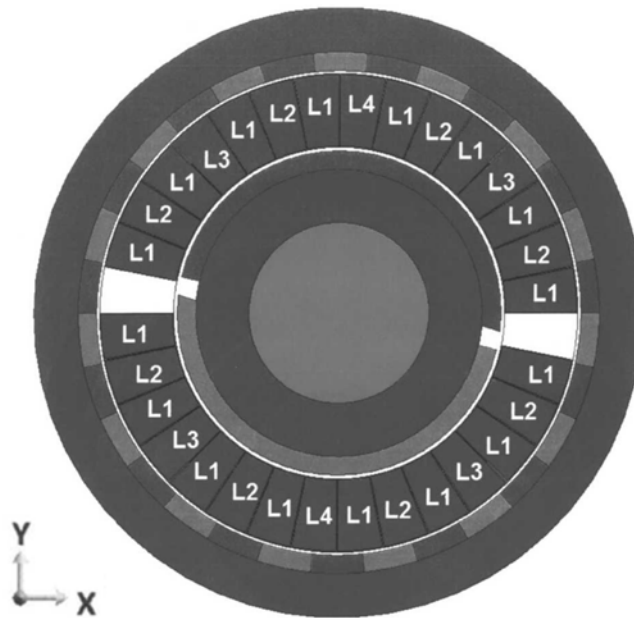


Fig. 2

(51) Int.Cl.

H02K 7/116 (2006.01);

H02K 49/10 (2006.01)

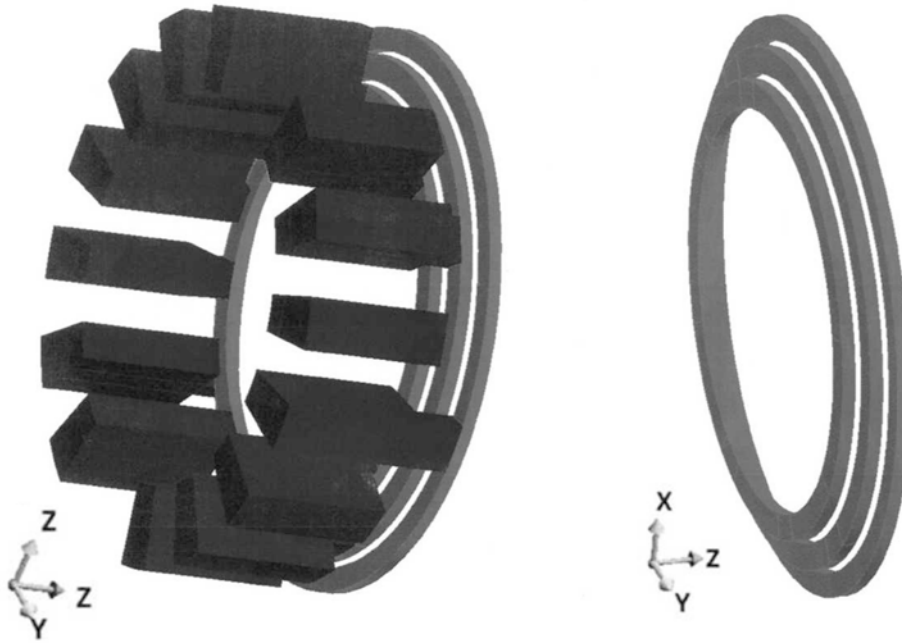


Fig. 3

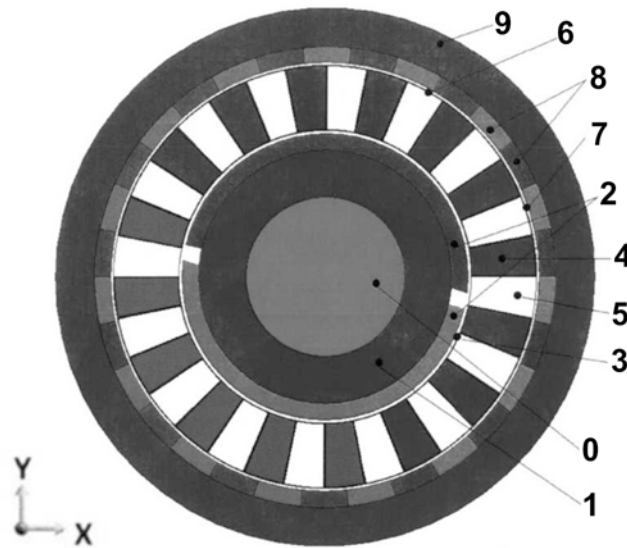


Fig. 4

(51) Int.Cl.

H02K 7/116 (2006.01);

H02K 49/10 (2006.01)

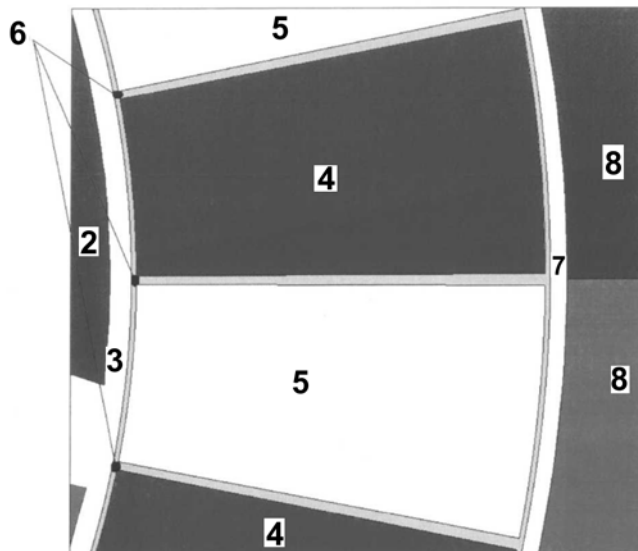


Fig. 5

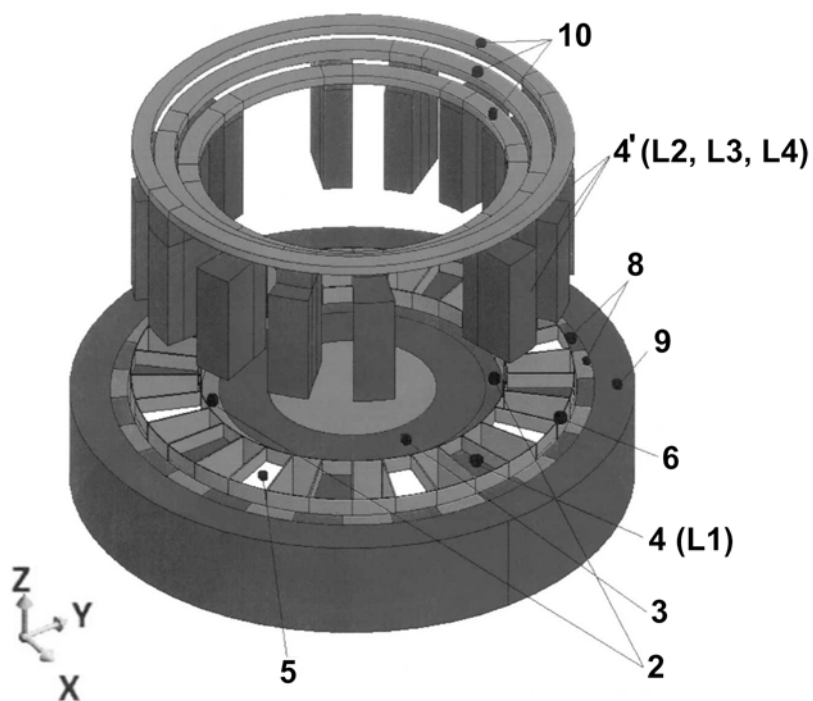


Fig. 6

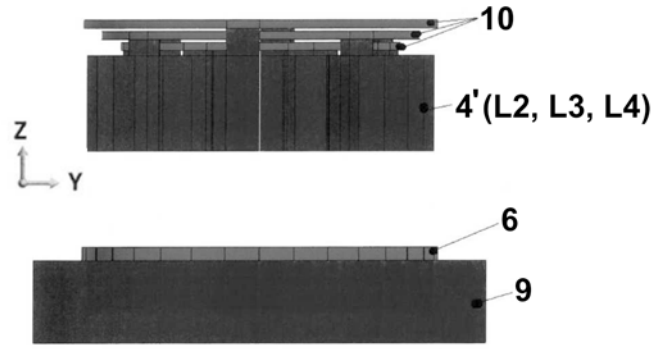


Fig. 7

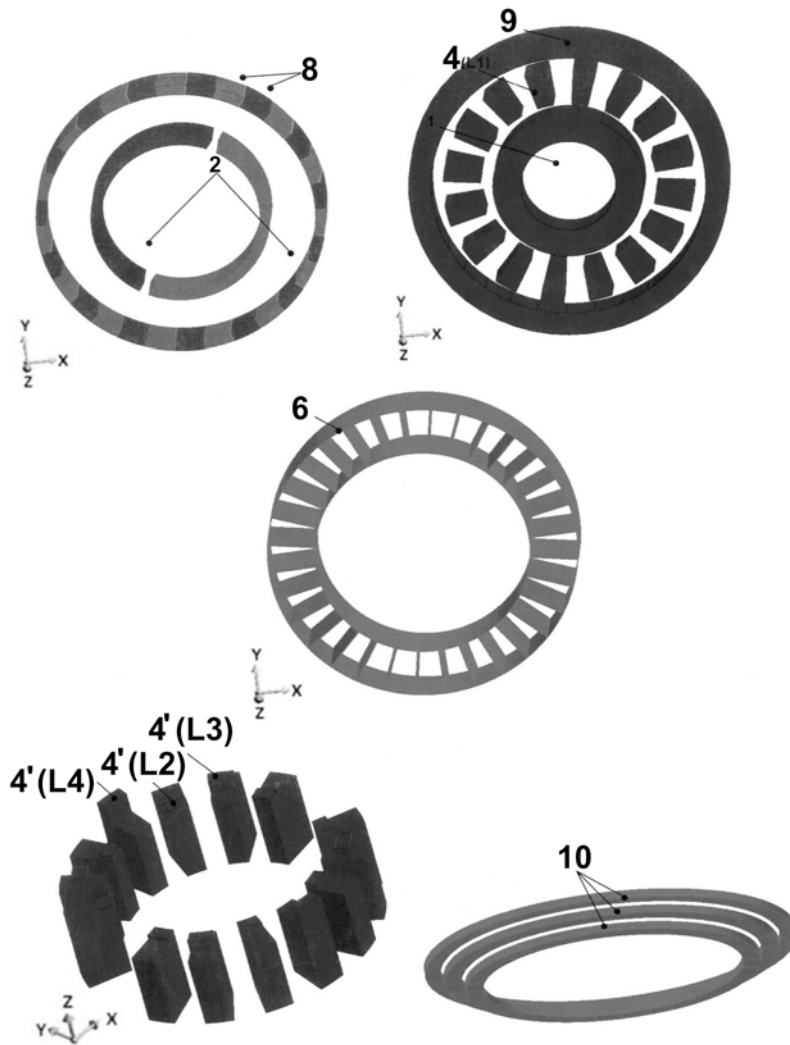


Fig. 8

(51) Int.Cl.

H02K 7/116 (2006.01),

H02K 49/10 (2006.01)

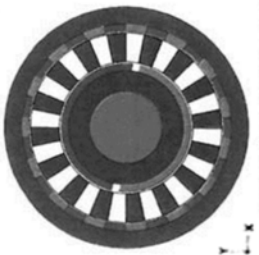
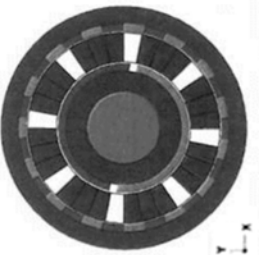
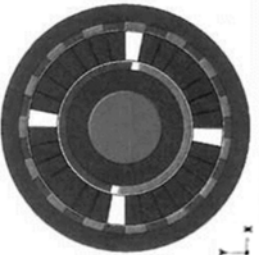
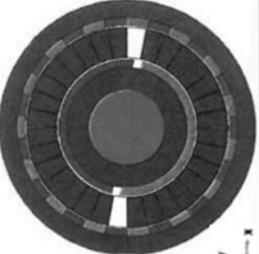
Configurație parte fixă		1/16
		1/8
		1/4
		1/2

Fig. 9

