

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00902

(22) Data de depozit: 14.09.2011

(66) Prioritate internă:
17.03.2011 RO a 2011 00233

(41) Data publicării cererii:
28.02.2012 BOPI nr. 2/2012

(71) Solicitant:
• FRUNZĂ TUDOR FLORIN EUGEN,
INTRAREA VIOLETELOR NR. 14,
OTOPENI, IF, RO;
• STAVĂR IORDAN, CALEA GIULEȘTI
NR.44, BL.7, SC.C, ET.4, AP.87, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• FRUNZĂ TUDOR FLORIN EUGEN,
INTRAREA VIOLETELOR NR. 14,
OTOPENI, IF, RO;
• STAVĂR IORDAN, CALEA GIULEȘTI
NR.44, BL.7, SC.C, ET.4, AP.87, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) GENERATOR ELECTRIC CU RELUCTANȚĂ COMUTATĂ
TRANSVERSAL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un generator electric cu reluctanță comutată transversal, destinat producerii de energie electrică. Generatorul conform invenției este o mașină electrică de curent alternativ, compusă dintr-un stator feromagnetic inelar, alcătuit, în varianta de bază, din două pachete statorice coaxiale, despărțite prin magneți sau electromagneți inductori, formate din câte patru poli cu câte patru înfășurări electrogeneratoare, dispuse radial, pe poli, sau transversal, între poli, și dintr-un rotor feromagnetic central, cu lungime polară egală cu cea a pachetelor statorice, ce realizează o închidere de circuit, consecutiv, între doi poli paraleli, aflați pe pachetele cu polarizări magnetice opuse.

Revendicări: 7
Figuri: 8

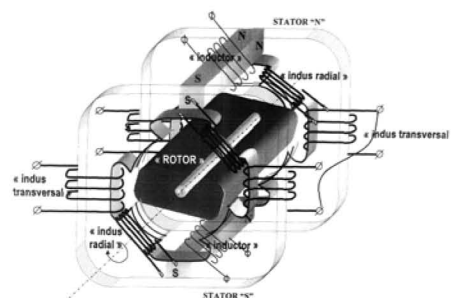


Fig. 3



GENERATOR ELECTRIC CU RELUCTANTA COMUTATA TRANSVERSAL

Inventia se refera la un *Generator electric cu reluctanta comutata transversal*, fata de miscarea de rotatie rotorica, avand inductorii si indusii fixati in stator, destinat producerii de energie electrica, prin miscarea mecanica de rotatie a unui comutator de circuit magnetic, utilizabila in orice aplicatie de sistem energetic, inclusiv regenerabil.

In stadiul actual al tehnicii, este cunoscuta producerea de energie electrica din energia mecanica prin *deplasarea relativa* circulara sau oscilanta a doua elemente fundamentale denumite *inductor* (elementul care genereaza tensiunea magnetomotoare) si *indus* (elementul generator de tensiune electromotoare), ce au la baza "Legea inducției electromagnetice". Transformarea energiei mecanice in energie electrica se face in principal prin variatia fluxului magnetic produs de o sursa de camp magnetic aflat in miscare in sectiunea unei bobine sau prin deplasarea unui conductor bobinat intr-un camp magnetic.

Datorita simetriei functionale toate masinile electrice bazate pe aceste principii atunci cand sunt cuplate la o sarcina electrica, curentul electric aparut in *indus* genereaza un alt camp magnetic ce se opune campului inductor generand prin intermediul "Fortei Laplace" un *cuplu rezistent* (de franare) ce actioneaza direct asupra miscarii mecanice generatoare, fiind direct proportionala cu valoarea acestui curent al sarcinii electrice; la care se mai adauga si *cuplul reluctant* « cogging » datorat fortelor de atractie dintre elementele de circuit magnetic.

Aceste fenomene determina necesitatea utilizarii de putere mecanica crescuta necesara mentinerii unor parametrii electrici (tensiune si/sau frecventa) pentru producerea de puterea electrica, randamentul transformarii fiind afectat in sens negativ.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este aceea ca, asigura o reducere a energiei mecanice necesare producerii de putere electrica prin faptul ca, cuplul mecanic rezistent la ax este *reduc* in incarcarea cu sarcina electrica, datorita diminuarii semnificative a actiunii "Fortei Laplace" dintre infasurarile indusului si rotor prin aceea ca, utilizeaza un comutator neutru de circuit magnetic intre elementele inductoare (generatoare de camp magnetic) si induse, realizand *variatia* fluxului magnetic *fara* deplasarea relativa a acestora unul fata de altul, prin *schimbarea traseului* circuitelor magnetice din stator pe baza principiului « *reluctantei minime* » dedusa din « *Legea lui Ohm pentru circuitele magnetice* ».

Aceasta crestere a performantelor generatorului cu reluctanta comutata este explicata si prin faptul ca diametrul rotorului nu este strict proportional cu obtinerea unei anumite viteze de variatie a fluxurilor inductoare, ceea ce face ca valoarea cuplului rezistent sa fie mai redusa in comparatie cu generatoarele cunoscute .

Este de asemenea cunoscuta si obtinerea unei variatii de flux magnetic prin *variatiia reluctantei* unui circuit magnetic, realizata prin cresterea sau descresterea intrefierului unui circuit magnetic, insa performantele obtinute raportate la gabarit sunt mult mai mici in comparatie cu *comutatia reluctanta* deoarece, in primul caz, avem o variatie *scalara* a vectorilor de inductie magnetica iar, prin metoda prezentei inventiei, avem o variatie *vectoriala* de superpozitie generata de schimbarea traseelor liniilor de camp magnetic

Masina electrica generatoare conform inventiei, prezinta urmatoarele avantaje:

- cuplul mecanic rezistent (la ax) este redus si neliniar in raport cu incarcarea in sarcina electrica; ceea ce implica ca, peste o anumita putere electrica generata, puterea mecanica necesara este semnificativ mai mica fata de cel mai performant generator electric cunoscut;
- fiabilitate maxima datorita particularitatilor constructive -- inductorul si indusul sunt stationare, fapt ce duce la eliminarea periilor contactoare de excitatie sau a *elementelor de prindere* a magnetilor pe rotor eliminand riscul fortelor mari centrifuge ce pot duce la desprindere si deteriorare ireversibila;
- inertie mica a rotorului datorata simplitatii si masei reduse;
- aplicabilitate universala - se poate proiecta pentru o gama larga de putere si turatie in limitele tehnologice cunoscute prin utilizarea multipolara si multistatorica pentru sistemele energetice clasice sau regenerative, grupuri electrogene stationare sau mobile;
- este ideal in aplicatiile speciale (atmosfera exploziva, etc.).

Se dau, in continuare, exemple de realizare a *comutatiei de reluctanta*, in conformitate cu fig.1-9, dupa cum urmeaza :

- **fig.1**, model de ansamblu de baza 3D a generatorului cu reluctanta comutata *radiala* ;
- **fig.2.1**, reprezentarea fluxurilor circuitelor magnetice la generatorul cu reluctanta comutata *radiala* avand rotorul pe pozitia **P1-P3**;
- **fig.2.2**, reprezentarea fluxurilor circuitelor magnetice la generatorul cu reluctanta comutata *radiala* avand rotorul pe pozitia **P2-P4**;
- **fig.3**, model de ansamblu de baza 3D a generatorului cu reluctanta comutata *transversal* bistatoric;
- **fig.4**, reprezentare sistem de polarizare magnetica stator modular de baza;
- **fig.5**, reprezentarea pe un segment bistatoric a fluxurilor circuitelor magnetice;
- **fig.6**, reprezentare liniara model constructiv tristatoric cu dubla comutatie transversala;
- **fig.7**, reprezentare liniara model constructiv cu tripla comutatie transversala;

- **fig.8**, model de ansamblu 3D multipolar a generatorului cu reluctanta comutata *transversal* bistatoric;

Pentru explicarea fenomenului de „*reluctanta comutata*“ analizam mai intai modelul cu *comutatie radiala*, fiind o masina electrica de curent alternativ compusa dintr-un *stator* (1) (feromagnetic) ce contine, in varianta de baza, patru poli **P1**, **P2**, **P3** si **P4**; cu doua *infasurari electrogeneratoare* (2) si (2') dispuse pe doua laturi opuse si doi *magneti permanenti* (3) si (3') inserati pe celelalte doua laturi, orientati astfel incat sensul magnetizarii sa fie convergent catre latura infasurarii (2) (conf. Fig.2.1 si Fig.2.2); si un *rotor* (4) (feromagnetic) ce realizeaza o inchidere de circuit magnetic intre doi poli opusi dupa principiul « *reluctantei minime* », respectiv **P1** si **P3** (conf. Fig.2.1), sau **P2** si **P4** (conf. Fig.2.2).

Pentru a explica principiul generarii *tensiunilor induse* $u_{N\Gamma}(t)$; respectiv $u'_{N\Gamma}(t)$ in infasurarile colectoare (2) si (2'), avem in vedere efectul fizic realizat de *comutatia* de circuit magnetic intre pozitiile alternate mentionate mai sus, ce realizeaza o *variatie* de flux magnetic $d\varphi_{\Gamma}(t)$.

Vom calcula valoarea unitara a tensiunii $u_{\Gamma}(t)$ de-a lungul unei curbe Γ , aplicand :

- legea inductiei electromagnetice
$$u_{\Gamma}(t) = - \frac{d\varphi_{\Gamma}(t)}{dt}$$

Valoarea fluxului inductor este definit de o functie variabila in timp ce insumeaza vectorial fluxurile generate de cei doi magneti permanenti ce creeaza doua intensitati de camp magnetic H_p , respectiv H_p' astfel :

$$\bar{\varphi}_{\Gamma}(t) = \bar{\varphi}_p(t) + \bar{\varphi}'_p(t)$$

unde : $\varphi_{\Gamma}(t)$ este fluxul magnetic rezultat din stator in sectiunea din dreptul curbei Γ ;
 $\varphi_p(t)$ este fluxul magnetic din stator generat de magnetul (3) ;
 $\varphi'_p(t)$ este fluxul magnetic din stator generat de magnetul (3');

Daca nu exista rotorul (situatie la echilibru), atunci : $\varphi_{\Gamma}(t) = 0$.

Deci $\varphi'_p(t) = -\varphi_p(t)$;

In prezenta rotorului feromagnetic (4), variatia fluxului inductor se realizeaza prin comutarea circuitelor magnetice convergente in spatiul Γ dupa principiul « *reluctantei minime* » ; valoarea reluctantei avand o variatie in functie de timp $R_m(t)$ exprimata prin relatia : Fig. 1.4.1. – b.

$$\mathbf{R}_m(t) = \mathbf{R}_{m_{stat}}(t) + \mathbf{R}_{m_{rot}}(t) = \frac{I_{stat}}{\mu S} + \frac{I_{rot}}{\mu(t) S}$$

Unde :

I_{stat} este lungimea spatiului circuitului magnetic in stator;
 I_{rot} este lungimea spatiului circuitului magnetic in rotorul (4);
 S este sectiunea circuitului magnetic in spatiul Γ

Aplicand Legea lui Ohm pentru circuite magnetice avem :

$$\varphi_{\Gamma}(t) = \frac{H_p l}{R_m(t)} + \frac{H_p l}{R_m'(t)} \approx H_p \frac{I_{stat}}{S \mu(t)} = H_p \frac{I_{stat}}{S \mu_0 (1 + \mu \cos 2\omega t)};$$

ceea ce inseamna ca :

$$u_{NF}(t) = -N S \frac{dB(t)}{dt} \approx N S H_p \left[1 - \frac{I_{stat}}{I_{rot}} \right] 2\omega \mu \sin 2\omega t = u'_{NF}(t)$$

Dupa cum se observa valoarea tensiunilor induse in infasurarile induse este o functie variabila in timp, ce poate fi utilizata direct sau prin transformari si prelucrari electronice.

De asemeni, putem sa calculam si valorile momentului mecanic rezistiv la rotor $\mathbf{M}(t)$ in functie de energia campului magnetic \mathbf{W}_m si viteza unghiulara ω dupa expresia:

$$\mathbf{M}(t) = \frac{dW_m(t)}{\omega t} \approx 4 \frac{H_p^2}{\omega t} (1 - \sin 2\omega t);$$

Ceea ce inseamna ca, valoarea sa este o functie variabila in timp ce are « momente motoare » (pozitive) si « momente de franare » (negative) ; pe ansamblu putem spune ca la o rotatie completa de 360° suma momentelor in gol este :

$$\sum \mathbf{M}(t) = 0$$

Pentru utilizarii in aplicatii unde valoarea tensiunii electrice debitate pe sarcini variabile aleatoriu necesita o reglare automata , se poate inlocui inductorul realizat cu magneti permanenti cu doua infasurari de excitatie amplasate conform cu **fig.1**, numite « **inductor** », asupra carora se vor aplica tensiuni de curent continuu astfel incat sa se respecte principiul polarizarii magnetice reprezentat si sa asigure convergenta campurilor catre infasurarile denumite « **indus** » similar cu reprezentarea campurilor din **fig.2.1** sau **fig.2.2**.

Deoarece Generatorul electric cu reluctanta comutata *radial* necesita sectionarea statorului pentru *inserarea* magnetilor inductori , prezenta inventie adopta realizarea unui model constructiv modular coaxial multistatoric in care comutatia reluctantei se face *transversal* la miscarea de rotatie in lungul axului rotoric *intre* doua statoare numite generic (in varianta de baza) « STATOR “N” » si « STATOR “S” » - conform **fig. 3.** - separate prin intermediul magnetilor inductori, avand doua tipuri de infasurari induse *radial* si *transversal*.

Pentru marirea eficientei comutatiei reluctantei am adoptat solutia inchiderii circuitelor reluctante prin intermediul *talpii polilor rotorici* , realizandu-se practic o dubla comutare spatiala de fluxuri statorice.

Lungimea circuitului magnetic comutat fiind redusa la aproximativ de doua ori distranta dintre statorii modulari.

Polarizarea magnetica (corespunzator **fig.4**) a statorilor (1) si (2) este realizata extrem de simplu tehnologic prin interpunerea de magneti inductori (3) sau bobine de excitatie (4) avand polarizarile astfel orientate incat sa se inchida circuitele magnetice prin intermediul rotorului central ce strabate ambele statoare.

In cazul in care folosim pachete de tole se va utiliza varianta cu magnetii (5) amplasati radial si uniti prin intermediul unei piese polare (6).

Traseul fluxurilor este reprezentat in **fig.5** pe un segment liniar statori/rotor, astfel incat se obtine in polii statorici si rotorici fluxul rotorice :

$$\Phi_{12} = \Phi_1 + \Phi_2$$

In cazul unor aplicatii energetice regenerabile (turbine eoliene sau hidro) in care este necesara obtinerea de valori utilizabile de tensiune si frecventa la turatii ale rotorului reduse, generatorul electric, conform inventiei, poate fi realizat cu un numar de poli in multiplu de patru (conform **fig.6**) astfel incat sa fie eliminata utilizarea unui angrenaj intermediar multiplicator de turatie intre axul elicei si axul generatorului, **dupa** relatiile:

$$P_{nst.} = 4 \times n ,$$

unde :

($n \in \mathbb{N}$),

$P_{nst.}$ reprezinta nr. de poli din stator ;

si rotorul cu

$$P_{nrt.} = 4 \times n / 2 , \text{ unde } (n \in \mathbb{N}),$$

$P_{nrt.}$ reprezinta nr. de poli din rotor ;

Circuitele magnetice si in aceasta situatie realizandu-se din doi in doi poli intre flansele statorice « STATOR "N" » si « STATOR "S" », inducandu-se in infasurarile radiale sau transversale tensiune electromotoare proportionala cu viteza de comutare a traseelor liniilor de flux magnetic intre polii statorici consecutivi; la care am adaugat suplimentar inca un « STATOR "N" », pentru a exemplifica modalitatea de multiplicare a comutatiei transversale.

Pentru a nu exista un cuplu reluctant avand oscilatii de maxim si minim ce ating valori excesiv de mari atat in gol cat si in sarcina, am adoptat solutia constructiva cu poli rotorici inclinati si flanse statorice atasate suplimentar - conform reprezentarii din **fig.7** - ce prezinta o compensare interna a cuplurilor reluctante astfel incat suma cuplurilor statice si dinamice sa fie nula la orice pozitie a rotorului, dupa modelul sistemelor trifazate « R / S / T » dar, spre deosebire de acestea, defazajul electric la 120 de grade este realizat de tripla comutatie intre statorii (1) si (4) / (3) si (1) / (2) si (3) prin polii statorici (7) si rotorici iar talpa unui pol rotoric corespunde la doua crestaturi statorice; pasul polilor rotorici fiind dat de distanta a doi poli statorici.

Infasurarile statorice induse (8) sunt in faza pe fiecare stator in parte, ceea ce permite inserierea electrica.

Acest model de asamblare realizeaza o multiplicare a comutatiei reluctante transversale si a puterii electrice generate printr-o crestere a fluxurilor circuitelor magnetice (10)/(11) si (12) .

Un exemplu 3D de realizare functionala este prezentat in **fig. 8** ; raportul intre polii statorici si rotorici fiind dat de relatia :

$$10Pst/4Prt$$

Pentru proiectare la puteri si turatii diferite de configuratiile de baza, se va utiliza modelul modular conform relatiei :

$$Nnp = n \times 10xPnst. / 4xPnrt., (n \in N),$$

unde **Nnp** reprezinta factorul de multiplicare fata de configuratia de baza, fapt ce permite obtinerea oricatorei turatii nominale, si oricarei puteri cu valori diferite de tensiune si curenti .

REVEDICARI

R1. Generator electric cu reluctanta comutata transversal, **caracterizat prin aceea ca**, este o masina electrica de curent alternativ compusa dintr-un stator feromagnetic inelar ce contine, in varianta de baza, doua pachete coaxiale despartite prin magneti sau electromagneti inductori orientati astfel incat sensul magnetizarii sa polarizeze magnetic distinct N-S, formate din cate patru poli cu cate patru infasurari electrogeneratoare dispuse radial pe poli sau transversal intre poli si, un rotor feromagnetic central cu lungimea polara egala cu cea a pachetelor statorice, ce realizeaza o inchidere de circuit consecutiv intre doi poli paraleli aflati pe pachetele cu polarizari magnetice opuse.

R2 Generator electric cu reluctanta comutata transversal, conform revendicarii R1, **caracterizat prin aceea ca**, contine inductorii si indusii fixati pe un stator intre doua pachete statorice si indusi bobinati pe sectiuni de circuit magnetic intre poli, in ordine succesiva, sau pe poli destinat producerii de energie electrica, prin miscarea de rotatie mecanica a unui comutator de circuit magnetic denumit "rotor", care realizeaza o variatie de flux magnetic in infasurarile induse prin comutarea transversala la miscarea de rotatie consecutiva a traseelor magnetice statorice dupa principiul "*reluctantei minime*" stabilita prin polii rotorici generata de miscarea de rotatie.

R3. Generator electric cu reluctanta comutata transversal, conform revendicarii R1 si R2, **caracterizat prin aceea ca**, in locul magnetilor inductori sunt utilizati electromagneti pastrand principiul polarizarii pachetelor statorice, pentru a realiza un *reglaj* al excitatiei inductoare necesar in aplicatiile unde sarcinile sunt variabile iar parametrii (tensiune si frecventa) trebuiesc mentinuti constant.

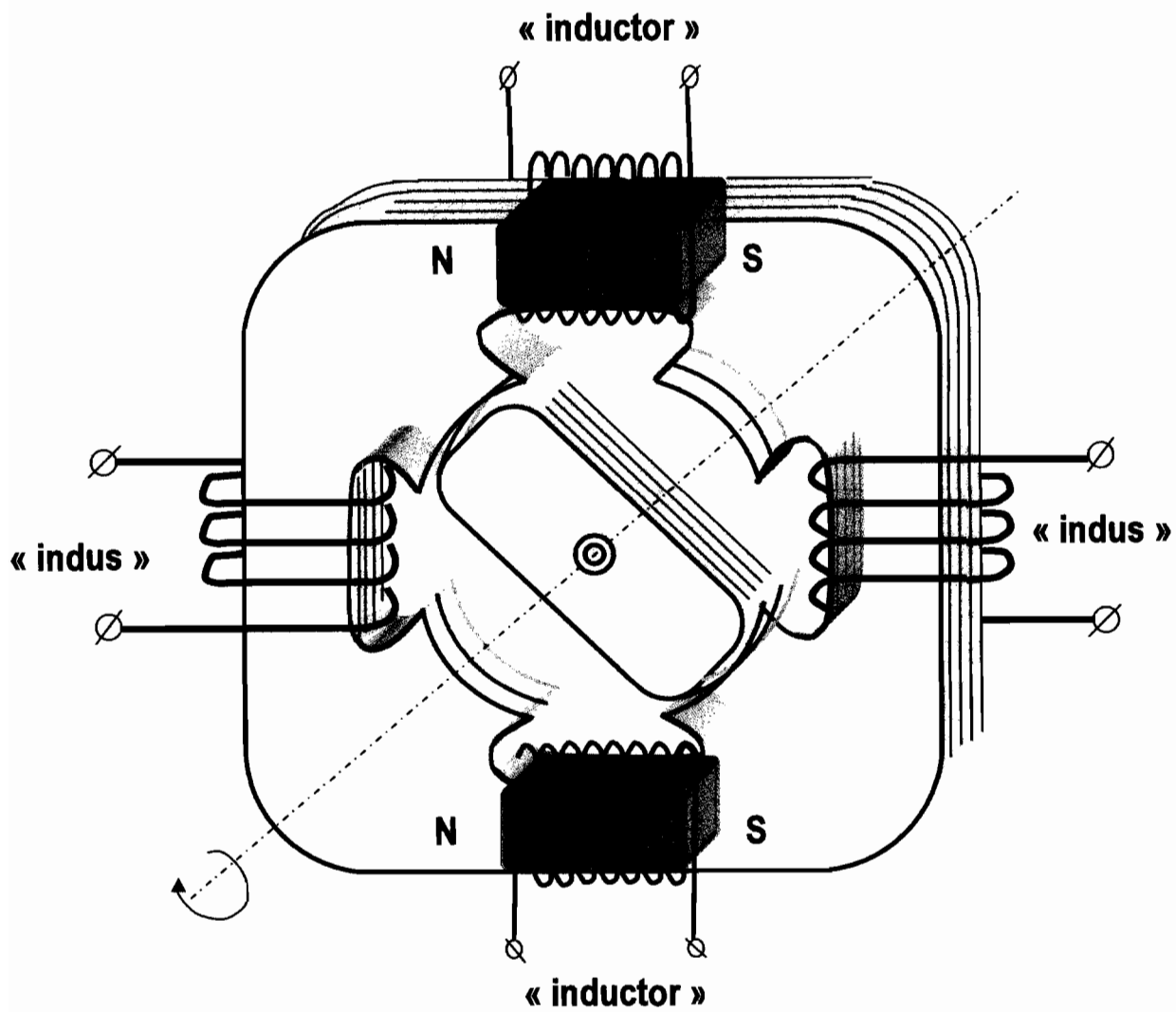
R4. Generator electric cu reluctanta comutata transversal, conform revendicarii R1, **caracterizat prin aceea ca**, pentru reducerea turatiei nominale fata de configuratia de baza, numarul de poli statorici se realizeaza in multiplu de patru, iar rotorul cu jumatate din numarul acestuia, astfel incat circuitele magnetice se inchid din doi in doi poli, destinat obtinerii de valori de tensiune si frecventa exploatabile, la turatii ale rotorului reduse, fara utilizarea de multiplicatori mecanici.

R5. Generator electric cu reluctanta comutata transversal, conform revendicarii **R2**, si **R3 caracterizat prin aceea ca**, polii rotorici sunt inclinati cu un pas statoric astfel incat sa se realizeze o compensare totala a cuplurilor reluctante statice si dinamice, la orice pozitie a rotorului, ce produc tensiuni electromotoare in raport polifazat in functie de numarul pachetelor statorice.

R6. Generator electric cu reluctanta comutata transversal, conform revendicarii **R1** si **R2, caracterizat prin aceea ca**, pentru marirea eficientei comutatiei reluctantei se utilizeaza solutia inchiderii circuitelor reluctante prin adaugarea de mai multe pachete statorice coaxiale polarizate magnetic alternativ, multiplicand comutatia de fluxuri transversale la miscarea de rotatie si valoarea fluxurilor in pachetele centrale.

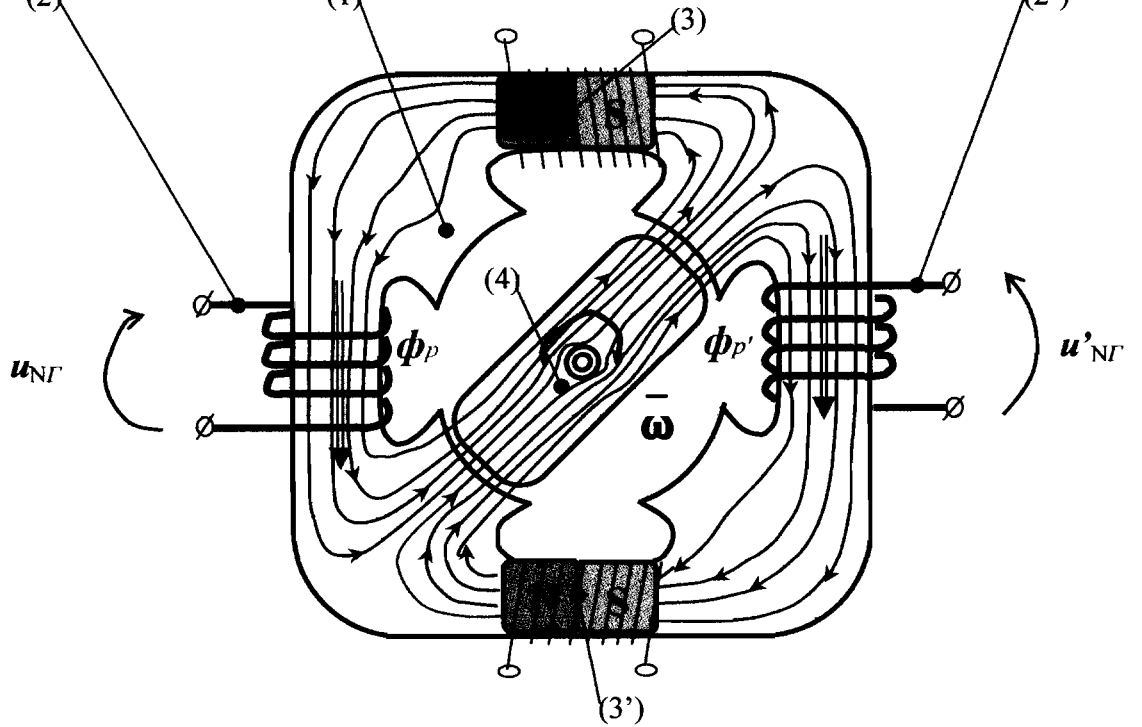
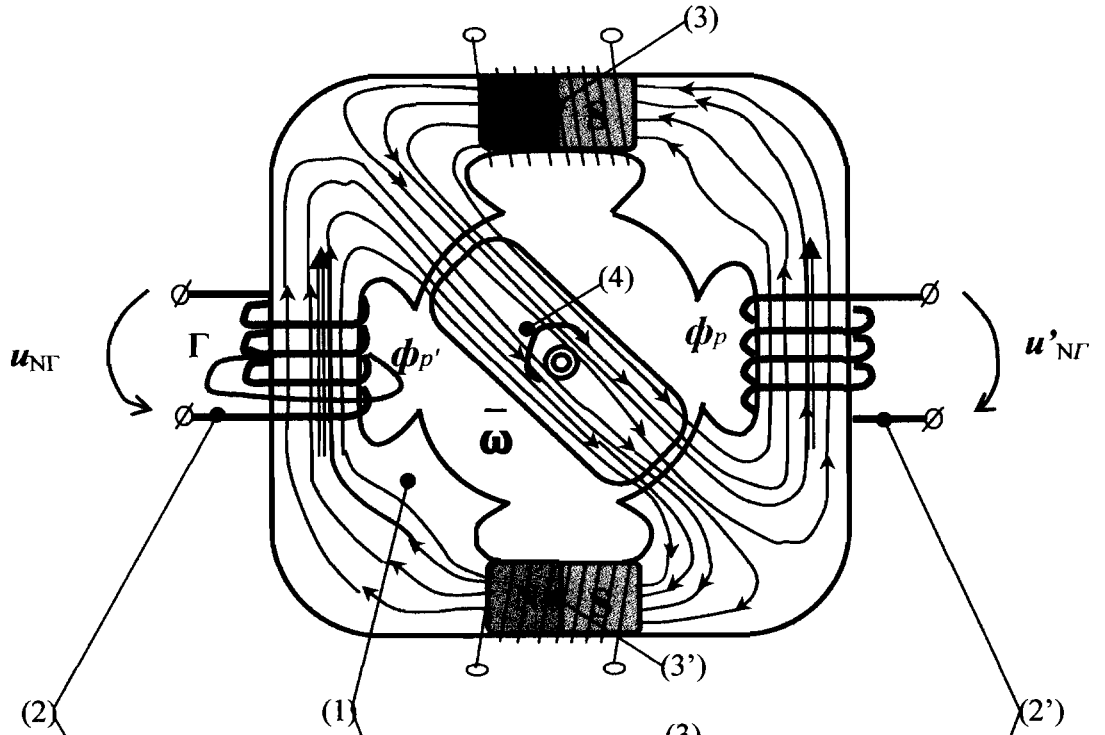
R7. Generator electric cu reluctanta comutata transversal, conform revendicarii **R1, R3, si R6, caracterizat prin aceea ca**, polarizarea magnetica a pachetelor statorice este realizata prin amplasarea magnetilor sau electromagnetilor inductori radial pe perimetrul exterior, respectand principiul alternarii polarizarii **N-S**.

DESENE

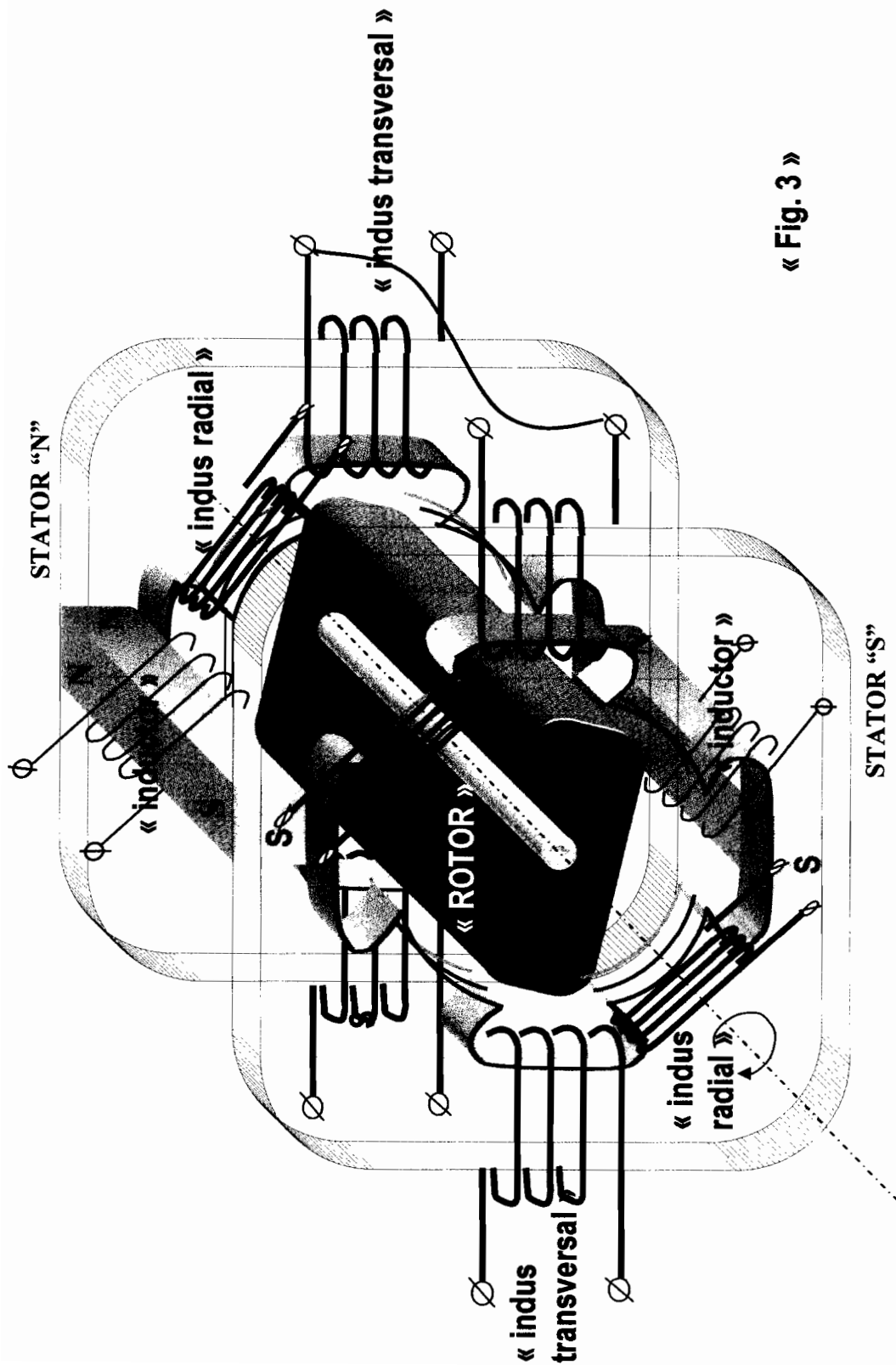


« Fig. 1 »

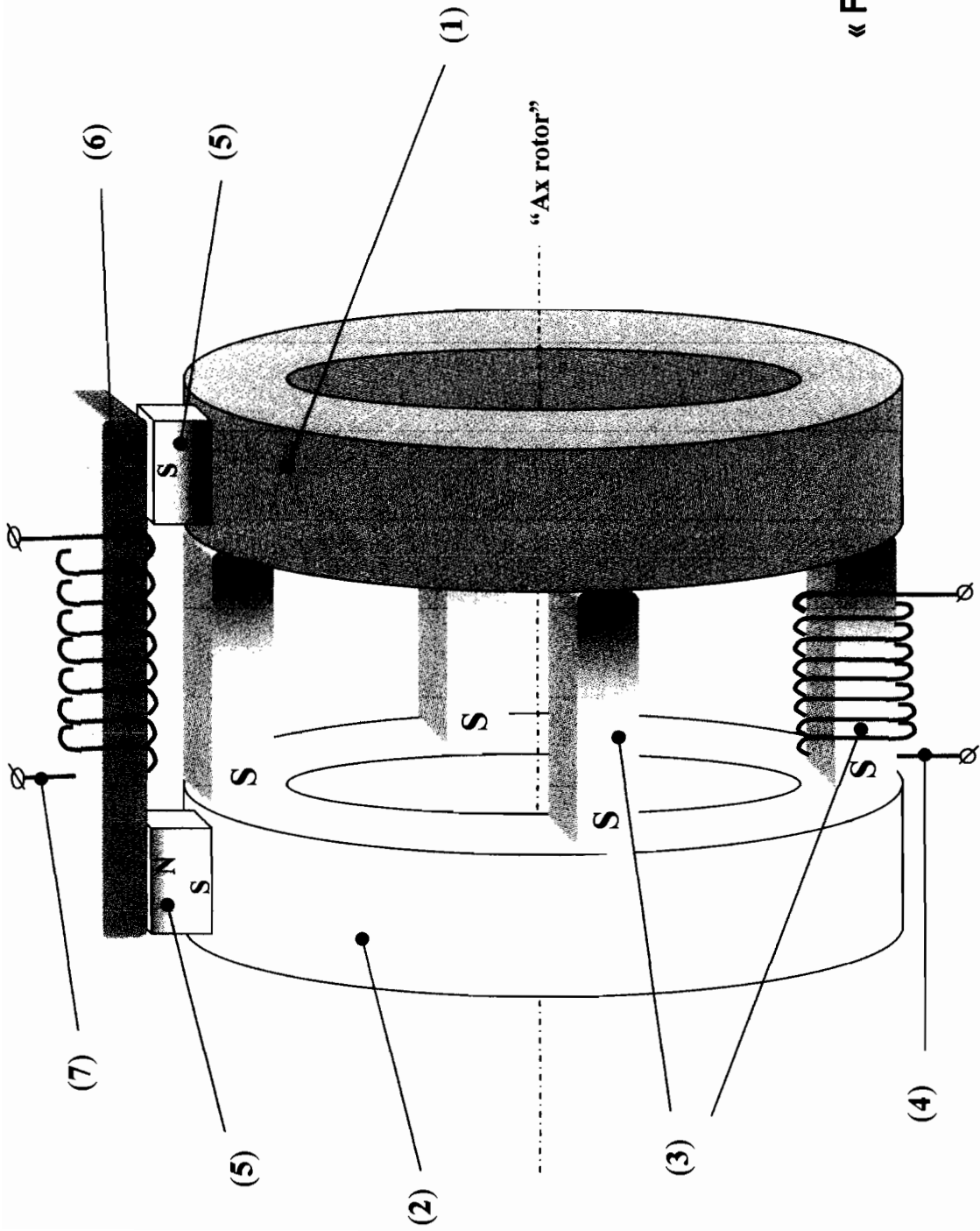
« Fig. 2.1 »



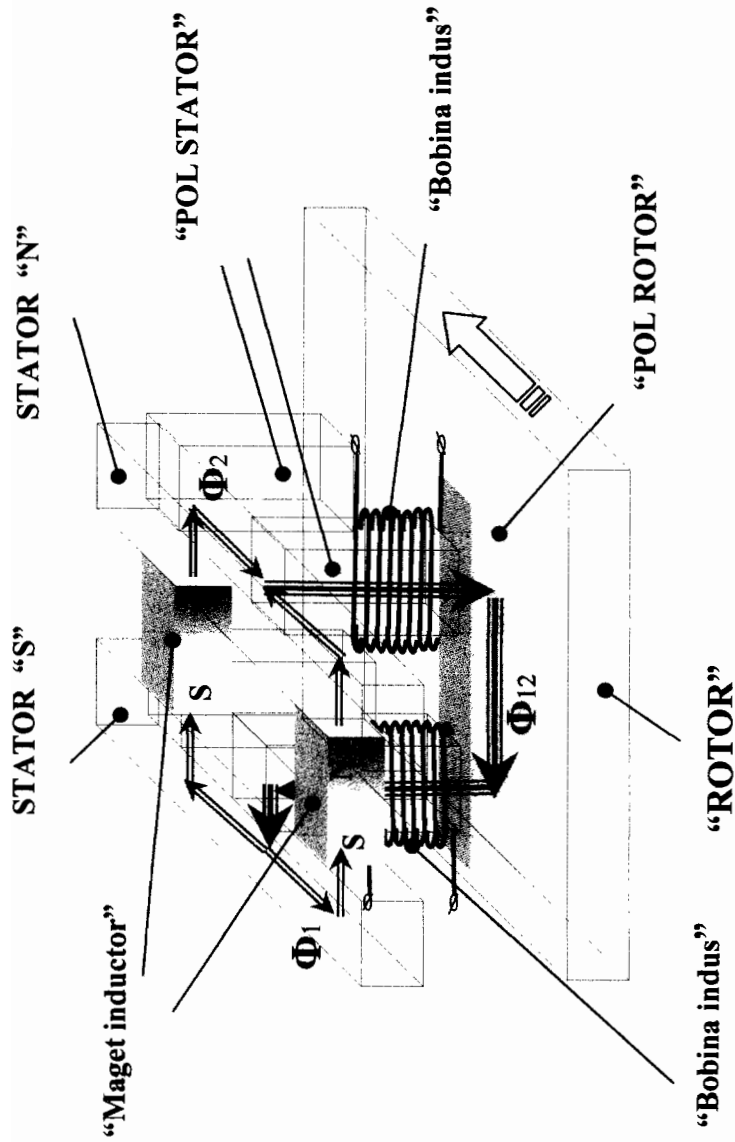
« Fig. 2.2 »



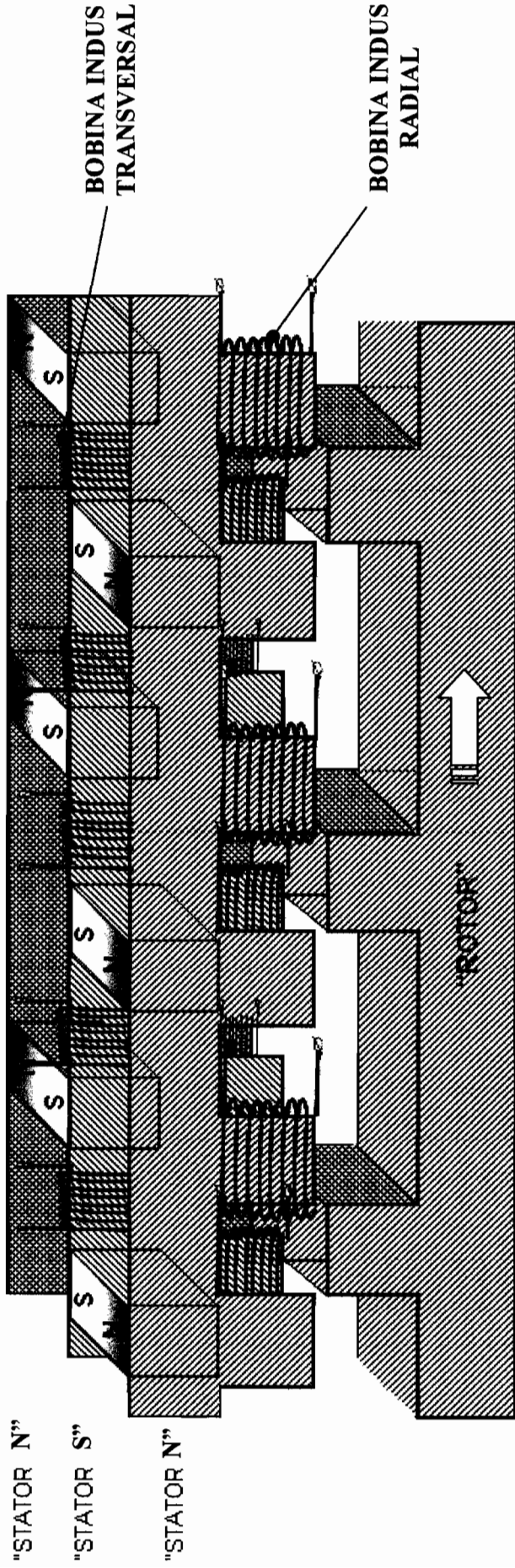
« Fig. 3 »



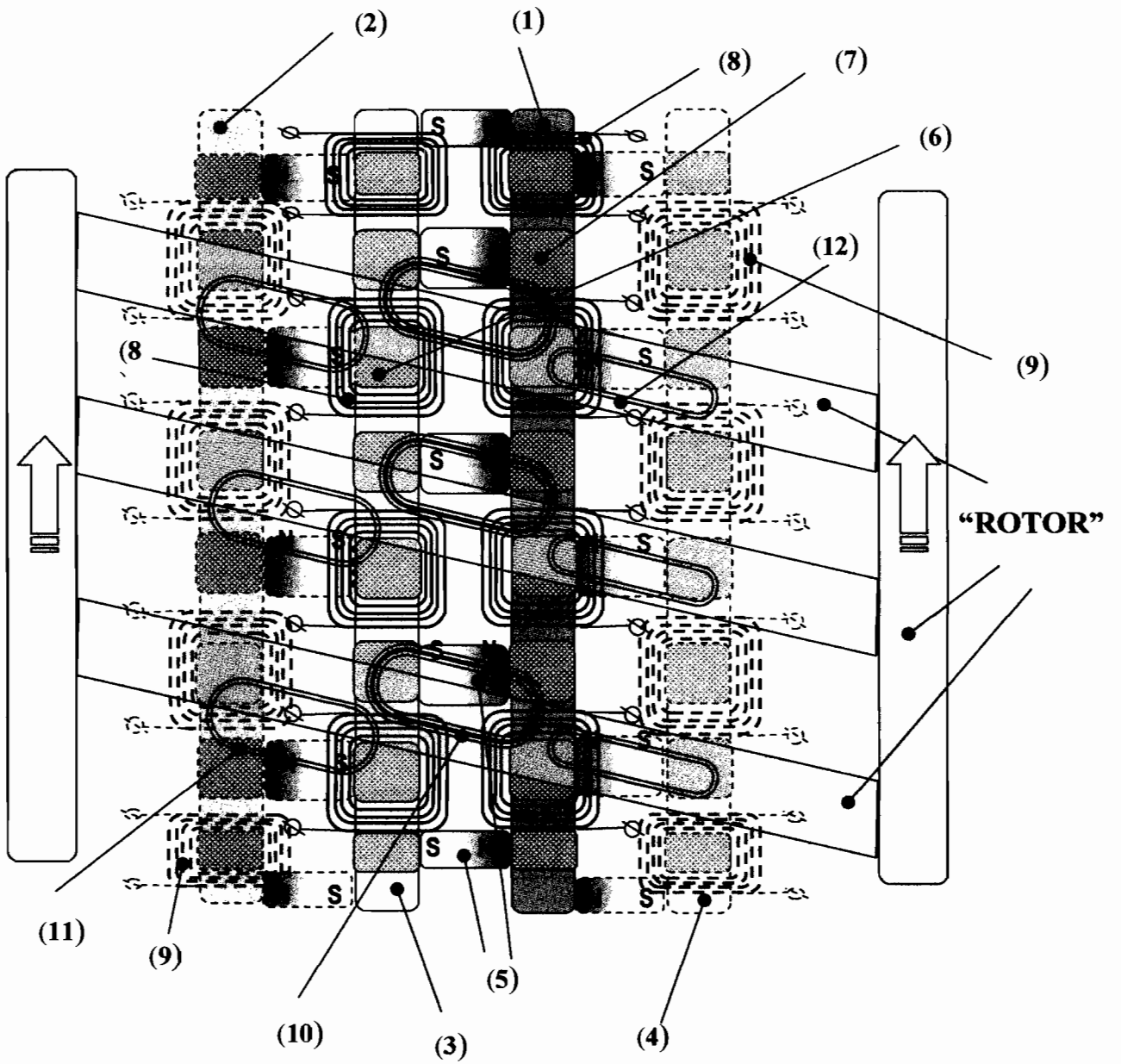
« Fig. 4 »



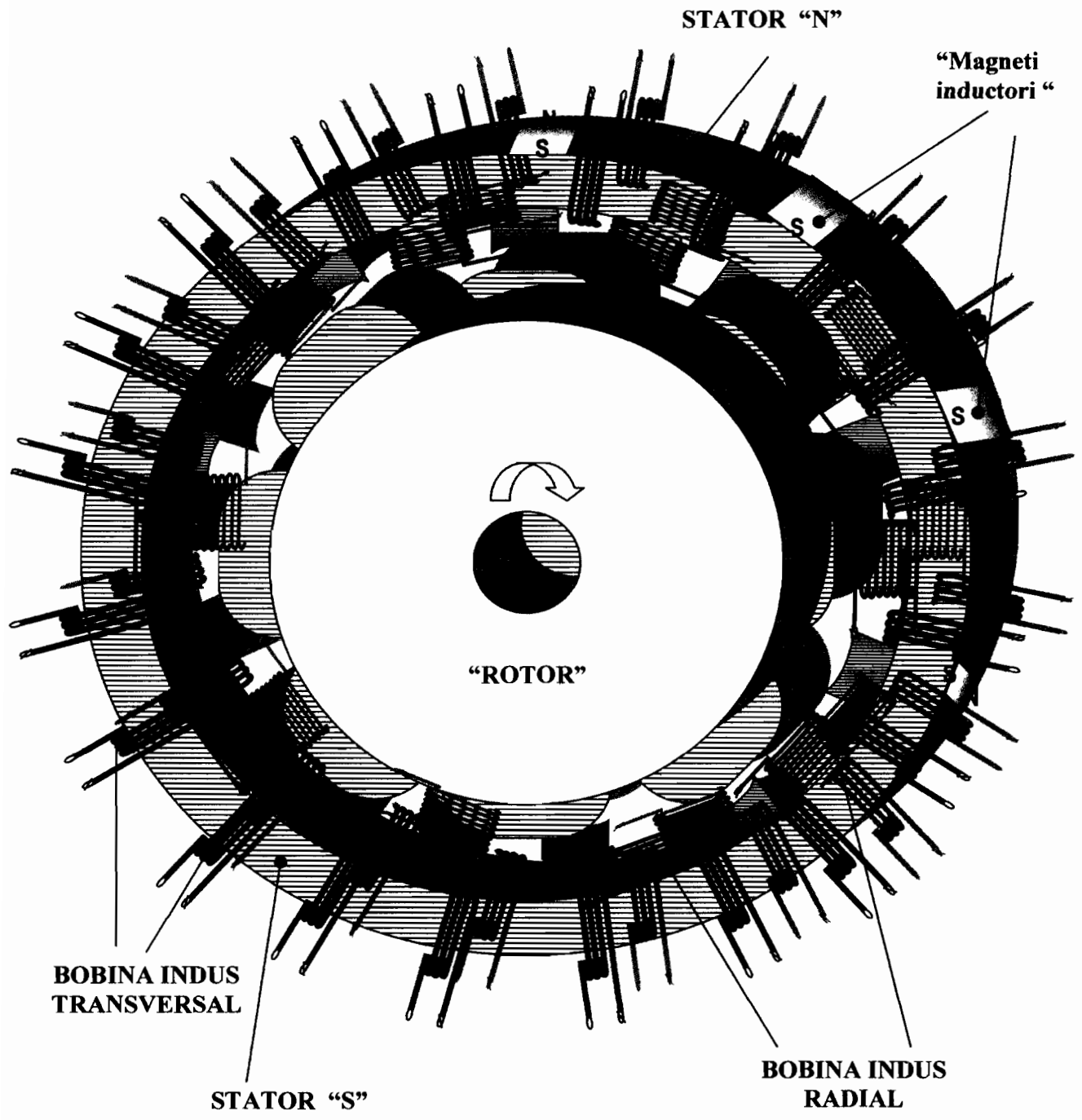
« Fig. 5 »



« Fig. 6 »



« Fig. 7 »



« Fig. 8 »