

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00440

(22) Data de depozit: 03/07/2017

(41) Data publicării cererii:  
30/04/2019 BOPI nr. 4/2019

(71) Solicitant:  
• ARGHIRESCU MARIUS, STR. MOȚOC  
NR.4, BL.P 56, SC.1, ET.8, AP.164,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• ARGHIRESCU MARIUS, STR.MOȚOC  
NR.4, BL.P 56, SC.1, ET.8, AP.164,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(54) GENERATOR MAGNETOELECTRIC CU FRÂNARE  
MAGNETICĂ REDUSĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un generator magnetoelectric cu frânare magnetică redusă prin producere de forță motrice. Generatorul conform invenției, format dintr-un rotor (R) cu  $2n$  sau  $4n$  magneți rotorici (4, 4', 4'') polarizați longitudinal, cu lungimea, respectiv, lățimea în unghi  $\pm \alpha = 25 \dots 45^\circ$  față de direcția radială, și cu polarizațiile P reciproc paralele, pentru magneți rotorici (4, 4', 4'') din același rând circular, și antiparalele, pentru o pereche de magneți rotorici (4, 4') dispuși pe un suport rotorici (2) circular, prin centrul căruia trece un ax (1) lăgăruit în niște rulmenți (3, 3') fixați în carcasa (11) generatorului, și dintr-un stator (S) cu  $n$  inductori (H) fixați într-un suport statoric (5) circular, și formați dintr-o parte feromagnetică (6) având două picioare (p, p') dispuse în unghi de  $25 \dots 45^\circ$  față de direcția radială, la fel ca magneții rotorici (4, 4', 4''), și cu capetele opuse acestora unite printr-un miez feromagnetic (m) de conexiune, paralel cu axul (1), pe care este fixată o bobină (7) inductoare, conectată electric adecvat în serie sau în paralel cu bobinele (7) celorlalți inductori (H), este caracterizat prin aceea că de picioarele (p, p') feromagnetice ale inductorului (H) este fixat câte un magnet statoric (8, 8') paralelipipedic sau tip sector de cerc, polarizat longitudinal, și cu polarizațiile P antiparalele și în unghi ( $\alpha$ ) față de direcția radială, pentru fiecare pereche de magneți statorici (8, 8'), și paralele, pentru magneți statorici (8, 8') din același șir circular, astfel încât să formeze două părți statorice circulare, paralele și planar-simetrice, cu magneții statorici (8, 8') dispuși repulsiv față de magneții rotorici (4, 4', 4'').

Revendicări: 7  
Figuri: 14

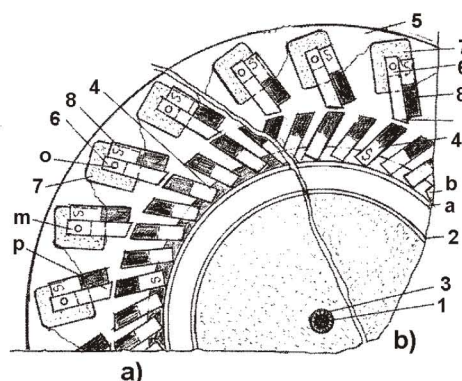


Fig. 6

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).



45

OFICIUL DE STAT PENTRU BREVETE ȘI MARCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2017 00440
Data depozit 03-07-2017

## Generator magneto-electric cu frânare magnetică redusă

Invenția se referă la un generator magneto-electric cu frânare magnetică redusă prin producerea de forță motrice .

Sunt cunoscuți generatori magneto-electrici formați dintr-un rotor cu magneți polarizați axial și dispuși radial, circular-simetric, într-un suport nemagnetic, cu polarizațiile reciproc antiparalele pentru doi magneți adiacenți, curentul electric fiind indus în niște bobine statorice interconectate în serie sau în paralel, cu sau fără miez feromagnetic. Inconvenientul acestui tip de generator îl constituie faptul că curentul indus generează- conform legii lui Lenz, un câmp magnetic ce se opune rotației, adică de frânare, care în cazul folosirii unor solenoizi cu miez feros, este generat și de microcurenții induși în miezul feros statoric, realizat cu continuitate circulară. Acest fapt limitează folosirea generatorului pentru turbine eoliene, în cazul zonelor cu vânt slab, de sub 3 m/s.

Mai este cunoscut, prin documentul RO2017-00090, un generator magneto-electric format dintr-un rotor cu magneți rotorici paralelipedici polarizați axial, tip bară, cu lungimea paralelă cu axul rotorului, cu polarizațiile P reciproc antiparalele și cu lățimea în unghi de 15-45° față de direcția radială fixați pe un suport rotoric și dintr-un stator cu o parte statorică circulară având un număr  $2n$  de inductori egal cu numărul magneților rotorici, formați din niște părți statorice feromagnetice tip sector de cerc continuate cu o parte dreaptă dispusă în unghi de 15-45° față de direcția radială, la fel ca magneții rotorici și unită cu o parte identică, planar-simetrică, prin o parte feromagnetică de conexiune, paralelă cu axul rotoric, ale cărei capete se unesc cu capetele părților drepte ale părților planar-simetrice ale inductorului, care mai are minim o bobină inductoare fixată pe partea de conexiune, cu lungimea puțin mai mică decât a acesteia și care poate fi continuată pe părțile drepte ale inductorului, părțile feromagnetice tip sector de cerc ale inductorului fiind fixate cu șuruburi și prin niște distanțieri tubulari, de pereții planari ai unei carcase neferomagnetice, cu înclinația părților drepte în același sens și cu o interdistanță  $z$  de 1-4 mm între ele, astfel încât să formeze două părți statorice circulare cu întreruperi  $z$ , setul de bobine inductoare interconectate adecvat în serie sau în paralel fiind conectat la un consumator prin intermediul unui întrerupător.

În cazul alimentării unui consumator de curent continuu, conectarea la un consumator a bobinelor inductoare interconectate adecvat, este realizată prin intermediul unui întrerupător automat, cu tranzistor de putere, care închide circuitul de alimentare a consumatorului în perioada de creștere a fluxului magnetic inductor  $\phi_M$  în partea inductivă și îl întrerupe la începerea descreșterii fluxului magnetic  $\pm\phi_M$ , comutându-l automat pentru încărcarea unui supercapacitor sau a unei baterii de condensatori electrolitici, astfel încât să se evite forțele de frânare generate la inversarea sensului curentului indus de către fluxul magnetic indus, descărcarea periodică a supercapacitorului sau a bateriei de condensatori fiind realizată tot automat, pentru încărcarea unei baterii de acumulator sau alimentarea unui alt consumator, în perioada de creștere a fluxului magnetic  $\pm\phi_M$ , când circuitul emitor-colector al tranzistorului este deschis.

În altă variantă, în spațiul dintre două bobine adiacente ale unor inductori succesivi este fixat câte un magnet statoric paralelipedic, cu grosimea de maxim 20mm și preferabil de cca 10mm, cu polii pe capete și polarizația P' paralelă cu a magneților rotorici, dispus între părțile drepte ale fiecărui inductor înclinat, în unghi de 15-45° față de direcția radială, la fel ca magneții rotorici și ecranat pe fața de întâlnire cu aceștia cu un ecran magnetic de tip feromagnetic sau magnetic- din magnet subțire polarizat invers față de magnetul ecranat, de grosime cca 1/3 din cea a magnetului, calculată la limita de ecranare a respingerii magnetice fără introducerea de forță magnetică de frânare prin atracție cu magnetul rotoric, pentru generarea de forță motrice de respingere magnetică disimetrică.

Acest generator prezintă un relativ dezavantaj dat de faptul că- pentru o diminuare a frânării magnetice pe toată perioada ciclului de lucru, la inversarea sensului fluxului magnetic indus circuitul format de bobinele inductoare și consumator trebuie comutat automat pentru încărcarea unor capacitatori care sunt descărcați în semiperioada următoare de creștere a

fluxului magnetic inductor, iar partea feromagnetică a inductorilor trebuie să aibă o talpă calibrată ca grosime la o valoare de optim.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția propusă o reprezintă realizarea unui generator magneto-electric cu forță de frânare a rotației prin câmpul magnetic indus diminuată pe toată durata unui ciclu de funcționare, care să valorifice eficient, preferabil-integral, fluxul magnetic indus în părțile inductoare statorice precum și câmpul magnetic al unor magneți statorici adecvat solidarizați cu partea feromagnetică a inductorului.

Generatorul magneto-electric cu frânare magnetică redusă conform invenției, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că este format dintr-un rotor cu un număr  $2n$  sau  $4n$  de magneți rotorici polarizați longitudinal, cu lungimea sau respectiv- lățimea în unghi  $\pm\alpha = 25-45^\circ$  față de direcția radială și cu polarizațiile P reciproc paralele- pentru magneți rotorici din același rând circular și antiparalele- pentru o pereche de magneți rotorici, dispuși pe un suport rotoric circular prin centrul căruia trece un ax lăgăruit în niște rulmenți fixați în carcasa generatorului, statorul generatorului având un număr  $n$  de inductori fixați într-un suport statoric circular și formați dintr-o parte feromagnetică cu două părți tip picior feromagnetic, dispuse în unghi de  $25-45^\circ$  față de direcția radială, la fel ca magneții rotorici și cu capetele opuse acestora- unite printr-un miez feromagnetic de conexiune, paralel cu axul, pe care este fixată o bobină inductoare, conectată electric adecvat în serie sau în paralel cu bobinele celorlalți inductori, de picioarele feromagnetice ale inductorului fiind fixat câte un magnet statoric paralelipipedic sau tip sector de cerc, polarizat longitudinal și cu polarizațiile P antiparalele și în unghi  $\alpha$  față de direcția radială, pentru fiecare pereche de magneți statorici și paralele- pentru magneți statorici din același șir circular, astfel încât să formeze două părți statorice circulare, paralele și planar-simetrice, cu magneții statorici dispuși repulsiv față de magneții rotorici

Rotorul poate avea un număr dublu,  $2n$ , de perechi de magneți rotorici, față de numărul inductorilor, magneții rotorici având câte un ecran feromagnetic de grosime cca  $1/4-1/3$  din cea a magnetului rotoric, în acest caz, iar pe picioarele feromagnetice ale inductorilor poate fi dispusă câte o bobină auxiliară înseriată cu bobina de pe miezul feromagnetic.

De asemenea, în spațiul dintre ax și circumferința cu magneții rotorici poate fi inclus un generator secundar cu rotorul fixat pe același suport rotoric ca și rotorul generatorului principal, partea circulară plină a suportului rotoric fiind prelungită cu două margini circulare groase în care se fixează magneții rotorici ai generatorului magneto-electric principal, statorul generatorului secundar având un set de bobine inductoare interconectate adecvat în serie sau în paralel și fiind solidarizat cu statorul generatorului principal printr-un suport statoric nemagnetic.

Într-o variantă, generatorul magneto-electric secundar are rotorul cu  $2n$  magneți rotorici paralelipipedici polarizați paralel cu lățimea și cu polarizațiile reciproc antiparalele, fixați cu lățimea în unghi  $\beta = 20-45^\circ$  față de direcția radială pe suportul rotoric, iar statorul are un miez circular feromagnetic de care sunt fixați  $n$  inductori formați din niște picioare feromagnetice drepte, fixate în unghi de  $20-45^\circ$  de miezul circular și prelungite cu o talpă și cu câte o bobină fixată pe picioarele feromagnetice, între care se află câte un picior feromagnetic fără bobină pe el, magneții rotorici fiind înclinați față de direcția radială cu același unghi  $\beta$  ca picioarele feromagnetice, miezul circular al statorului generatorului secundar fiind fixat în suportul statoric inelar, conectarea la un consumator a setului de bobine interconectate adecvat în serie sau în paralel, fiind realizată printr-un întrerupător simplu sau automat, electronic, de încărcare a unor condensatori în a doua jumătate a perioadei și descărcarea lor în prima jumătate a perioadei de lucru, când este alimentat electric consumatorul principal.

În altă variantă, generatorul magneto-electric secundar este format dintr-un rotor cu  $4n$  magneți rotorici tip sector de cerc sau paralelipipedici polarizați paralel cu grosimea, cu polii N-S pe fețe, fixați circular în marginile suportului rotoric, câte  $n$  magneți în fiecare margine, cu lățimea paralelă cu direcția radială și cu polarizațiile reciproc antiparalele, și dintr-un stator cu un număr  $2n$  de bobine având un miez feromagnetic cu secțiune în arc de cerc sau dreptunghiulară- cu latura mare tangentă la cercul de dispunere a bobinelor care formează

astfel niște inductori dispuși pe două rânduri circulare distanțate între ele, distanța dintre două bobine adiacente fiind calculată astfel încât direcția radială  $x-x'$  care trece prin capătul de sfârșit- în sensul acelor de ceasornic, al miezului feromagnetic al unei bobine din primul rând circular să treacă și prin capătul de început al unui miez feromagnetic al unei bobine din al doilea rând circular.

În alt exemplu de realizare al acestei variante, statorul are un număr  $2n$  de bobine având un miez feromagnetic cu secțiune dreptunghiulară, dispuse în unghi față de direcția radială, distanțate una față de alta astfel încât direcția radială  $x-x'$  care trece prin capătul dinspre exterior al miezului feromagnetic al unei bobine să treacă și prin capătul de început, dinspre  $ax$ , al unui miez feromagnetic al unei bobine adiacente, bobinele fiind fixate în niște locașuri dintr-un suport statoric inelar care se continuă spre exterior cu o parte având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele generatorului magneto-electric principal.

-Invenția prezintă avantajul că generatorul are momentul forțelor de frânare magnetică prin câmp magnetic indus compensat parțial sau total de momentul forțelor motrice de respingere magnetică, produse prin orientarea în unghi față de direcția radială a magneților rotorici și a părților feromagnetice și magnetice ale inductorilor statorici, generatorul putând fi astfel utilizat și pentru turbine eoliene de vânt slab sau în sistem generator-motor magnetic autonom, de exemplu- cuplat cu un motor magnetic de putere relativ mică, de maxim 1kW.

De asemenea, prin faptul că este realizat modular, generatorul poate fi realizat și de putere depășind 3 KW, cu 2 sau mai mulți statori și rotor dispuși paraleli sau concentric.

Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu figurile 1-8 care reprezintă:

- fig. 1, a,b, vedere din față parțială a generatorului magneto-electric în primul și al doilea exemplu de realizare a rotorului;
- fig.2, a,b, vedere din față a) și din lateral b) a unui inductor al generatorului în primul exemplu de realizare, cu magneți statorici paralelipipedici ecranați pe o față, integral;
- fig. 2, c, vedere din lateral a unui inductor al generatorului în al doilea exemplu de realizare a lui, cu magneți statorici tip sector de cerc;
- fig.2, d,e, vedere în secțiune d) și din lateral e) a unui inductor al generatorului în al treilea exemplu de realizare, cu magneți statorici paralelipipedici ecranați pe o jumătate a unei fețe;
- fig.3, vedere din față parțială a generatorului în primul exemplu de realizare a rotorului, fără spațiu liber între inductori;
- fig.4, a, b, vedere în secțiune longitudinală a) și din lateral b) a unui inductor în al patrulea exemplu de realizare, cu bobine de inducție pe miez și pe picioarele feromagnetice;
- fig.5, a,b, vedere din lateral a) și din față b) a unui magnet rotor cu margine feromagnetică;
- fig.6, vedere din față parțială a generatorului magneto-electric în primul și al doilea exemplu de realizare a rotorului, cu număr de magneți rotorici dublat ;
- fig.7, schema electrică a generatorului în varianta cu întrerupător automat și supercapacitor;
- fig.8, vedere din față parțială a unui generator magneto-electric secundar, în prima variantă de realizare a acestuia;
- fig.9, vedere din față cu ruptură a statorului a generatorului dublu, cu generator secundar în prima variantă de realizare a acestuia;
- fig. 10, vedere în secțiune B-B prin generatorul dublu din fig. 10;
- fig. 11, vedere din față a unei părți din generatorul secundar în prima variantă, cu inductorii în al doilea exemplu de realizare;
- fig.12, vedere din față cu ruptură a statorului a generatorului dublu, cu generator secundar în a doua variantă de realizare a acestuia;
- fig. 13, vedere în secțiune B'-B' prin generatorul dublu din fig. 12;
- fig.14, dispunerea inductorilor generatorului secundar în a doua variantă, în al doilea exemplu de realizare .

Generatorul magneto-electric conform invenției este format- într-o primă variantă, conformă figurilor 1 și 2, dintr-un rotor  $R$  cu un număr  $2n$  sau  $4n$  de magneți rotorici  $4-4'$  polarizați longitudinal, cu polii N-S pe capete, cu lungimea în unghi  $\pm\alpha = 25-45^\circ$  față de direcția radială și cu polarizațiile P reciproc paralele- pentru magneți rotorici  $4$  sau  $4'$  din același rând circular și antiparalele- pentru o pereche de magneți rotorici  $4-4'$ , sau cu  $n'$  sau  $2n$  magneți rotorici  $4''$  paralelipipedici polarizați longitudinal, dispuși cu lungimea paralelă cu axul 1 al rotorului

(fig.4) și cu lățimea în unghi  $\pm\alpha = 25\div 45^\circ$  față de direcția radială, pe un suport rotoric 2 circular prin centrul căruia trece axul 1, lăgăruit în niște rulmenți 3, 3' fixați în carcasa generatorului, statorul S al generatorului având un număr ,n' de inductori H fixați într-un suport statoric 5 circular și formați dintr-o parte feromagnetică 6 cu două părți tip picior p , p' feromagnetic, dispuse în unghi de 25-45° față de direcția radială, la fel ca magneții rotorici 4-4' și cu capetele opuse acestora- unite printr-un miez feromagnetic m de conexiune, paralel cu axul 1 , de secțiune dreptunghiulară, pe care este fixată o bobină 7 inductoare cu lungimea egală cu distanța între picioarele feromagnetice p, p' sau mai mică- în cazul în care pe picioarele p, p' feromagnetice este dispusă câte o bobină auxiliară 9, 9' înseriată cu bobina 7, (fig.4).

În acest din urmă caz, lungimea bobinei auxiliare 9, 9' este de cca  $\frac{1}{2}$  din lungimea piciorului feromagnetic p, p' și aproximativ egală cu dimensiunea paralelă cu polarizația P a magneților statorici 8, 8' care sunt fixați de partea de capăt a picioarelor feromagnetice p, p'. De picioarele p, p' feromagnetice ale inductorului H , fixate cu șuruburi s prin niște găuri o ale lor și prin niște distanțieri tubulari, de pereții planari ai unei carcase 11 neferomagnetice, de exemplu- din plexiglass, este fixat câte un magnet statoric 8, 8' paralelipipedic (fig. 2, a,b, d,e) sau tip sector de cerc (fig. 2,c), polarizat longitudinal și cu polarizațiile P antiparalele și în unghi  $\alpha$  față de direcția radială, pentru fiecare pereche de magneți statorici 8-8' și paralele- pentru magneți statorici 8 sau 8' din același șir circular, astfel încât să formeze două părți statorice S1, S2 circulare, paralele și planar-simetrice, cu magneții statorici 8- 8' dispuși repulsiv față de magneții rotorici 4- 4', respectiv- 4'', (fig. 2,a) .

-Magneții statorici 8, 8' pot fi de lungime aproximativ egală cu cea a picioarelor p, p' feromagnetice și ecranați de acestea pe toată partea de întâlnire cu magneții rotorici, partea mediană m unind capetele opuse axului 1 ale picioarelor p, p' feromagnetice, (fig. 2) sau pot fi ecranați doar pe jumătatea feței de întâlnire cu magneții rotorici 4-4' (4''), dacă picioarele p, p' feromagnetice sunt de lungime cel mult egală cu  $\frac{1}{2}$  din lungimea magnetului statoric 8, 8', unirea picioarelor p, p' feromagnetice cu partea mediană m a părții feromagnetice 6 putând fi realizată în acest caz printr-o parte de conexiune n, oblică, ( fig. 2, d, e).

În cazul utilizării unor magneți statorici 8, 8' în formă de sector de cerc, (fig. 2, c), doar polii de interacție a acestora cu magneții rotorici 4-4' (4'') sunt lipiți de picioarele p, p' feromagnetice, avantajul fiind că liniile de câmp dinspre piciorul p, p' ale magnetului statoric nu se mai închid decât în partea de capăt prin acesta, puterea de interacție cu magnetul rotoric 4, 4', 4'' a magnetului statoric 8, 8' fiind astfel mai puțin diminuată de piciorul p, p'.

Magneții rotorici 4, 4', 4'', și statorici 8, 8' sunt de tip NdFeB, preferabil, cu grosimea de 5- 15 mm, maxim 20 mm și cu lățimea și lungimea alese funcție de dimensiunile picioarelor p, p', și ale miezului m și de puterea preconizată pentru generator.

Magneții rotorici 4, 4' pot fi aleși cu secțiunea longitudinală- tip paralelogram sau dreptunghiulară, în cazul al doilea ei fiind prevăzuți- de preferință, pe partea de capăt dinspre stator, cu o margine feromagnetică v cu secțiune triunghiulară, prelungită- preferabil, cu o parte -ecran e plată, de ecranare a repulsiei cu magnetul statoric 8, 8' la apropierea de acesta sau și cu o ,coadă' f de fixare , ca în figura 5. Similar, dacă magnetul rotoric 4'' este ales cu polarizația paralelă cu axul 1 rotoric , cu lungimea egală cu cea dintre marginile exterioare ale picioarelor p, p' și lățimea în unghi  $\pm\alpha$  față de direcția radială, ca în fig. 4, ei pot fi aleși cu secțiunea pe direcția lățimii fie tip paralelogram fie dreptunghiulară, în acest din urmă caz fiind recomandabil ca marginea dinspre stator să fie prevăzută cu o margine feromagnetică v similară, însă doar pe porțiunile corespondente lățimii picioarelor p, p' feromagnetice, pentru micșorarea întrefierului y dintre capetele magneților rotorici și picioarele p, p' feromagnetice, preferabil- la o valoare cât mai mică posibil (0,1÷2mm), distanța dintre polii de interacție ai magneților statorici 8, 8' și magneții rotorici 4, 4', (4'') fiind aleasă cu minim 2 mm mai mică decât întrefierul y dar nu mai mare de 10mm, preferabil, astfel încât să nu fie necesară o forță motrice  $F_M$  prea mare de introducere a magnetului rotoric 4, 4', (4'') în câmpul repulsiv al magnetului statoric 8, 8' dar fără diminuarea substanțială a forței de interacție magnetică  $F_m$  dintre magnetul rotoric și magnetul statoric 8, 8'.



-Modul de funcționare al generatorului este următorul:

La imprimarea unei rotații printr-un cuplu mecanic produs de un motor sau de un rotor eolian cuplat cu axul la generator în mod direct sau printr-un multiplicator de turație, perechile de magneți rotorici **4-4'** sau, respectiv- magneții rotorici **4''**, la apropierea de o pereche de picioare **p-p'** feromagnetice, inițial magneții rotorici **4-4'** sunt atrași de picioarele **p-p'** feromagnetice, care ecranează câmpul repulsiv al poliilor corespondenți ai magneților statorici **8-8'**, ceea ce apropie magneții rotorici **4-4'** de aceștia, dar la atingerea în imediata apropiere de picioarele **p-p'** feromagnetice, prin creșterea de flux magnetic inductor  $\phi_M$  în acestea, induc în bobina **7** sau- în alt exemplu de realizare, și în bobinele auxiliare **9, 9'**, o tensiune :  $e = -(d\phi/dt)$  și un curent electric  $I$  care generează un flux magnetic indus  $\phi_i$  care este repulsiv față de perechea de magneți rotorici **4-4'**, partea feromagnetică **6** acționând astfel ca un electromagnet repulsiv față de aceștia, forța de repulsie fiind maximă când magneții rotorici **4-4'** sunt aliniați cu picioarele **p-p'** feromagnetice. Însă din cauza înclinării în unghi  $\alpha$  a picioarelor **p, p'** feromagnetice (și în unghi  $\pm\alpha$  a magneților rotorici **4-4'** sau **4''**), forța de repulsie magnetică  $F_m$ , orientată de asemenea în unghi  $\alpha$  față de direcția radială, se descompune în două componente: o componentă radială,  $F_r$  și o componentă tangențială  $F_M$  motrice, orientată în sensul rotației rotorului **R**, care introduce forțat magneții rotorici **4-4'** (**4''**) în câmpul repulsiv al magneților statorici **8-8'**, care apoi îi resping cu o forță magnetică  $F_m'$  care are o componentă motrice  $F_M'$  de trimitere a magneților rotorici **4-4'** (**4''**) către inductorul **H** următor, unde procesul se reia.

Câmpul magnetic repulsiv al magneților statorici **8-8'** este mai puternic decât câmpul magnetic atractiv generat de picioarele **p-p'** feromagnetice la depărtarea magneților rotorici **4-4'** (**4''**) de acestea, și ca urmare a faptului că magneții statorici **8, 8'** ecranează acțiunea magnetică atractivă a lor, în a doua semiperioadă de generare a curentului indus  $I$ .

Pentru micșorarea puterii mecanice de intrare, aplicată la axul rotorului **R**, generatorul conform invenției poate fi realizat –într-un exemplu particular, conform figurii 6, cu un număr dublu,  $2n$ , de perechi de magneți rotorici **4-4'** sau magneți rotorici **4''**, astfel încât când  $n$  perechi de magneți rotorici **4-4'** sau magneți rotorici **4''** sunt în dreptul capetelor picioarelor **p-p'** feromagnetice ale celor  $n$  inductori **H**, alte  $n$  perechi de magneți rotorici **4-4'** sau magneți rotorici **4''** sunt poziționați la mijlocul distanței dintre perechile de picioare **p-p'** ale unor inductori **H** adiacenți, adică sub acțiunea forței motrice  $F_M'$  generată de o pereche de magneți statorici **8-8'**, ceea ce ajută suplimentar introducerea forțată a magneților rotorici **4-4'** sau **4''** adiacenți în câmpul repulsiv al perechilor de magneți statorici **8-8'**. În particular, acest exemplu de realizare a generatorului poate permite transformarea acestuia în motor-generator, cu mișcarea de rotație autoîntreținută, prin condiția ca grosimea picioarelor **p, p'** feromagnetice să fie aleasă astfel încât la o turație  $\omega_r$  precalculată, imprimată inițial mecanic, picioarele feromagnetice **p, p'** magnetizate de fluxul indus  $\phi_i$  să aibă un raport: volum/forță motrice ( $F_M$ ) generată, minim, iar la o turație de cca 0,5-1 rot./sec. picioarele feromagnetice **p, p'** să ecraneze repulsia magnetică la apropierea magneților rotorici **4-4'** (**4''**) de magneții rotorici **8-8'** cu generarea unei forțe magnetice de atracție neglijabilă –comparativ cu forța de repulsie a magneților statorici **8-8'**, în poziția de aliniere a magneților rotorici **4-4'** (**4''**) cu vârful picioarelor **p-p'** feromagnetice.

Conectarea la un consumator a bobinelor **7, (9, 9')** interconectate adecvat, în paralel sau în serie, astfel încât curenții induși în ele să nu se anuleze reciproc, este realizată prin intermediul unui întrerupător obișnuit- în cazul alimentării unui consumator de curent alternativ, prin intermediul unui bloc cu invertor și stabilizator de tensiune.

În cazul alimentării unui consumator de curent continuu, aceasta se poate face fie ca în cazul anterior, printr-un întrerupător obișnuit, fie printr-un întrerupător automat, **D**, (fig.7), care închide circuitul de alimentare a consumatorului **C** în perioada de creștere a fluxului magnetic inductor  $\phi_M$  în inductorii **H** și îl întrerupe la începerea descreșterii fluxului magnetic  $\phi_M$ , comutându-l automat pentru încărcarea unui supercapacitor **S** sau a unei baterii de condensatori electrolitici, astfel încât să se evite forțele de frânare generate la inversarea sensului curentului indus, de către fluxul magnetic indus,  $\pm\phi_i$ , descărcarea periodică a supercapacitorului **S** sau a bateriei de condensatori fiind realizată tot automat, pentru

încărcarea unei baterii de acumulator **B** sau alimentarea unui alt consumator, în perioada de creștere a fluxului magnetic  $\Phi_M$ , când circuitul emitor-colector al tranzistorului **T** de putere este deschis prin polarizarea adecvată a bazei acestuia prin curentul electric generat în secundarul transformatorului **Tr** al cărui primar este inseriat în circuitul consumatorului **C**, (curentul **I** cu sens de blocare a tranzistorului **T** fiind circulat prin dioda din circuitul bazei).

La scăderea fluxului magnetic inductor și inversarea fluxului magnetic indus, curentul  $I_g$  generat în bobinele **7**, (**9**, **9'**) nu mai trece prin consumatorul **C** din cauza sensului permis de dioda **r**, fiind evitată astfel generarea de flux magnetic indus  $-\Phi_i$  -de frânare, dar diferența de potențial de la capetele setului de bobine **7**, (**9**, **9'**) încarcă supercapacitorul **S** care se descarcă ulterior, la noua inversare de sens a curentului  $I_g$  prin deschiderea tranzistorului **T** de putere, ales adecvat (în particular-tip Darlington).

Inductorii **H** pot fi realizați dimensional și funcție de frecvența dorită a curentului generat, de la un număr de minim 4 până la un număr **N** limitat dat de circumferința rotorului și de diametrul bobinelor **7**, (limita fiind dată- pentru un diametru prestabilit al statorului, de atingerea în contact a suprafețelor bobinelor **7** adiacente,-figura 6).

Partea feromagnetică a statorului **S** este preferabil a fi realizată din tole de oțel electrotehnic, de oțel silicios, de exemplu, lăcuite în strat subțire, dar se poate utiliza și Fe pur sau mu-metal sau ferită specială.

Ecranul feromagnetic **e** pentru magneții rotorici **4**, **4'**, (**4''**), este ales de grosime cca 1/4-1/3 din cea a magnetului rotor, fiind calculată la limita de ecranare a respingerii magnetice fără introducerea de forță magnetică de frânare prin atracție cu magnetul statoric **8**, **8'**.

În cazul realizării generatorului la un diametru mai mare, de exemplu- pentru o turbină eoliană cu generatorul electric încorporat, el poate fi realizat dublu, cu un generator secundar inclus în spațiul dintre ax și circumferința cu magneții rotorici **4-4'**, (**4''**) ai generatorului de bază și cu magneții rotorici fixați pe același suport rotoric **2** ca și magneții rotorici ai generatorului de bază, cu rotorul pe același ax **1** și acționat de același motor sau rotor eolian.

- Într-o primă variantă, generatorul magneto-electric secundar poate fi realizat cu generare și de forță motrice ca în fig.8, conform documentului RO2017-0010 dar într-o variantă simplificată, fiind format dintr-un rotor **R'** cu un număr par  $2n$  de magneți rotorici **12** paralelipedici polarizați paralel cu lățimea și cu polarizațiile reciproc antiparalele, fixați cu lățimea în unghi  $\beta = 20-45^\circ$  față de direcția radială într-un inel feromagnetic **i** fixat pe suportul rotoric **2**, iar statorul **S'** având un miez circular **10** feromagnetic de care sunt fixați  $n$  inductori **H'** formați din niște picioare feromagnetice **q**, **q'** drepte, fixate în unghi de  $20-45^\circ$  de miezul circular **10** și prelungite cu o talpă **t** și cu câte o bobină **9''** fixată pe picioarele feromagnetice **q**, între care se află câte un picior feromagnetic **q'** fără bobină pe el, magneții rotorici **12** fiind înclinați față de direcția radială cu același unghi  $\beta$  ca picioarele feromagnetice **q**, **q'**, conectarea la un consumator **C** a setului de bobine **9''** interconectate adecvat în serie sau în paralel, fiind realizată printr-un întrerupător simplu sau automat, electronic, de încărcare a unor condensatori în a doua jumătate a perioadei și descărcarea lor în prima jumătate a perioadei de lucru, când este alimentat electric consumatorul principal **C**, (fig. 7).

Partea circulară plină a suportului rotoric **2** este în acest caz prelungită cu două margini **u**, **u'** circulare groase în care se fixează magneții rotorici **4**, **4'** ai generatorului magneto-electric principal, ca în fig. 10. De asemenea, miezul circular **10** al statorului **S'** al generatorului secundar este fixat în acest caz într-un suport statoric **13** inelar, nemagnetic, din plastic sau pertinax, având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele **7** ale generatorului magneto-electric principal astfel încât picioarele **p**, **p'** ale inductorilor **H** ai generatorului principal să fie orientate cu capetele spre exterior și spre polii de interacție ai magneților rotorici **4**, **4'** care –pentru fixare în marginile circulare ale suportului rotoric **2**, au lățimea mai mare decât lățimea magneților statorici **8**, **8'** ai statorului **S** al generatorului principal.

De asemenea, suportul statoric inelar **13** mai are și niște picioare **g**, de fixare de carcasa **11** cu șuruburi **s**, iar inductorii **H'** pot fi realizați și ca în fig. 12, cu picioarele feromagnetice **q**, **q'** formate din o parte dreaptă- paralelă cu direcția radială, pe care este dispusă bobina **9''** continuată cu o parte **h** în unghi  $\alpha \approx 45^\circ$  prelungită cu o talpă **t** scurtă.

- Într-o a doua variantă, generatorul magneto-electric secundar poate fi realizat ca în figurile 13, 14, format dintr-un rotor  $R''$  cu  $4n$  magneți rotorici  $12', 12''$  tip sector de cerc sau paralelipipedici polarizați paralel cu grosimea, cu polii N-S pe fețe, fixați circular în marginile  $u, u'$  ale suportului rotorici  $2$ , câte  $2n$  magneți în fiecare margine  $u$  sau  $u'$ , cu lățimea paralelă cu direcția radială și cu polarizațiile P reciproc antiparalele, și dintr-un stator  $S''$  cu un număr  $2n$  de bobine  $14, 14'$  având un miez feromagnetic  $w, w'$  cu secțiune în arc de cerc sau dreptunghiulară- cu latura mare tangentă la cercul de dispunere a bobinelor  $14, 14'$  care formează astfel niște inductori  $H'$  dispuși pe două rânduri circulare distanțate între ele, distanța dintre două bobine  $14$  sau  $14'$  adiacente fiind calculată astfel încât direcția radială  $x-x'$  care trece prin capătul de sfârșit- în sensul acelor de ceasornic, al miezului feromagnetic  $w$  al unei bobine  $14$  din primul rând circular să treacă și prin capătul de început al unui miez feromagnetic  $w'$  al unei bobine  $14'$  din al doilea rând circular, pentru ca magneții rotorici  $12'$  având polarizațiile P reciproc paralele sau antiparalele să fie atrași uniform de părțile miezurilor  $w, w'$ .

Bobinele  $14, 14'$  sunt fixate în niște locașuri dintr-un suport statoric  $13'$  inelar al statorului  $S'$ , nemagnetic, din plastic sau pertinax, care se continuă spre exterior cu o parte având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele  $7$  ale generatorului magneto-electric principal astfel încât picioarele  $p, p'$  ale inductorilor  $H$  ai generatorului principal să fie orientate cu capetele spre exterior și spre polii de interacție ai magneților rotorici  $4, 4'$  care –pentru fixare în marginile circulare ale suportului rotorici  $2$ , au lățimea mai mare decât lățimea magneților statorici  $8, 8'$  ai statorului  $S$  al generatorului principal. De asemenea, suportul statoric inelar  $13'$  mai are și niște picioare  $g$  de fixare de carcasa  $11$  cu șuruburi  $s$ .

Într-un alt exemplu de realizare, generatorul este format dintr-un rotor  $R''$  cu  $2n$  sau  $4n$  magneți rotorici  $12', 12''$  tip sector de cerc sau paralelipipedici polarizați paralel cu grosimea, cu polii N-S pe fețe, fixați circular în marginile  $u, u'$  ale suportului rotorici  $2$ , câte  $n$  magneți în fiecare margine  $u$  sau  $u'$ , cu lățimea paralelă cu direcția radială și cu polarizațiile reciproc paralele –cu  $n$  magneți rotorici  $12', 12''$  de fiecare parte și cu interdistanță egală cu lungimea medie între marginile adiacente ale lor, sau cu polarizațiile antiparalele- cu  $2n$  magneți rotorici  $12', 12''$  de fiecare parte și fără distanță între ei și dintr-un stator  $S''$  cu un număr  $2n$  de bobine  $14$  având un miez feromagnetic  $w$  cu secțiune dreptunghiulară, dispuse în unghi față de direcția radială, ca în fig. 15 și distanțate una față de alta astfel încât direcția radială  $x-x'$  care trece prin capătul dinspre exterior al miezului feromagnetic  $w$  al unei bobine  $14$  să treacă și prin capătul de început, dinspre axul  $1$ , al unui miez feromagnetic  $w$  al unei bobine  $14$  adiacente, bobinele  $14$  fiind fixate în niște locașuri dintr-un suport statoric  $13'$  inelar al statorului  $S''$ , nemagnetic, care se continuă spre exterior cu o parte având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele  $7$  ale generatorului magneto-electric principal.

Construcțiile generatorului din figurile 1-6, considerate la scara 1:1 pot constitui și exemple de realizare ale variantelor respective.

Bobina  $7$ , este preferabil să aibă cca  $200+500$  spire din sârmă Cu-Em de  $0,5+1,5$ mm diametru- pentru o secțiune de  $100-250$  mm<sup>2</sup> a părții de conexiune  $c$ , feromagnetice, funcție de gabaritul și puterea generatorului iar bobina  $9, 9'$  –cca  $50+200$  spire din sârmă de același diametru sau mai subțire. Magneții rotorici  $4-4', 4''$  respectiv- statorici  $8, 8'$  se aleg preferabil din NdFeB. Lungimea magneților rotorici se alege de maxim 100mm, preferabil-până la 70 mm, iar lățimea este preferabil să fie de minim 1,5-2 ori mai mare decât grosimea, aleasă de 5-20mm –funcție de puterea dorită a generatorului.

Capetele axului  $1$  pot fi fixate fie în rulmenți, preferabil- ceramici, fie în lagăre magnetice.

Forța de repulsie magnetică disimetrică, orientată oblic, după direcția părții de picior  $p, p'$ , ( $q, q'$ ) a părții feromagnetice a inductorului  $H$ , se realizează prin proprietatea acesteia de a strânge liniile de câmp magnetic.

Prin faptul că generatorul are momentul forțelor de frânare magnetică prin câmp indus compensat parțial sau total de momentul forțelor motrice  $F_M$  magnetice, el poate fi utilizat și pentru turbine eoliene de vânt slab sau în sistem generator-motor magnetic autonom, cuplat cu un motor magnetic de putere relativ mică, de maxim 1kW.



## Revendicări

1. Generator magneto-electric cu producere de forță motrice, format dintr-un rotor (**R**) cu un număr  $2n$  sau  $4n$  de magneți rotorici (**4-4'** sau **4''**) polarizați longitudinal, cu lungimea sau respectiv- lățimea în unghi  $\pm\alpha = 25\pm 45^\circ$  față de direcția radială și cu polarizațiile P reciproc paralele- pentru magneți rotorici (**4, 4'** sau **4''**) din același rând circular și antiparalele- pentru o pereche de magneți rotorici (**4-4'**), dispuși pe un suport rotoric (**2**) circular prin centrul căruia trece un ax (**1**) lăgăruit în niște rulmenți (**3, 3'**) fixați în carcasa (**11**) a generatorului, statorul (**S**) al generatorului având un număr „n” de inductori (**H**) fixați într-un suport statoric (**5**) circular și formați dintr-o parte feromagnetică (**6**) cu două părți tip picior (**p, p'**) feromagnetic, dispuse în unghi de  $25-45^\circ$  față de direcția radială, la fel ca magneții rotorici (**4-4', 4''**) și cu capetele opuse acestora- unite printr-un miez feromagnetic (**m**) de conexiune, paralel cu axul (**1**), pe care este fixată o bobină (**7**) inductoare, conectată electric adecvat în serie sau în paralel cu bobinele (**7**) ale celorlalți inductori (**H**), **caracterizat prin aceea că**, de picioarele (**p, p'**) feromagnetice ale inductorului (**H**) este fixat câte un magnet statoric (**8, 8'**) paralelipipedic sau tip sector de cerc, polarizat longitudinal și cu polarizațiile P antiparalele și în unghi  $\alpha$  față de direcția radială, pentru fiecare pereche de magneți statorici (**8-8'**) și paralele- pentru magneți statorici (**8** sau **8'**) din același șir circular, astfel încât să formeze două părți statorice circulare, paralele și planar-simetrice, cu magneții statorici (**8- 8'**) dispuși repulsiv față de magneții rotorici (**4- 4'**), respectiv- (**4''**).

2. Generator magneto-electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, picioarele feromagnetice (**p, p'**) sunt de lungime cel mult egală cu  $\frac{1}{2}$  din lungimea magnetului statoric (**8, 8'**) care astfel sunt ecranate pe jumătatea feței de întâlnire cu magneții rotorici (**4-4', 4''**), unirea picioarelor (**p, p'**) feromagnetice cu partea mediană (**m**) a părții feromagnetice (**6**) fiind realizată printr-o parte de conexiune (**n**), oblică, iar rotorul (**R**) are un număr dublu,  $2n$ , de perechi de magneți rotorici (**4-4'**) sau magneți rotorici (**4''**), față de numărul inductorilor (**H**), magneții rotorici (**4, 4',** sau **4''**) având câte un ecran feromagnetic (**e**) de grosime cca  $\frac{1}{4}\pm \frac{1}{3}$  din cea a magnetului rotoric, calculată la limita de ecranare a respingerii magnetice fără introducerea de forță magnetică de frânare prin atracție cu magnetul statoric (**8, 8'**).

3. Generator magneto-electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pe picioarele (**p, p'**) feromagnetice ale inductorilor (**H**) este dispusă câte o bobină auxiliară (**9, 9'**) înseriată cu bobina (**7**) de pe miezul (**m**), cu lungimea de cca  $\frac{1}{2}$  din lungimea piciorului feromagnetic (**p, p'**) și aproximativ egală cu dimensiunea paralelă cu polarizația P a magneților statorici (**8, 8'**) care sunt fixați de partea de capăt a picioarelor feromagnetice (**p, p'**).

4. Generator magneto-electric, conform revendicării 1, 2 sau 3, **caracterizat prin aceea că**, în spațiul dintre ax și circumferința cu magneții rotorici (**4-4', 4''**), este inclus un generator secundar cu rotor (**R', R''**) cu magneți rotorici (**12, 12', 12''**), fixat pe același suport rotoric (**2**) ca și rotorul (**R**) al generatorului principal, partea circulară plină a suportului rotoric (**2**) fiind prelungită cu două margini (**u, u'**) circulare groase în care se fixează magneții rotorici (**4, 4'**) ai generatorului magneto-electric principal, iar statorul (**S', S''**) al generatorului secundar având un set de bobine inductoare (**14, 14'**) interconectate adecvat în serie sau în paralel, este solidarizat cu statorul (**S**) al generatorului principal printr-un suport statoric (**13, 13'**) inelar, nemagnetic, având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele (**7**) ale generatorului magneto-electric principal astfel încât picioarele (**p, p'**) ale inductorilor (**H**) ai generatorului principal să fie orientate cu capetele spre exterior și spre polii de interacție ai magneților rotorici (**4, 4'**) care au lățimea mai mare decât lățimea magneților statorici (**8, 8'**) ai statorului (**S**) al generatorului principal, suportul statoric (**13, 13'**) inelar având și niște picioare (**g**), de fixare de carcasa (**11**) cu șuruburi (**s**).

5. Generator magneto-electric, conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea că**, generatorul magneto-electric secundar are rotorul (**R'**) cu  $2n$  magneți rotorici (**12**) paralelipipedici polarizați paralel cu lățimea și cu polarizațiile reciproc antiparalele, fixați cu lățimea în unghi  $\beta = 20-45^\circ$  față de direcția radială într-un inel feromagnetic (**i**) fixat pe suportul rotoric (**2**), iar statorul (**S'**) are un miez circular (**10**) feromagnetic de care sunt fixați

n inductori ( $H'$ ) formați din niște picioare feromagnetice ( $q, q'$ ) drepte, fixate în unghi de 20-45° de miezul circular (10) și prelungite cu o talpă ( $t$ ) și cu câte o bobină ( $9''$ ) fixată pe picioarele feromagnetice ( $q$ ), între care se află câte un picior feromagnetic ( $q'$ ) fără bobină pe el, magneții rotorici (12) fiind înclinați față de direcția radială cu același unghi  $\beta$  ca picioarele feromagnetice ( $q, q'$ ), miezul circular (10) al statorului ( $S'$ ) al generatorului secundar fiind fixat în suportul statoric (13) inelar, iar conectarea la un consumator ( $C$ ) a setului de bobine ( $9''$ )

interconectate adecvat în serie sau în paralel, fiind realizată printr-un întrerupător simplu sau automat, electronic, de încărcare a unor condensatori în a doua jumătate a perioadei și descărcarea lor în prima jumătate a perioadei de lucru, când este alimentat electric consumatorul principal ( $C$ ).

6. Generator magneto-electric, conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea că**, generatorul magneto-electric secundar este format dintr-un rotor ( $R''$ ) cu  $4n$  magneți rotorici (12', 12'') tip sector de cerc sau paralelipedici polarizați paralel cu grosimea, cu polii N-S pe fețe, fixați circular în marginile ( $u, u'$ ) ale suportului rotoric (2), câte  $n$  magneți în fiecare margine ( $u$  sau  $u'$ ), cu lățimea paralelă cu direcția radială și cu polarizațiile reciproc antiparalele, și dintr-un stator ( $S''$ ) cu un număr  $2n$  de bobine (14, 14') având un miez feromagnetic ( $w, w'$ ) cu secțiune în arc de cerc sau dreptunghiulară- cu latura mare tangentă la cercul de dispunere a bobinelor (14, 14') care formează astfel niște inductori ( $H'$ ) dispuși pe două rânduri circulare distanțate între ele, distanța dintre două bobine (14 sau 14') adiacente fiind calculată astfel încât direcția radială  $x-x'$  care trece prin capătul de sfârșit- în sensul acelor de ceasornic, al miezului feromagnetic ( $w$ ) al unei bobine (14) din primul rând circular să treacă și prin capătul de început al unui miez feromagnetic ( $w'$ ) al unei bobine (14') din al doilea rând circular, pentru ca magneții rotorici (12') având polarizațiile  $P$  reciproc paralele sau antiparalele să fie atrași uniform de părțile miezurilor ( $w, w'$ ), bobinele (14, 14') fiind fixate în niște locașuri dintr-un suport statoric (13') inelar al statorului ( $S'$ ), nemagnetic, care se continuă spre exterior cu o parte având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele (7) ale generatorului magneto-electric principal.

7. Generator magneto-electric, conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea că**, generatorul magneto-electric secundar este format dintr-un rotor ( $R''$ ) cu  $2n$  sau  $4n$  magneți rotorici (12', 12'') tip sector de cerc sau paralelipedici polarizați paralel cu grosimea, cu polii N-S pe fețe, fixați circular în marginile ( $u, u'$ ) ale suportului rotoric (2), câte  $n$  magneți în fiecare margine ( $u$  sau  $u'$ ), cu lățimea paralelă cu direcția radială și cu polarizațiile reciproc paralele -cu  $n$  magneți rotorici (12', 12'') de fiecare parte și cu interdistanță egală cu lungimea medie între marginile adiacente ale lor, sau cu polarizațiile antiparalele- cu  $2n$  magneți rotorici (12', 12'') de fiecare parte și fără distanță între ei și dintr-un stator ( $S''$ ) cu un număr  $2n$  de bobine (14) având un miez feromagnetic ( $w$ ) cu secțiune dreptunghiulară, dispuse în unghi față de direcția radială, distanțate una față de alta astfel încât direcția radială  $x-x'$  care trece prin capătul dinspre exterior al miezului feromagnetic ( $w$ ) al unei bobine (14) să treacă și prin capătul de început, dinspre axul (1), al unui miez feromagnetic ( $w$ ) al unei bobine (14) adiacente, bobinele (14) fiind fixate în niște locașuri dintr-un suport statoric (13') inelar al statorului ( $S''$ ), nemagnetic, care se continuă spre exterior cu o parte având niște locașuri dispuse circular-simetric în care se fixează bobinele (7) ale generatorului magneto-electric principal.

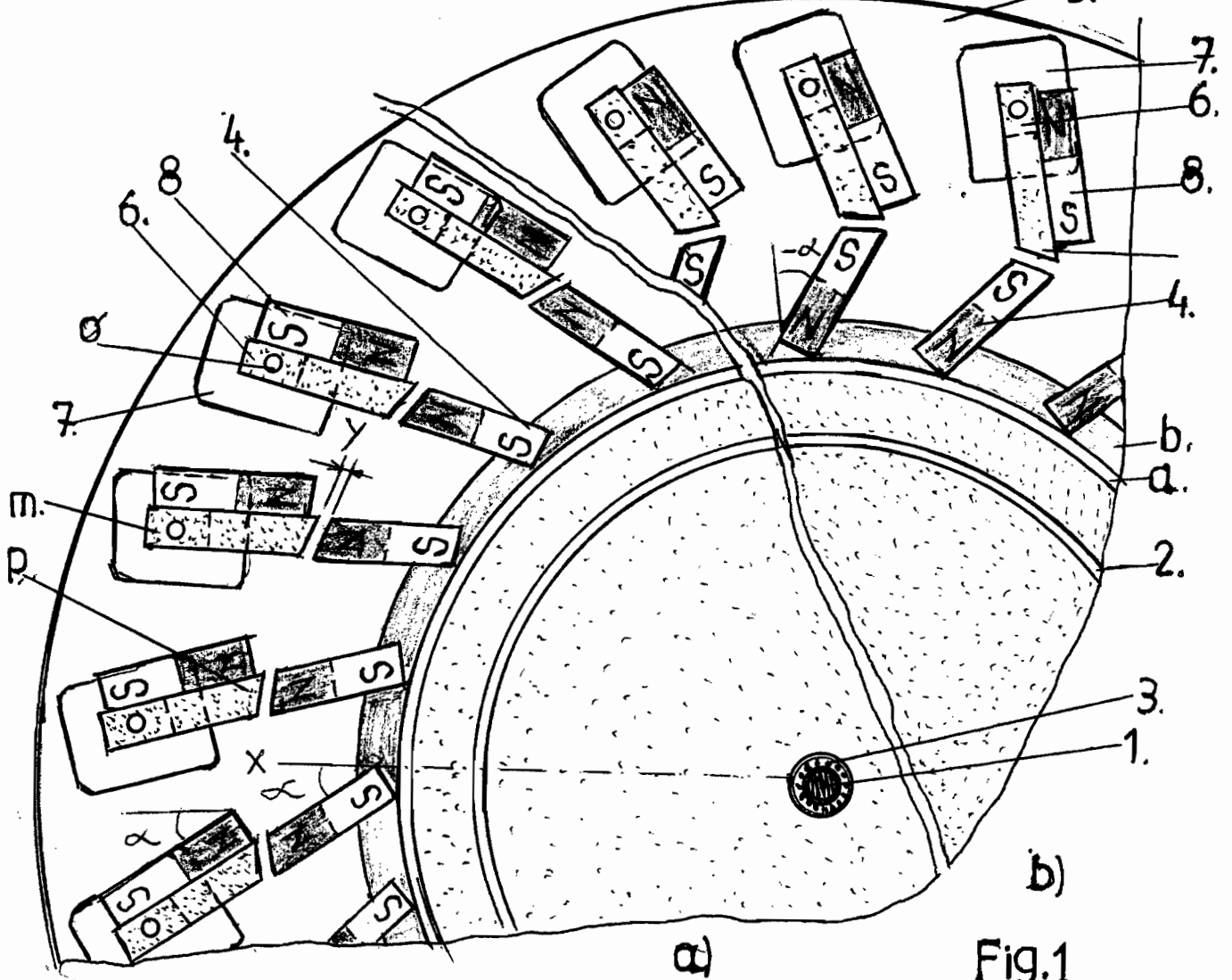


Fig.1

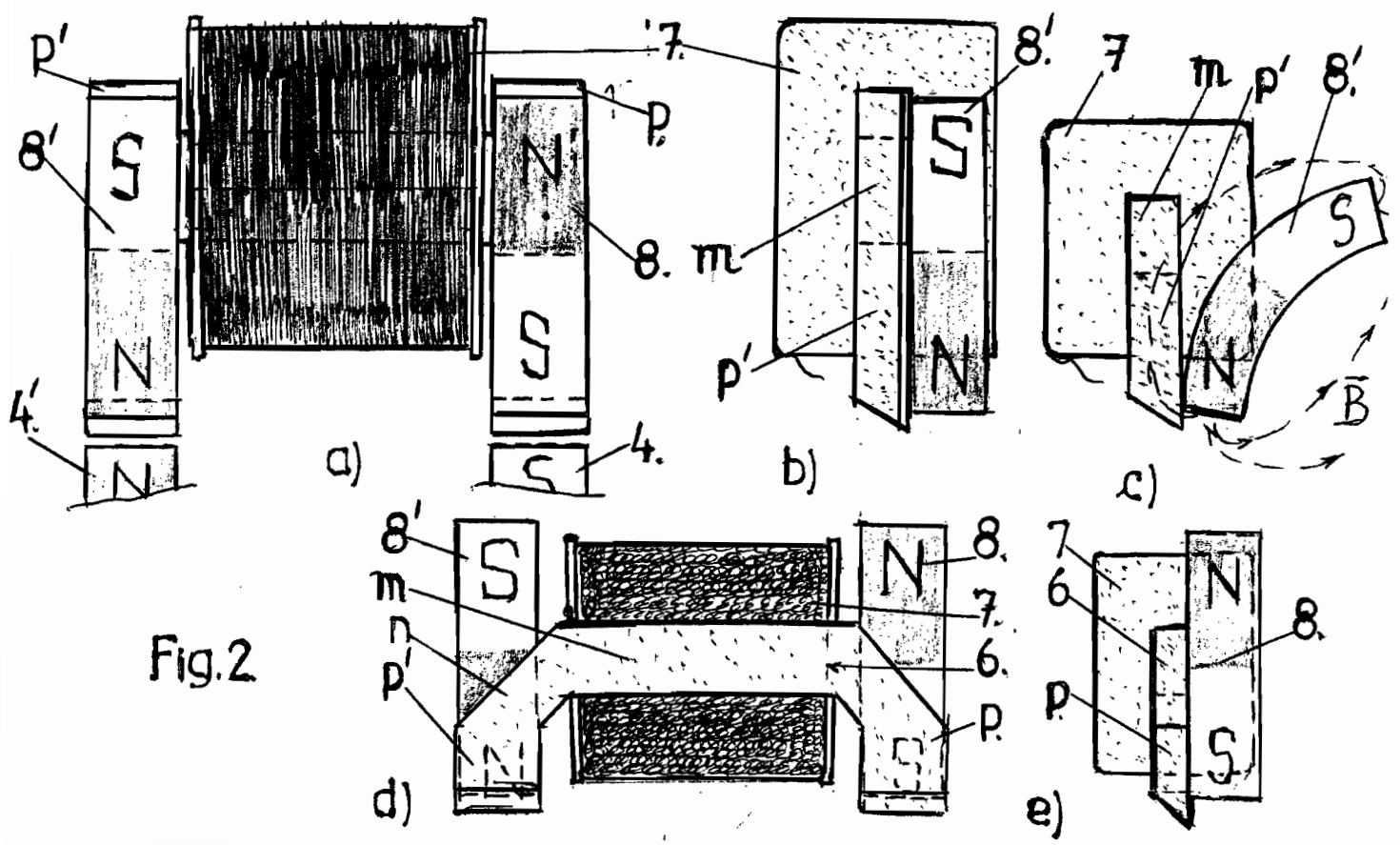


Fig.2

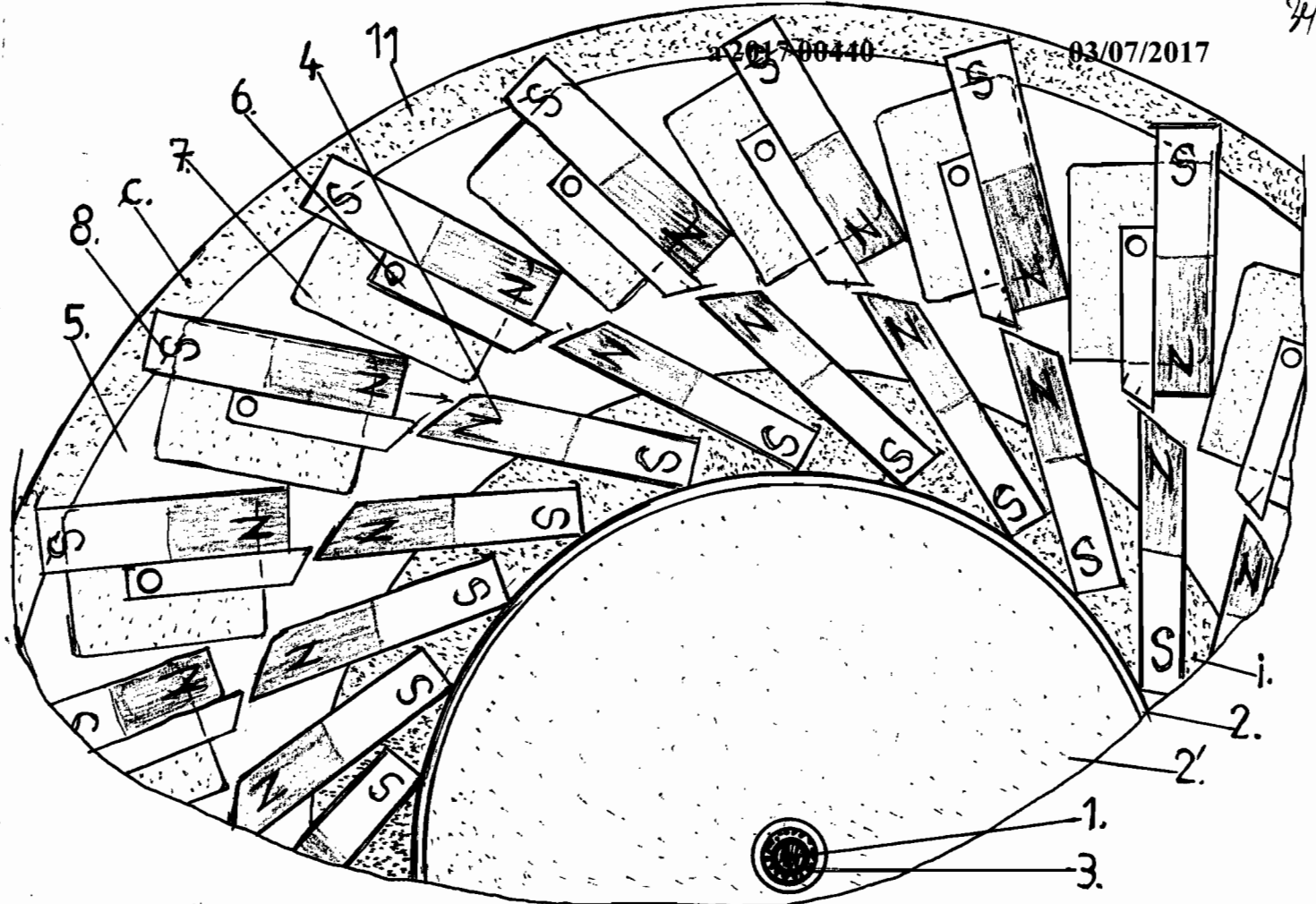


Fig.3

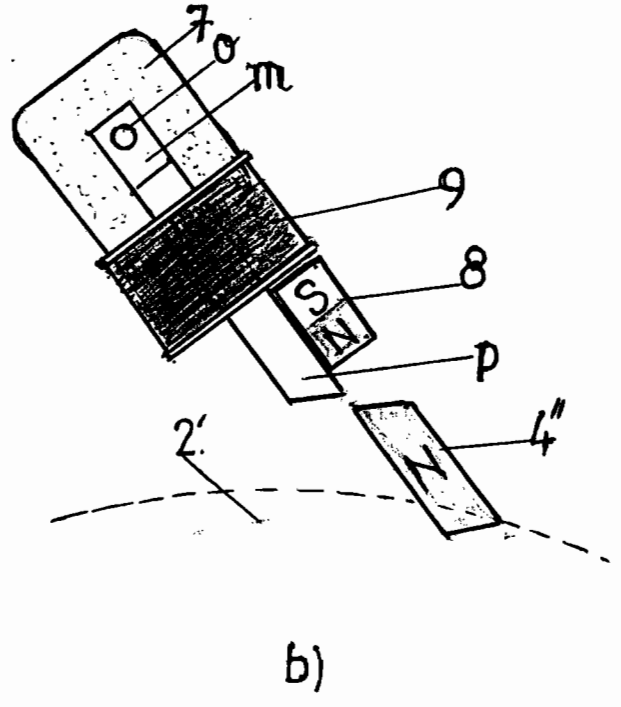
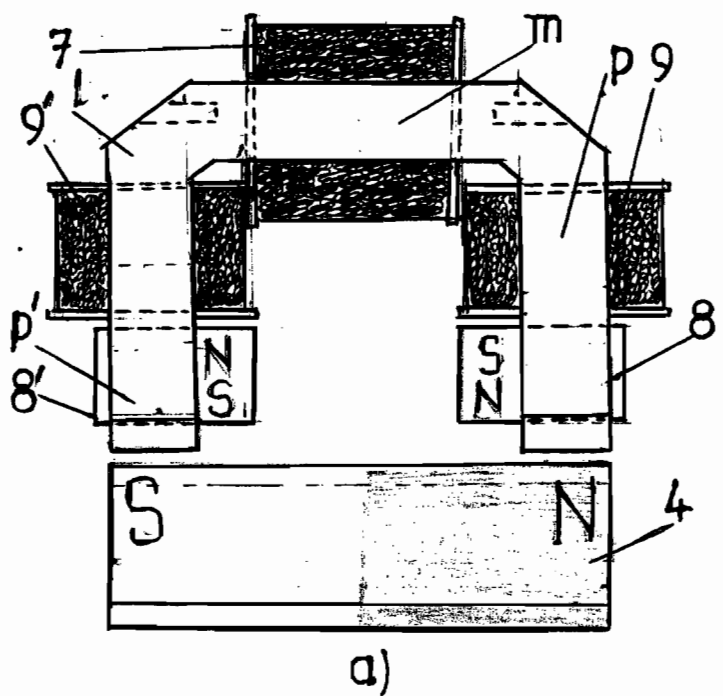


Fig.4

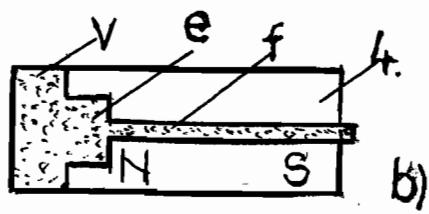
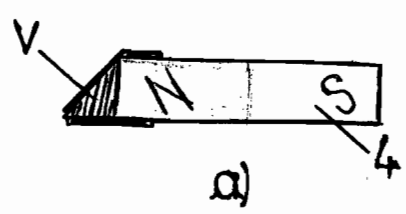
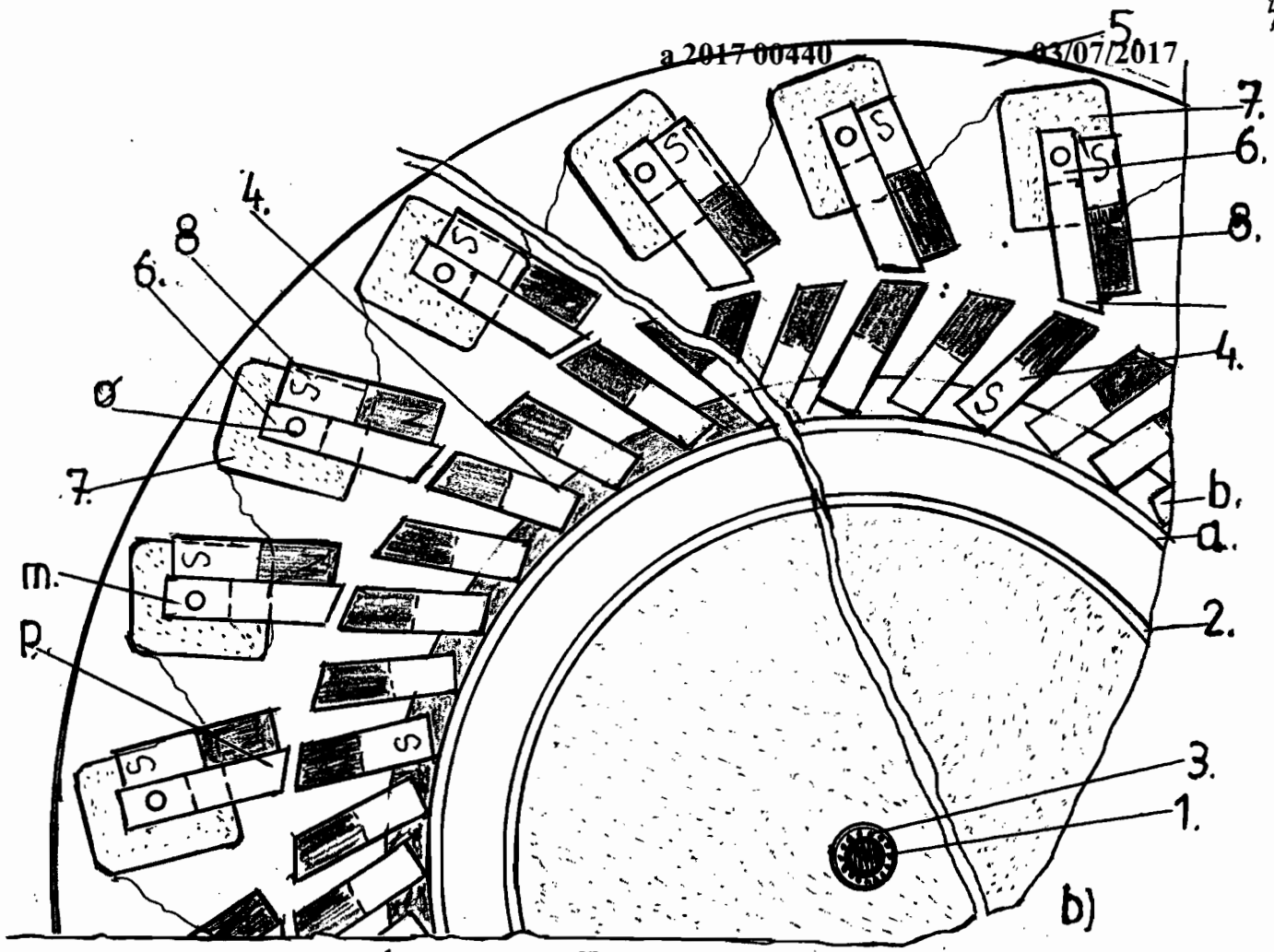


Fig.5



a) Fig.6

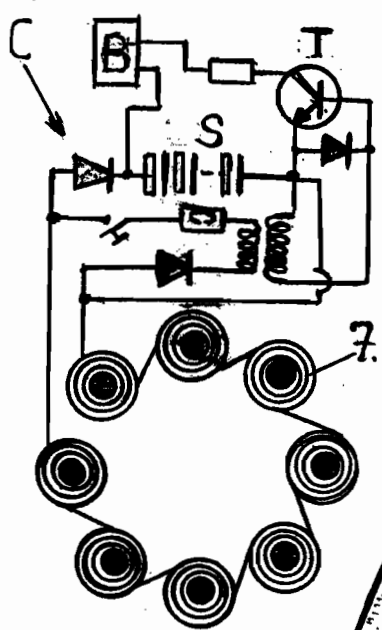


Fig.7

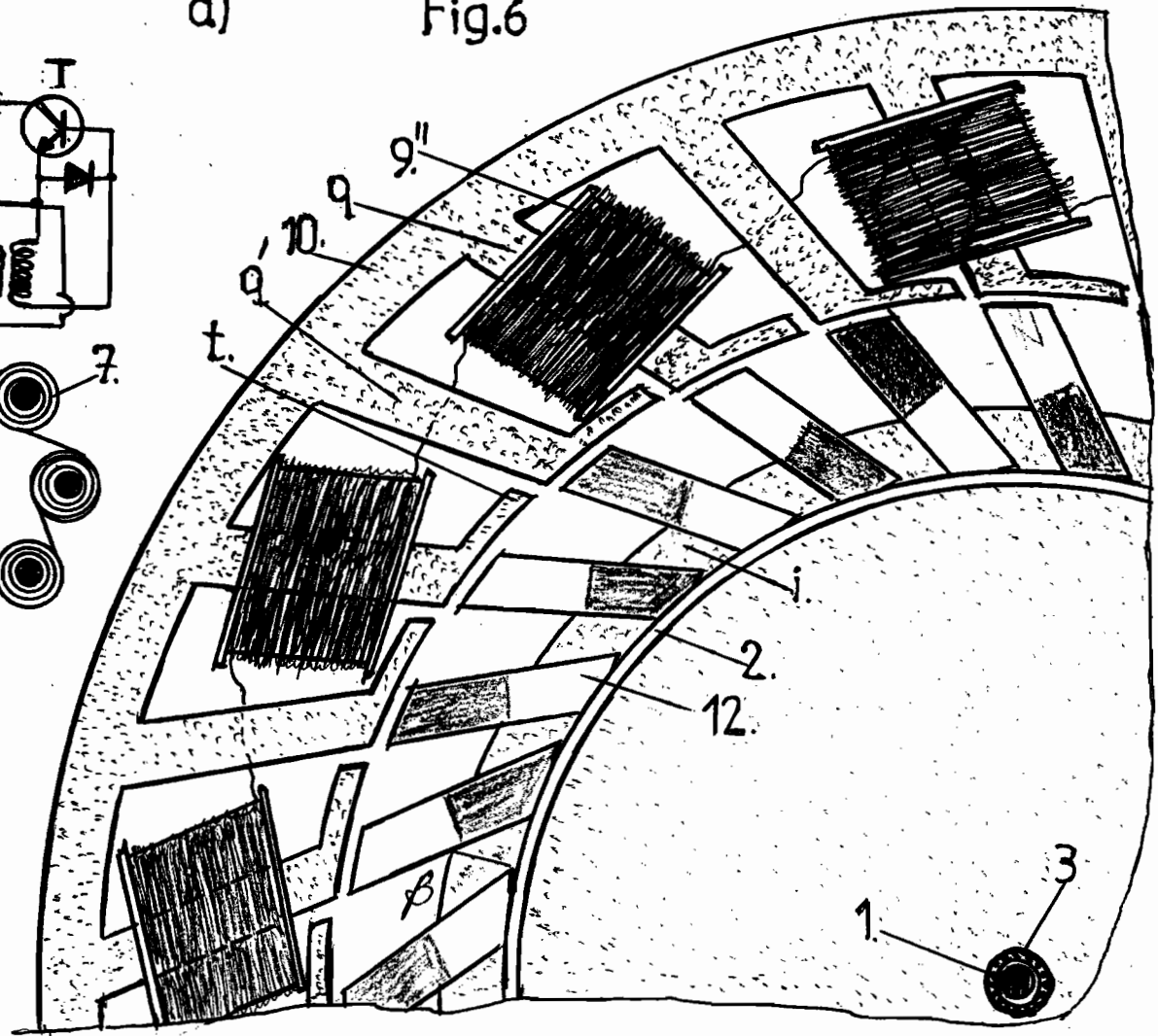


Fig.8



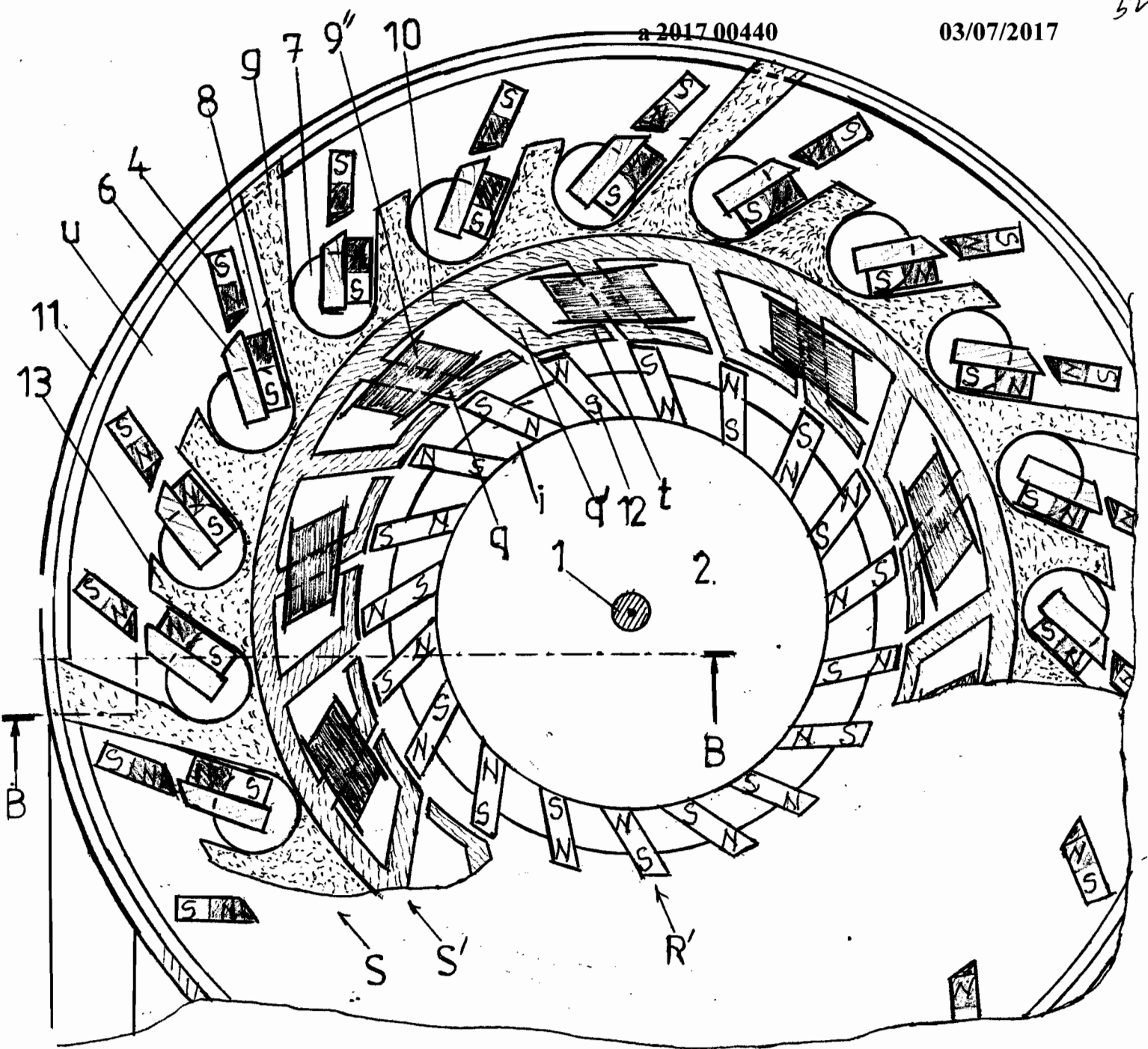


Fig.9

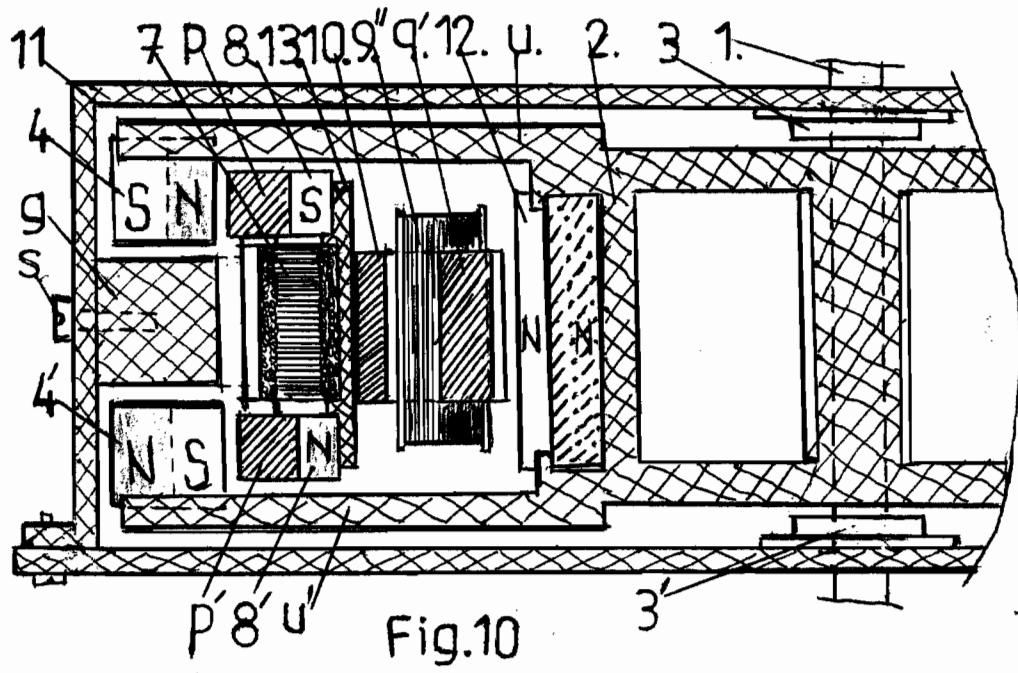


Fig.10

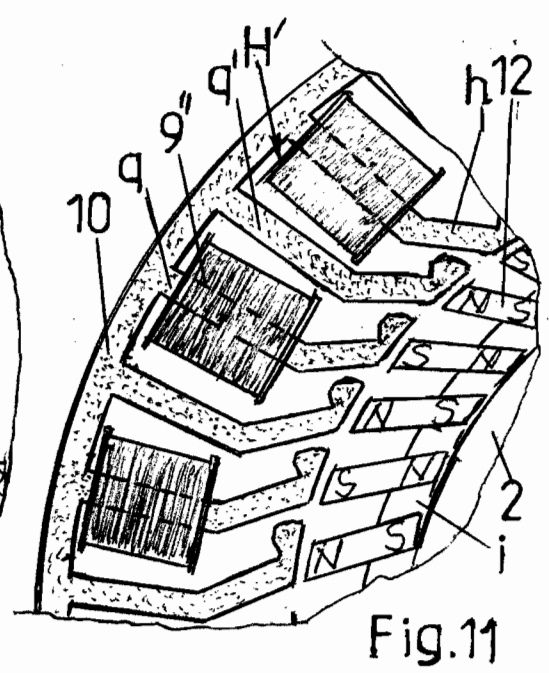


Fig.11

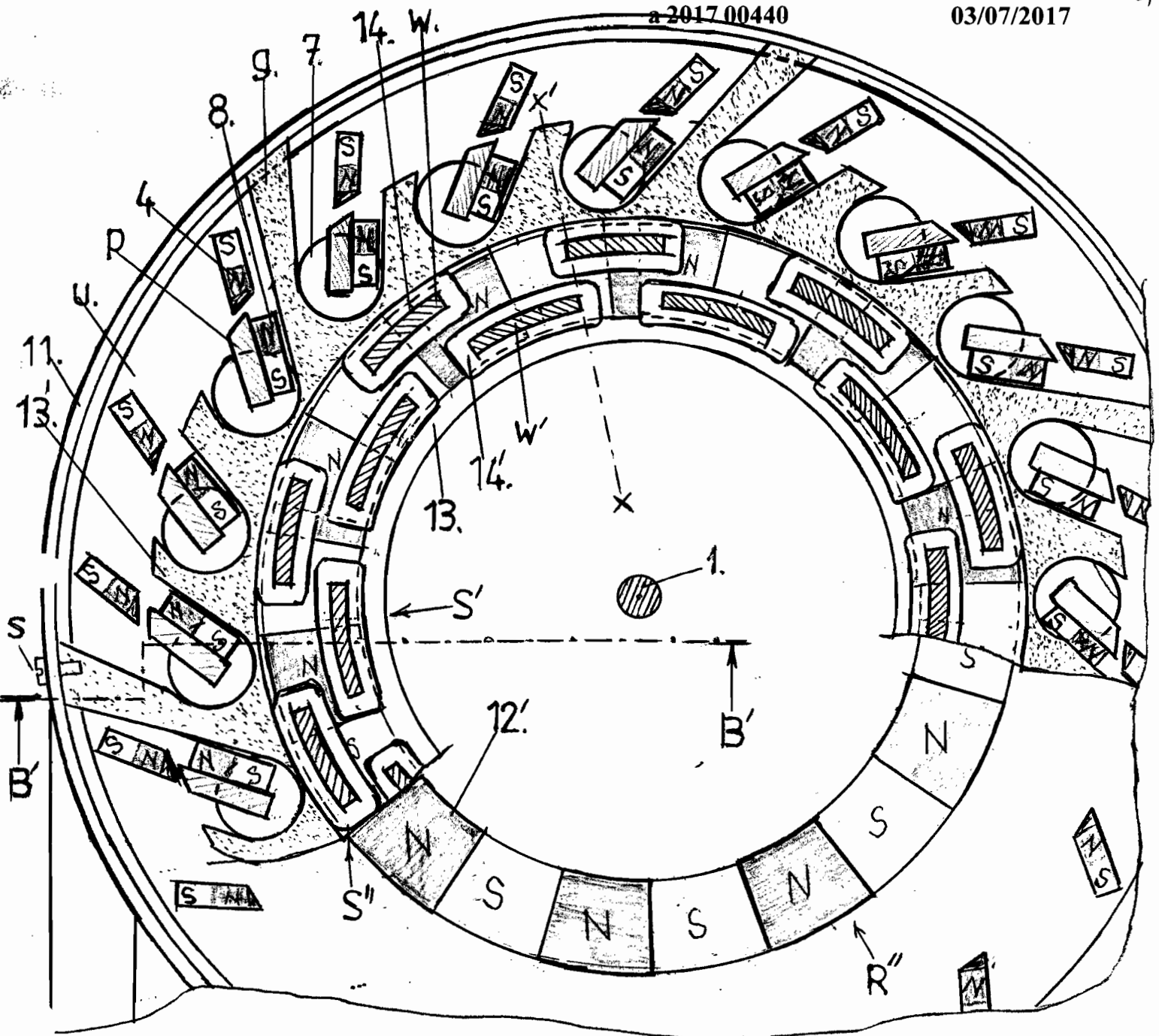


Fig.12

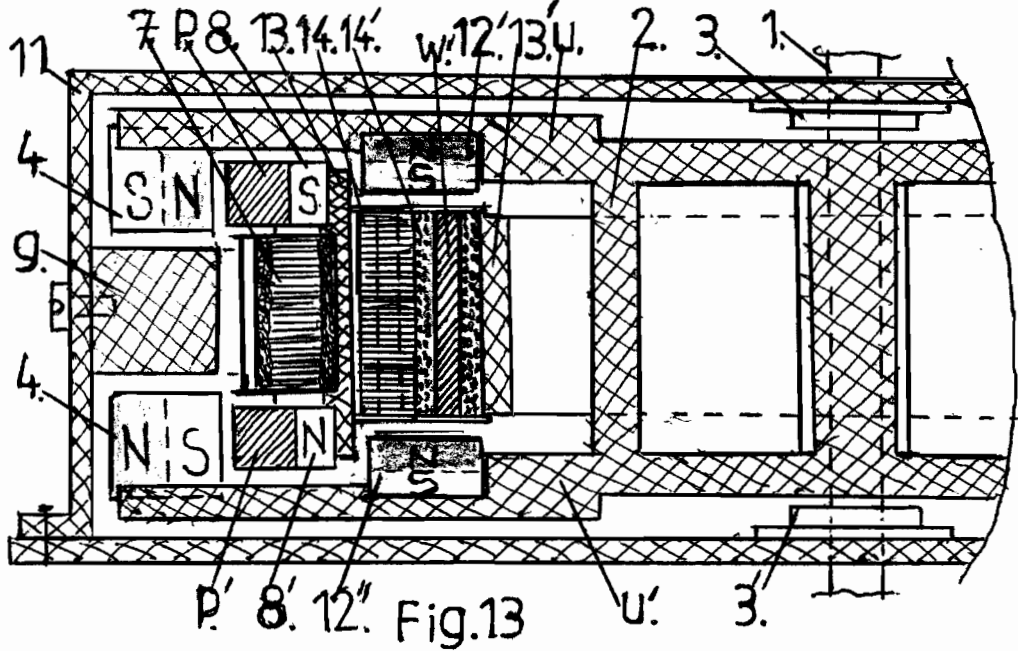


Fig.13

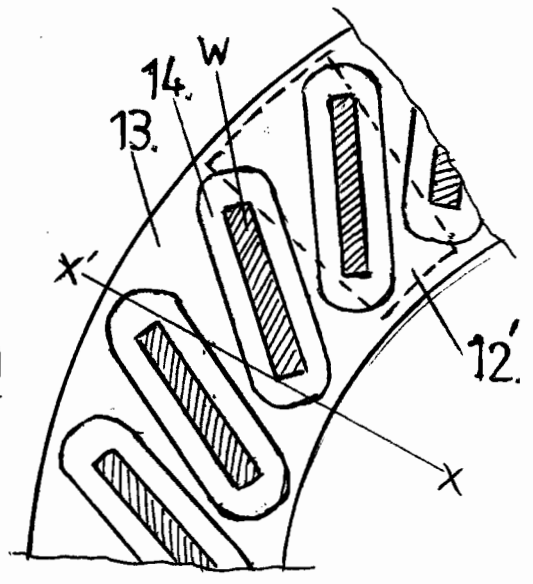


Fig.14