



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00753

(22) Data de depozit: 29.07.2011

(41) Data publicării cererii:
29.03.2013 BOPI nr. 3/2013

(71) Solicitant:
• TUDOR-FRUNZĂ 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:
• TUDOR-FRUNZĂ 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 POLIFAZIC CU RELUCTANȚĂ
DUBLU COMUTATĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un generator electric polifazat, cu reluctanță dublu comutată, destinat producerii de energie electrică. Generatorul electric, conform invenției, este alcătuit dintr-un stator (1) feromagnetic, având, în varianta de bază, patru poli (P_1 , P_2 , P_3 și P_4), două înfășurări (2 și 2') electrogeneratoare, dispuse pe două laturi opuse ale statorului (1), și doi magneți (3 și 3') permanenți, inserați pe celelalte două laturi ale statorului (1) și orientați astfel încât sensul magnetizării să fie convergent către latura primei înfășurări (2), și dintr-un rotor (4) feromagnetic ce realizează o închidere de circuit magnetic între doi poli (P_1 , P_3 sau P_2 , P_4) opuși, după principiul reluctanței minime.

Revendicări: 8
Figuri: 7

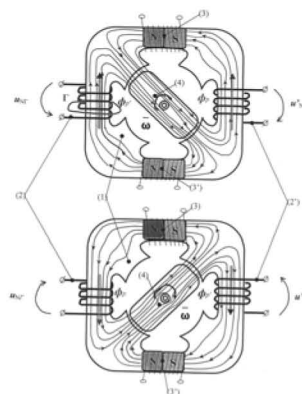


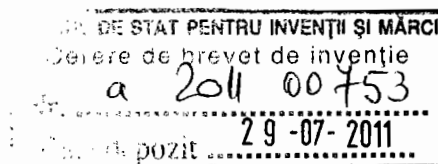
Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



GENERATOR ELECTRIC POLIFAZAT CU RELUCTANTA DUBLU COMUTATA

45



Invenția se referă la un **Generator electric polifazat cu reluctanța dublu comutată**, cu inductor și indus fix, destinat producerii de energie electrică, prin mișcarea mecanică a unui comutator de circuit magnetic, utilizabilă în orice aplicație de sistem energetic, inclusiv regenerabil.

În stadiul actual al tehnicii, este cunoscută producerea de energie electrică din energia mecanică prin *deplasarea relativă* circulară sau oscilantă a două elemente fundamentale denumite *indus* (elementul generator electric) și *inductor* (elementul care generează tensiunea magnetomotoare), ce au la bază legea inducției electromagnetice, care transformă energia mecanică în energie electrică prin variația fluxului magnetic produs de o sursă de câmp magnetic.

Datorită simetriei funcționale toate mașinile electrice bazate pe acest principiu atunci când sunt cuplate la o sarcină electrică, curentul electric apărut în *indus* generează un alt câmp magnetic ce se opune câmpului inductor generând o *forță de rezistență* ce acționează direct asupra mișcării mecanice generatoare, fiind direct proporțională cu valoarea acestui curent al sarcinii electrice.

Acest fenomen face ca puterea mecanică necesară menținerii unor parametrii electrici (tensiune, frecvență) să crească proporțional cu consumul (puterea electrică).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este aceea că, asigură o reducere a energiei mecanice necesare producerii de putere electrică prin faptul că, cuplul mecanic rezistiv este *independent* față de încărcarea cu sarcină electrică.

Generatorul electric cu reluctanță comutată, datorită particularităților constructive, realizează o creștere semnificativă a randamentului conversiei energiei mecanice în energie electrică deoarece utilizează un comutator neutru de circuit magnetic între inductorii (generatorul de câmp magnetic) și indusi, realizând variația fluxului magnetic *fără* deplasarea relativă a acestora unul față de altul, fiind fixați rigid în stator.

Mașina electrică generatoare conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- cuplul mecanic rezistent (la ax) este independent de încărcarea cu sarcină electrică; ceea ce implică că, peste o anumită putere electrică generată, puterea mecanică necesară este semnificativ mai mică față de cel mai performant generator electric cunoscut;
- fiabilitate maximă prin lipsa periiilor colectoare, deoarece inductorului și indusului sunt fixați pe stator;
- inerție mică a rotorului datorată masei reduse;

- aplicabilitate universala - se poate proiecta pentru o gama larga de putere si turatie in limitele tehnologice cunoscute prin utilizarea multipolara pentru sistemele energetice clasice sau regenerative, grupuri electrogene stationare sau mobile;
- este ideal in aplicatiile submersibile sau in atmosfera exploziva..

Se da, in continuare, un exemplu de realizare a inventiei, in legatura cu fig.1-6, care reprezinta :

- fig.1, model de ansamblu de baza **3D** a generatorului ;
- fig.2.1, model baza de functionare a generatorului cu rotorul pe pozitia **P1-P3**;
- fig.2.2, model baza de functionare a generatorului cu rotorul pe pozitia **P2-P4**;
- fig.3, model functional multipolar monofazic;
- fig.4, model constructiv multipolar trifazic cu infasurari in crestaturi ;
- fig.5, segment tola cu crestaturi;
- fig.6, model constructiv multipolar trifazic cu dubla comutatie cu flux transversal ;
- fig.7, model constructiv de baza polifazic cu dubla comutatie in flux radial;

Generatorul electric cu reluctanta comutata este 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 *comutatie* 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 :

$$R_m(t) = R_{m_{stat}}(t) + R_{m_{rot}}(t) = \frac{I_{stat}}{\mu S} + \frac{I_{rot}}{\mu(t) S}$$

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 :

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

ceea ce inseamna ca :

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

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 $M(t)$ in functie de energia campului magnetic W_m si viteza unghiulara ω dupa expresia:

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

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 :

$$\Sigma M(t) = 0$$

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.3., numite « **inductor** », asupra carora se vor aplica tensiuni de curent continuu astfel incat sa se respecte principiul polarizarii magnetice ce asigura convergenta campurilor catre infasurarile denumite « **indus** » similar cu reprezentarea campurilor din fig.2.1 sau fig.2.2.

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 suplimentar de poli in multiplu de patru :

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

unde :

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

Pnst. reprezinta nr. de poli din stator ;

si rotorul cu

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

Pnrt. reprezinta nr. de poli din rotor ;

conform modelului din fig.4, circuitele magnetice realizandu-se din doi in doi poli, astfel incat sa fie eliminata utilizarea unui angrenaj intermediar multiplicator de turatie intre axul elicei si axul generatorului.

Deoarece in configuratia de baza exista un cuplu reluctant de pornire (rupere) avand un maxim ce atinge o valoare excesiv de mare si prezinta (sub 50 rot/min) o variatie sinusoidala, amortizata cu cresterea turatiei, existand zone de maxim si minim ce afecteaza continuitatea cuplului rezistent la ax inclusiv in gol; se impune realizarea unui model constructiv trifazic – conform fig.4.- 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 la 120 grd. este realizat prin raportul de **12Pst/3Prt** realizat intre polii statorici si

rotorici iar talpa unui pol rotorice corespunde la doua crestaturi statorice; pasul polilor rotorici este dat de distanta a doi poli de crestatura statorice.

Pentru usurarea si automatizarea bobinarii statorul este compus din segmente modulare crestate - conform figurii 5, dispuse in numar de :

$n \times 4$ segmente la $3P_{nrt}$;
avand $n \times 4$ magneti inductori.

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.

Pe acest principiu sunt concepute doua modele functionale respectiv - un model trifazic conform fig. 6. , bazat pe fenomenul fizic de dubla comutare spatiala cu *fluxuri transversale* pe directia de rotatie, avand infasurarile induse bobinate transversal; si - un model polifazic functionaal de baza cu *flux radial* - conform fig. 7 - avand doua tipuri de infasurari, respectiv *radiale* asezate pe polii statorici si *transversale* asezate intre poli. In aceasta configuratie magnetii inductori sunt positionati cu polarizare alternata consecutiv intre polii statorici.

Raportul intre polii statorici si rotorici fiind de

$10P_{st}/4P_{rt}$

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

$N_{np} = n \times 10xP_{nst} / 4xP_{nrt}., (n \in \mathbb{N}),$

unde **N_{np}** 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 polifazat cu reluctanta dublu comutata, **caracterizat prin aceea ca**, are inductori si indusi fixati pe un stator circular de-a lungul circuitului magnetic intre poli, in ordine succesiva, 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 inductoare, iar cuplul mecanic rezistiv este independent fata de incarcarea cu sarcina electrica, utilizabil in orice aplicatie de sistem energetic, inclusiv regenerabil.

R2. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R1**, **caracterizat prin aceea ca**, este o masina electrica de curent alternativ compusa dintr-un stator feromagnetic circular ce contine, in varianta de baza, patru poli P1, P2, P3 si P4 cu doua infasurari electrogeneratoare dispuse pe doua laturi opuse de-a lungul circuitului magnetic produs de alte doua infasurari inductoare sau doi magneti permanenti inserati pe celelalte doua laturi, orientati astfel incat sensul magnetizarii sa fie convergent catre laturile infasurarilor electrogeneratoare, si un rotor feromagnetic ce realizeaza o inchidere de circuit magnetic intre doi poli opusi dupa principiul « reluctantei minime » consecutiv, respectiv P1 si P3 sau P2 si P4 .

R3. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R1**, **caracterizat prin aceea ca**, in configuratia monopolara numarul de poli statorici este in multiplu de patru, dupa relatia **$P_{st.4n}$ ($n \in \mathbb{N}$)** si rotorul cu **$P_{rt.4n/2}$ ($n \in \mathbb{N}$)**, circuitele magnetice realizandu-se din doi in doi poli , destinat obtinerii de valori de tensiune si frecventa exploataabile, la turatii ale rotorului reduse, fara utilizarea de multiplicatori mecanici.

R4. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R1**, si **R2 caracterizat prin aceea ca**, este compus dintr-un numar diferit de poli statorici si rotorici in raport fundamental de **12/3** conform relatiei, [**$N_{np} = n \times 12P_{nst} / 3P_{nrt}$** , ($n \in \mathbb{N}$)], defazati astfel incat sa se realizeze o compensare totala a cuplurilor reluctante statice si dinamice astfel incat suma cuplurilor sa fie nula la orice pozitie a rotorului, ce produc tensiuni electromotoare in raport trifazat si independent una fata de alta.

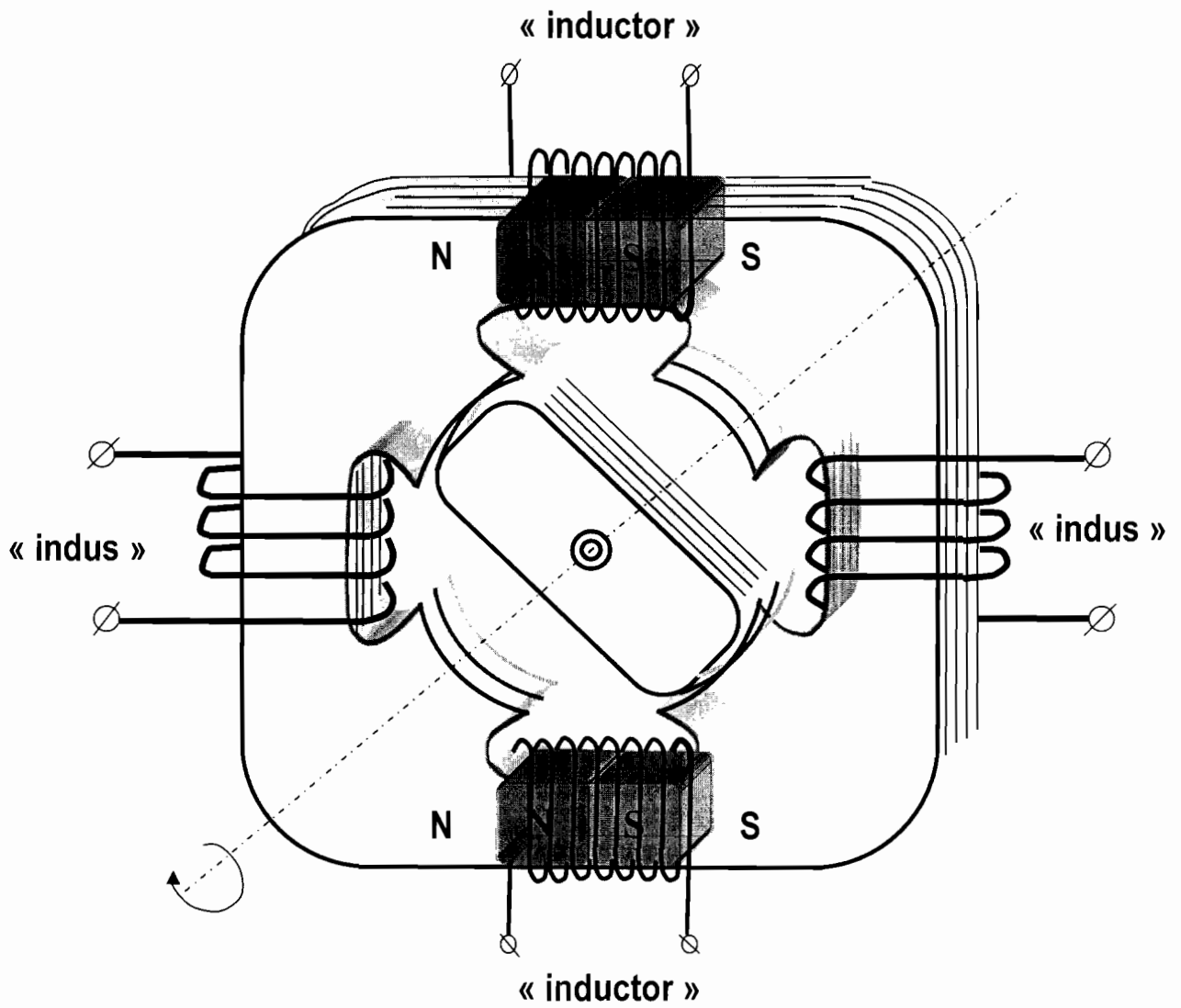
R5. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R4**, **caracterizat prin aceea ca**, pentru usurarea si automatizarea bobinarii statorul este compus din segmente modulare crestate .

R6. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R1**, **caracterizat prin aceea ca**, pentru marirea eficientei comutatiei reluctantei s-a realizat solutia inchiderii circuitelor reluctante prin intermediul *talpii polilor rotorici*, realizandu-se practic o *dubla comutare* spatiala de fluxuri statorice.

R7. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R1**, **caracterizat prin aceea ca**, pentru dublarea eficientei comutatiei reluctantei s-a realizat solutia inchiderii circuitelor reluctante prin *fluxuri transversale* la miscarea de rotatie.

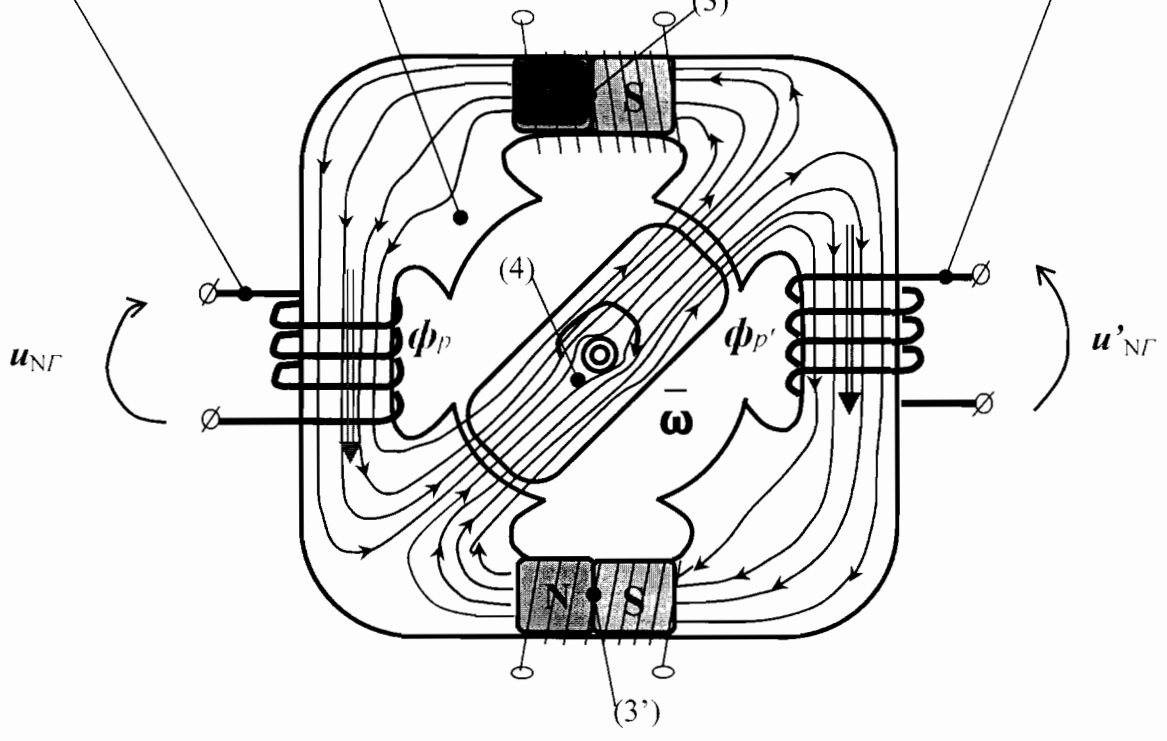
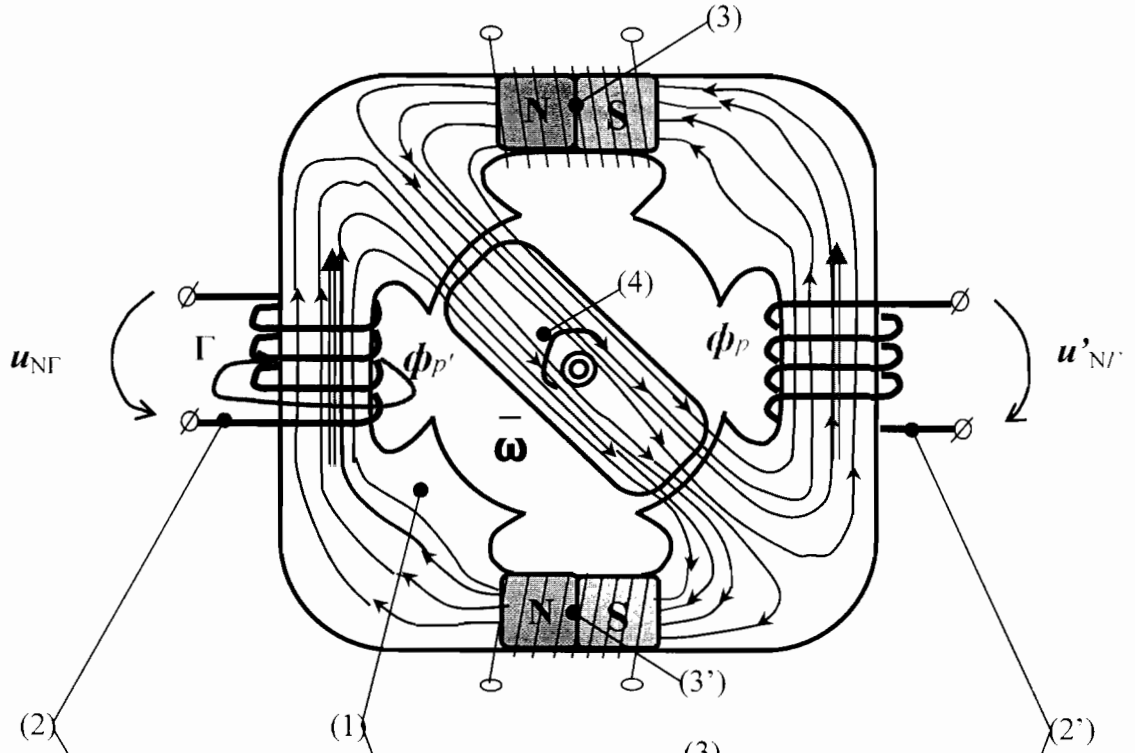
R8. Generator electric polifazat cu reluctanta dublu comutata, conform revendicarii **R1**, **caracterizat prin aceea ca**, pentru simplificarea constructiei s-a realizat solutia inchiderii circuitelor reluctante prin *fluxuri radial comutate* la miscarea de rotatie, prin talpa polilor rotorici avand doua tipuri de infasurari, respectiv *radiale* asezate pe polii statorici si *transversale* asezate intre poli, cu magnetii inductori pozitionati cu polarizare alternata consecutiv intre polii statorici.

DESENE

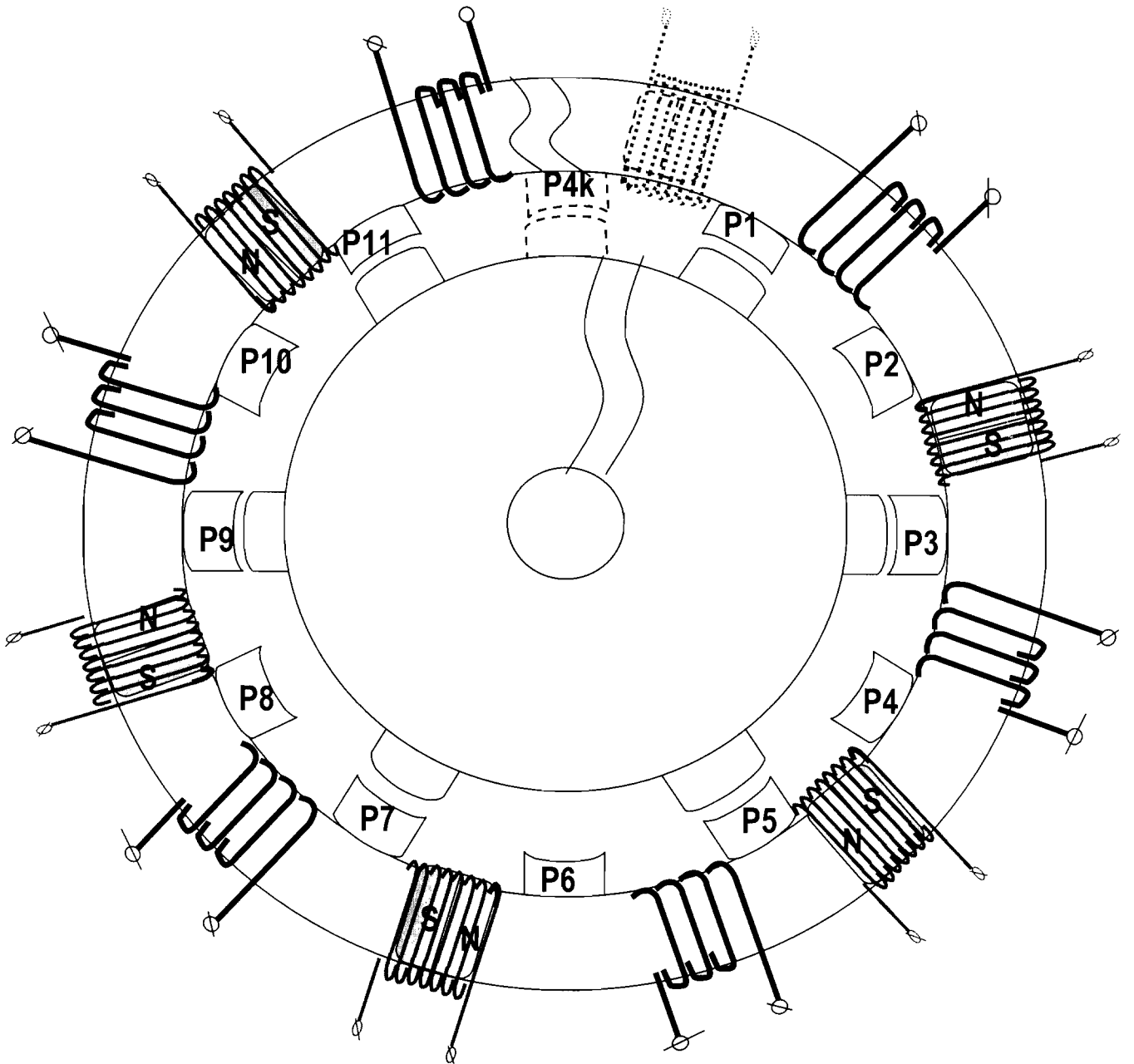


« Fig. 1 »

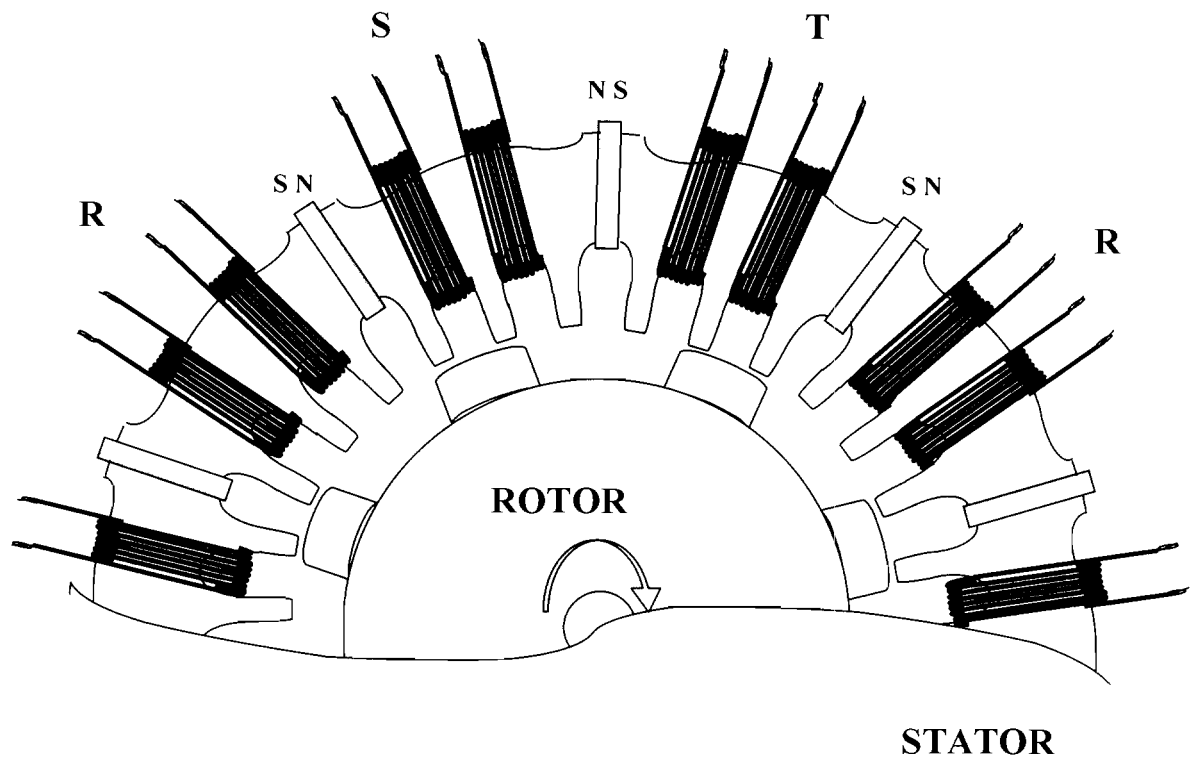
« Fig. 2.1 »



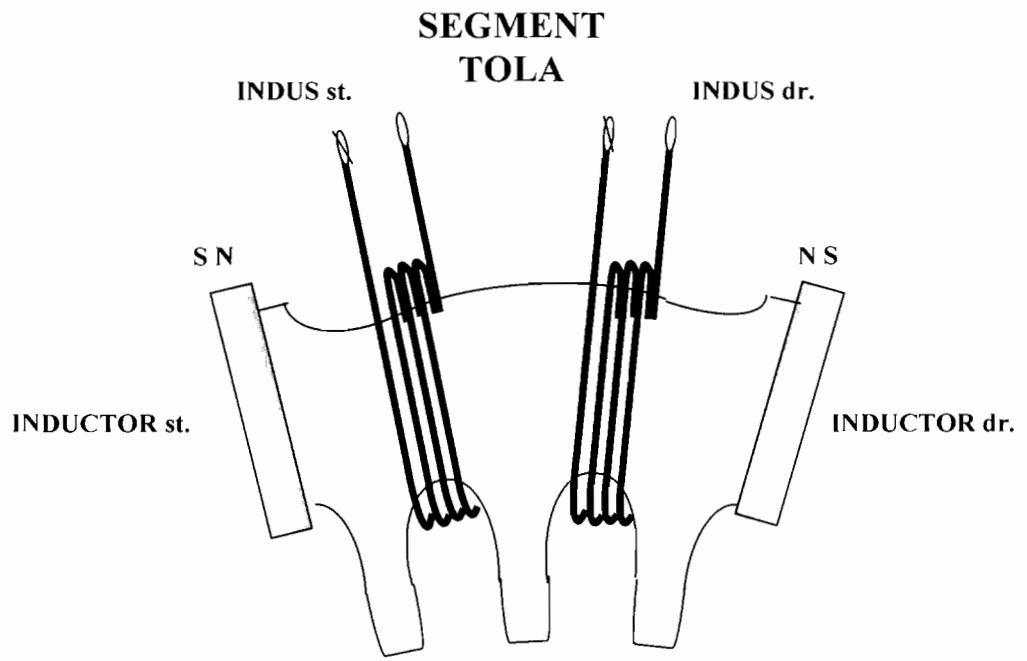
« Fig. 2.2 »



« Fig. 3 »

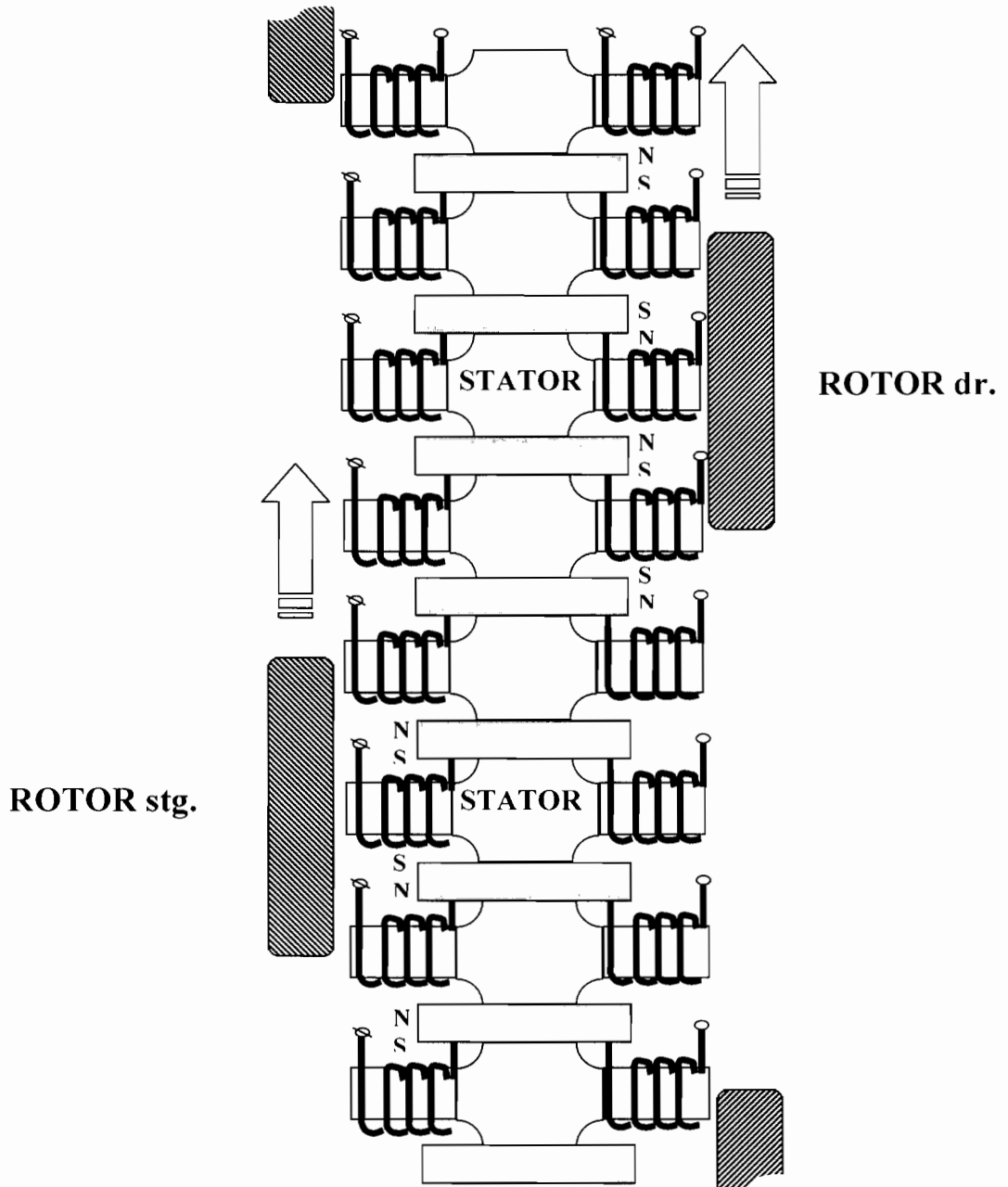


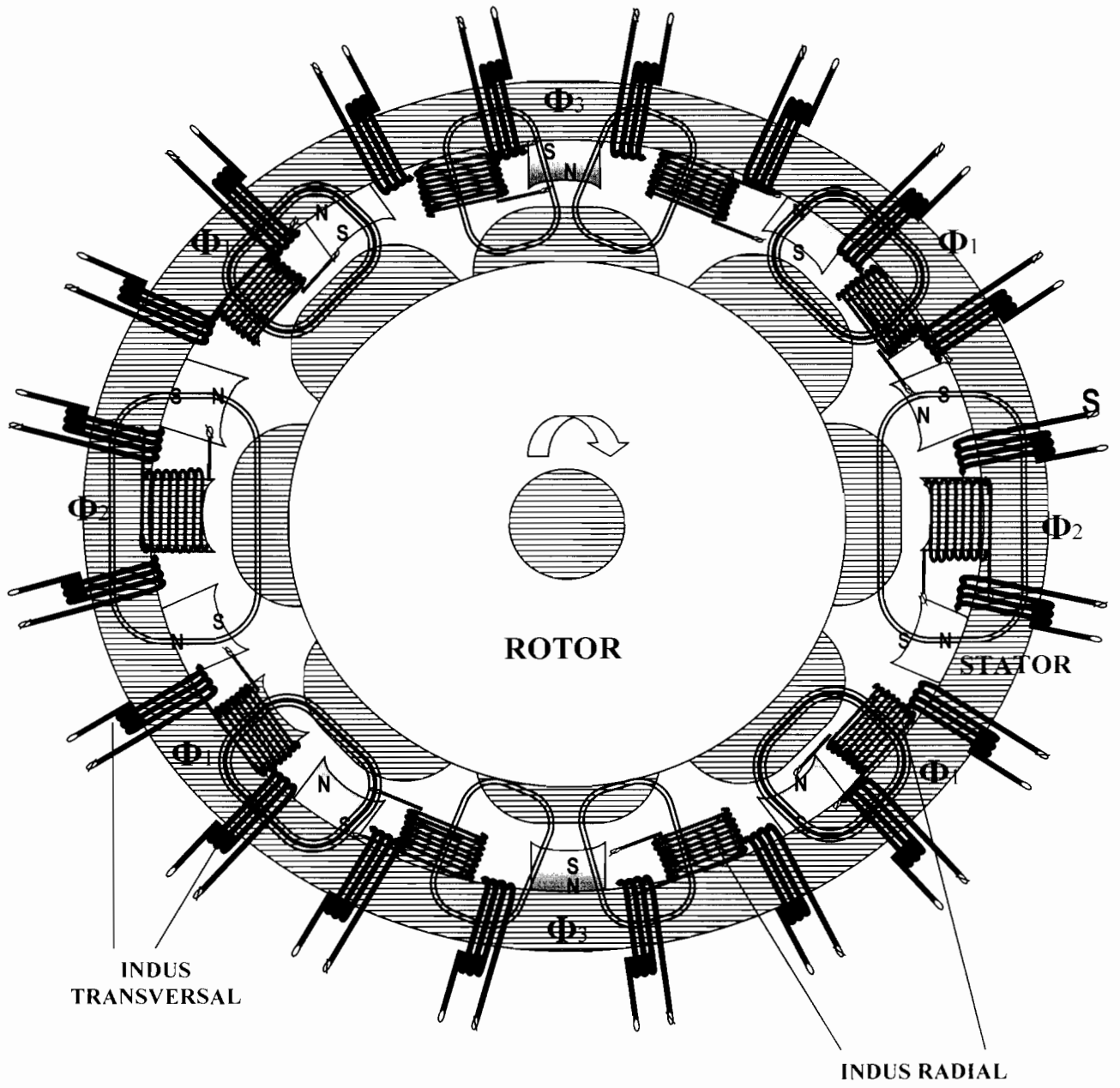
« Fig. 4 »



« Fig. 5 »

« Fig. 6 »





« Fig. 7 »