

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 01114

(22) Data de depozit: 17/12/2018

(41) Data publicării cererii:
30/10/2020 BOPI nr. 10/2020

(71) Solicitant:
• GEDEREX ENGINEERING S.R.L.,
STR.ALUNIȘ NR.23, SAT VALEA URSULUI,
COMUNA MIROSLAVA, IS, RO

(72) Inventatori:
• SIMION ALECSANDRU,
BD.ALEXANDRU CEL BUN NR.15, BL.E 3,
SC.A, ET.5, AP.28, IAȘI, IS, RO;

• LIVADARU LEONARD,
PIATA VOIEVOZILOR NR.10, BL.X9, ET.4,
AP.2, IAȘI, IS, RO;
• MUNTEANU ADRIAN,
STR. CRONICAR MUSTEA NR.17, ET.3,
AP.5, IAȘI, IS, RO;
• VÍRLAN BOGDAN, STR.ALUNIȘ NR.23,
SAT VALEA URSULUI,
COMUNA MIROSLAVA, IS, RO

(54) GENERATOR EOLIAN CU ROTOR EXTERIOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un generator electric. Generatorul, conform invenției, este antrenat de o turbină eoliană verticală, având posibilități multiple de conectare a bobinelor statorice, pentru numere diferite de poli și faze, și este compus dintr-un rotor exterior sub forma unei coroane cilindrice din material feromagnetic masiv sau lamelar constituind jugul rotoric (1), pe care sunt plasate, echidistant pe periferia interioară, pastile de magneți permanenți în număr par, alternând ca polarități pe circumferință (2S, 2N), care produc câmp magnetic pe direcție radială ce traversează întrefierul închizându-se spre statorul interior, realizat din module-pachete de tole dreptunghiulare, îndoite și suprapuse având forma literei U, dar cu cele două laturi verticale evazate spre vârfuri, asemenea literei V, numite module U-V (4), și care sunt consolidate pe suprafața exterioară a unui jug interior cilindric (3), modulele fiind așezate echidistant pe periferia jugului statoric în număr par, două câte două module adiacente constituind un pol aparent, astfel că pe ansamblul statorului se obține un număr par de poli aparenti, în jurul cărora sunt plasate bobinele concentrate ale înfășurării statorice (5), care, prin comutări convenabile, facilitează obținerea unui generator de curent alternativ cu tensiuni de ieșire cu diferite valori dorite.

Revendicări: 1

Figuri: 2

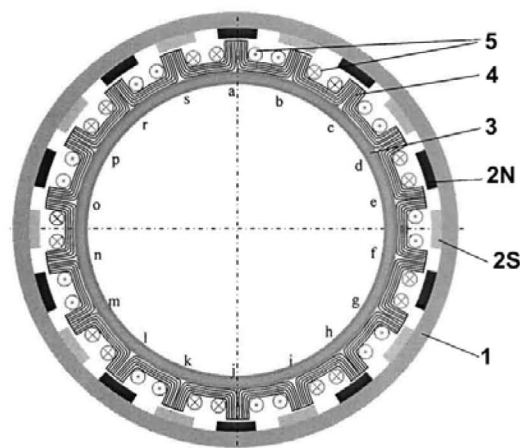


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2018 01114
Data depozit	17-12-2018

Generator eolian cu rotor exterior

Invenția se referă la un generator electric cu rotor exterior, antrenat de o turbină eoliană verticală, al cărui stator prezintă o structură modulară cu poli aparenti, în jurul cărora se plasează bobine concentrate, având posibilități multiple de conectare pentru numere diferite de poli și faze.

Sunt cunoscute generatoarele sincrone clasice cu câmp magnetic radial realizate din două armături concentrice care, din punct de vedere electromagnetic îndeplinesc, una din ele funcția de *indus* iar cealaltă - funcția de *inductor*. La generatoarele hidroelectrice și cele eoliene de viteze reduse, cele mai frecvente - în construcție *directă*, indusul este *statorul*, plasat la exterior, având aspectul unei coroane cilindrice feromagnetice din tole suprapuse cu creștături pe generatoarea circumferinței interioare în care se introduc înfășurări distribuite-trifazate, parcurse de curent alternativ, iar inductorul este *rotorul* interior având forma unei armături cilindrice cu poli aparenti spre stator, în jurul cărora sunt plasate bobine concentrate, care produc câmpul magnetic de excitație cu închidere pe direcție radială, prin aer spre stator, când sunt alimentate în curent continuu de la o sursă din exterior. La aceste tipuri de mașini, cu excitație electromagnetică, distinse în continuare prin prescurtarea *GSCC*, intervin în funcționare, atât pierderile de putere prin efect electrocaloric în înfășurarea inductoare rotorice, notate prin p_{je} , cât și pierderile în materialul feromagnetic lamelat-din tole ale statorului, notate prin p_{Fe} ; ambele categorii de pierderi afectează randamentul mașinii, în sensul diminuării acestuia ([1],...[5]). La unele variante constructive, distinse prin *GSMP*, în general caracterizate prin puteri reduse, în locul sistemului de excitație de tip electromagnet alimentat în curent continuu de pe rotor, care prezintă unele dezavantaje dictate de prezența contactelor alunecătoare, de tip perii-inele, se adoptă ca surse de câmp magnetic de excitație - magneții permanenți. Această soluție are avantajul anulării pierderilor p_{je} . Cele mai frecvente mașini sincrone din această categorie posedă pe rotor în locul polilor aparenti, un număr în general mare de pastile de magneți permanenți, alternând ca polarități pe periferia circulară a armăturii, care sunt supuse atât forțelor centrifuge în condițiile rotirii cât și celor inevitabile de atracție spre stator, având uneori ca efect dezlipirea acestora de suportul cilindric, cu rol de jug de închidere a câmpului magnetic. Din acest motiv, al prezenței pericolului de dezlipire a pastilelor, soluția cu magneți permanenți pe rotor prezintă un *prim dezavantaj*, nefiind adoptată în anumite aplicații, mai ales la viteze variabile și de valori ridicate. În ceea ce privește statorul, la *GSMP* se adoptă o construcție similară cu cea al *GSCC*, adică înfășurarea indusă, parcursă de curent alternativ, este plasată în creștăturile coroanei circulare realizată din tole ștanțate suprapuse - pachete, tole obținute din prefabricate dreptunghiulare livrate în rulouri, cu lățimi de maximum 1000mm, având grosimi submilimetrice-table, rezultate în urma laminării oțelurilor aliate cu siliciu. Grosimea tolelor, cât mai mică, de 0,3 - 0,5 mm, se adoptă tocmai pentru a diminua pierderile prin curenți turbionari și histerezis în fierul statoric, dependente de inducția magnetică și frecvență, p_{Fe} , care se manifestă chiar și la mersul în gol al generatorului ([6], [7]). În funcție de procesul tehnologic de laminare adoptat, tabla feromagnetică de o anumită grosime, produsă de o firmă, are pierderi specifice în fier diferite, cifra fiind mult mai mică la tolele laminate la rece. La tolele laminate la rece cu cristale orientate, folosite la transformatoare, cifra de pierderi este dependentă și de direcția de închidere a liniilor de câmp magnetic, ajungând, dacă direcția de închidere a liniilor coincide cu direcția de laminare, la mai puțin de jumătate din cifra corespunzătoare când cele două direcții sunt perpendiculare([6], [7]). La mașinile electrice normale - actuale se folosesc tole laminate la rece cu proprietăți similare pe toate direcțiile de magnetizare, cu cifră de pierderi situată în jurul valorii de 1,2 W/kg, la inducții de 1 T și grosime de 0,5mm, deoarece liniile de câmp nu au, de regulă, o direcție de închidere previzibilă, preferențială - cunoscută ([8]).

Acesta este apreciat ca un *al doilea dezavantaj* atât al *GSCC* cât și al *GSMP*. Cifra de pierderi în fier, deci și p_{Fe} poate fi micșorată, la aproximativ jumătate din valoarea actuală dacă se realizează o topologie adecvată a indusului, astfel încât liniile de câmp magnetic să se închidă pe o direcție cunoscută coincidentă cu direcția de laminare a tablei inscripționată de furnizor, folosită la realizarea circuitului magnetic. La construcțiile clasice, la puteri mici și medii sub valoarea sutelor de kilowați, statorul este realizat din circuite magnetice lamelare - tole, ulterior ordonate și suprapuse în pachete. Se adoptă ca procedeu tehnologic ștanțarea din prefabricate de formă dreptunghiulară - benzi, cu lățimi standardizate, aspectul tolei fiind cel mai adesea al unei coroane circulare cu creștături practice pe periferia circulară interioară, având în secțiune diverse forme geometrice: dreptunghi, trapez, amforă etc. În operațiile tehnologice de realizare a acestor statoare se folosesc ansambluri de scule tăietoare asociate unor prese, de mare complexitate, sau se recurge la prelucrarea prin electroeroziune, oneroasă și cronofagă. Totodată, în procesul tehnologic al realizării statoarelor mașinilor clasice, coeficientul de utilizare al materialului este subunitar, rezultând porțiuni din materiale feromagnetice active - scumpe, devenite reziduuri, care nu mai pot fi folosite sau chiar nereciclabile. Într-o formulare succintă, la mașinile actuale, atât în ceea ce privește *GSCC* cât și *GSMP*, investițiile în tehnologie și în materiale feromagnetice sunt costisitoare, aspect apreciat ca cel *de-al treilea dezavantaj* al acestor topologii. În legătură cu circuitele electrice induse-statorice, mașinile normale actuale sunt echipate de regulă cu înfășurări în tambur, distribuite pe întreaga periferie. Mai multe spire înseriate, care constituie un ansamblu - bobină, are două mănunchiuri plasate în creștături distincte, distanțate cu o deschidere - pasul înfășurării, exprimat printr-un număr întreg de creștături, deci fix, dictat de numerele de faze și de perechi de poli ai mașinii. O înfășurare, cu un pas adoptat din faza de proiectare, introdusă în creștături, este generatoare de tensiune, la o frecvență impusă, dacă rotorul este antrenat la turația de sincronism, mai precis: există o relație rigidă între turație și frecvența tensiunii. Totodată, în condițiile apariției unor defecte, cum ar fi scurtcircuitarea uneia sau a unor bobine statorice se impune demontarea, recondiționarea și chiar înlocuirea întregului bobinaj statoric, operația devine costisitoare, implicând frecvent intervenția furnizorului. Modificarea frecvenței la o anumită turație este posibilă, dar cel mult în două trepte, dacă se folosesc înfășurări adecvate, cu schimbarea numărului de poli, implicând și folosirea unor comutatoare speciale. Așadar, atât *GSCC* cât și *GSMP* în construcții clasice sunt convertoare mecano-electrice, din punct de vedere tehnic, cu comportament rigid, slab tolerante la defect, care nu dispun de posibilitatea modificării numărului de poli sau/și de faze, iar dacă acestea există sunt totuși limitate-reduce. Din punctul de vedere al flexibilității și adaptabilității la condițiile de lucru din electroenergetică, inclusiv al ameliorării toleranței la defect, construcțiile actuale de mașini, *GSCC* și *GSMP* prezintă un *al patrulea dezavantaj*, cel al existenței unei legături directe - rigide dintre mărimea mecanică de intrare - turația și mărimile electrice de ieșire: frecvența și/sau tensiunea la borne, curentul, forma de undă etc, dezavantaj care poate cântări decisiv la luarea unei decizii în practică.

Un prim obiectiv al invenției este de a elimina primul dezavantaj semnalat la construcțiile actuale de mașini, în construcție clasică, adică de înlăturare a situațiilor de dezlipiri a magneților permanenți la rotirea rotorului mașinii, urmate de scoaterea din uz a generatorului. Un alt obiectiv al invenției constă în diminuarea pierderilor în fier în miezul feromagnetic al statorului, caracterizată printr-o creștere a randamentului și o mărire a puterii generate. Alt obiectiv al invenției constă în creșterea coeficientului de utilizare a materialului feromagnetic aliat însoțită de simplificarea tehnologiei, ceea ce antrenează o diminuare a costurilor de realizare a mașinii. Un ultim obiectiv își propune creșterea flexibilității și adaptabilității generatoarelor în condiții de exploatare, legate de modificarea valorilor parametrilor de ieșire de natură electrică, prin modificări nesemnificative ale construcției.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a realiza un generator electric eolian, cu

rotor exterior sub forma unei coroane cilindrice din material feromagnetic masiv sau lamelar constituind jugul rotor, pe care sunt plasate prin lipire - echidistant pe periferia interioară, pastile de magneți permanenți în număr par, alternând ca polarități pe circumferință, care produc câmp magnetic pe direcție radială ce traversează întrefierul închizându-se spre statorul interior, efectuat din module-pachete de tole din material feromagnetic laminat la rece tip transformator, îndoite-suprapuse având forma literei U dar cu cele două laturi verticale depărtate-evazate spre vârfuri ca la litera V, numite module U-V, și care sunt consolidate pe suprafața exterioară a unui jug interior cilindric, așezate echidistant pe periferia jugului statoric în număr par, două câte două module consecutive alăturându-se creând câte un pol aparent, încât pe ansamblul statorului se obține un număr par de poli aparenti, liniile de câmp magnetic închizându-se pe conturul modulului U-V în direcție preferențială coincidentă cu cea de laminare a tolelor, în jurul acestor poli aparenti fiind plasate bobinele concentrate ale înfășurării statorice, care prin conectări convenabile permite obținerea unui generator de curent alternativ cu număr de faze și tensiuni de ieșire având diferite valori dorite, în conformitate cu principiul de funcționare a mașinilor cu număr de creștături pe poli și faze subunitare - mașini cu q fracționar, în topologii cu 18 poli aparenti și 20 magneți permanenți (sau 18/22, 18/24, 18/16, 18/14 etc.).

Invenția prezintă următoarele avantaje: elimină dezlipirea magneților permanenți rotorici, întrucât aceștia sunt plasați pe circumferința interioară a jugului exterior iar forțele centrifuge acționează prin presarea acestora pe jug care reacționează favorabil consolidându-le; diminuează pierderile în fierul statoric care este constituit dintr-un număr par de module de tole de formă dreptunghiulară decupate din prefabricatul laminat la rece cu cristale orientate, îndoite și suprapuse în manieră convenabilă obținute prin procedee tehnologice simplificate de tăiere fără reziduuri, modulele fiind plasate succesiv, cu laturile cvasi-paralele ale profilurilor U-V vecine alăturate, distribuite uniform pe suprafața exterioară a jugului statoric interior astfel încât liniile de câmp să se închidă prin tolele modulelor pe direcția preferată; creează facilități propice creșterii flexibilității și adaptabilității generatorului în condițiile concrete de exploatare și în mod deosebit a vitezei variabile de acționare, atât în ceea ce privește diversificarea valorilor mărimilor electrice de ieșire dobândite cât și a ameliorării toleranței la defect.

Se dă, în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu fig. 1 și 2, care prezintă:

Fig. 1- Vedere schematică în secțiune a generatorului eolian cu rotor exterior având 20 de magneți permanenți și stator modular cu 18 poli aparenti (structura 18/20) și

Fig. 2- Vedere în secțiune a unui detaliu de 2 module statorice U-V din tole îndoite suprapuse.

Generatorul eolian cuprinde un rotor exterior sub forma unei coroane cilindrice din material feromagnetic masiv sau lamelar constituind jugul rotor, **1**, pe care sunt plasate prin lipire - echidistant pe periferia interioară, pastile de magneți permanenți în număr par: **2S**, **2N**, alternând ca polarități pe circumferință, care produc câmp magnetic pe direcție radială ce traversează întrefierul închizându-se spre statorul sub forma unui jug statoric interior cilindric **3**, pe a cărei suprafață exterioară sunt consolidate module-pachete de tole din material feromagnetic laminat la rece tip transformator, îndoite-suprapuse având forma literei U dar cu cele două laturi verticale depărtate-evazate spre vârfuri ca la litera V, numite module U-V, **4**, și așezate echidistant pe periferia jugului statoric în număr par, două câte două module consecutive alăturându-se creând câte un pol aparent, încât pe ansamblul statorului se obține un număr par de poli aparenti (a, b, ..., s) liniile de câmp magnetic închizându-se pe conturul modulului U-V în direcție preferențială coincidentă cu cea de laminare a tolelor dată prin săgeți în fig. 2, în jurul acestor poli aparenti fiind plasate bobinele concentrate ale înfășurării statorice **5**, care prin conectări convenabile permite obținerea unui generator de curent alternativ cu număr de faze și tensiuni de ieșire de diferite valori dorite.

Bibliografie

- [1] **Richter, R.** – *Mașini electrice, vol. I - V*, (trad. din lb. germană), Ed. Tehnică, București, 1958-1961.
- [2] **Gheorghiu, S. I., Fransua, Al.** – *Tratat de mașini electrice, vol. I-IV*, Ed. Academiei Române, București, 1968-1974.
- [3] **Simion, Al.** – *Mașini electrice, vol. II, Mașina sincronă*, Editura Gh. Asachi Iași, ISBN 973-621-015-4, 2003,
- [4] **Simion, Al.** – *Mașini electrice, vol. IV, Mașina de curent continuu*, Editura PIM Iași, ISBN 978-606-13-3737-8, 2017,
- [5] **Simion, Al.** - *Mașini electrice speciale pentru automatizări*, Editura Universitas Chișinău, Rep. Moldova , 1993, ISBN 5-362-01071-9.
- [6] **Chatelain, J.** - *Machines électriques* , vol. X, Ed. Giorgi, Presses polytechniques romandes, Lausanne, 1983.
- [7] **Viorel, I. A.; Ciorba, R. C.** – *Mașini electrice în sisteme de acționare*, Editura U.T. Press Cluj -Napoca 2002, ISBN 973-8335-37-X,
- [8] **Răduleț, R.; Opaschi M.** – *Proiectarea hidrogeneratoarelor și a motoarelor sincrone*, Editura Tehnică, București, 1980, ISBN 973-8335-37-X,

Revendicări

1. Generator electric cu rotor exterior, antrenat de o turbină eoliană verticală, având posibilități multiple de conectare a bobinelor statorice, pentru numere diferite de poli și faze, caracterizat prin aceea că, este compus dintr-un rotor exterior sub forma unei coroane cilindrice din material feromagnetic masiv sau lamelar constituind jugul rotoric (1), pe care sunt plasate prin lipire - echidistant pe periferia interioară, pastile de magneți permanenți în număr par, alternând ca polarități pe circumferință (2S, 2N), care produc câmp magnetic pe direcție radială ce traversează întrefierul închizându-se spre statorul interior, efectuat din module-pachete de tole dreptunghiulare decupate din material feromagnetic laminat la rece tip transformator, îndoite și suprapuse având forma literei U dar cu cele două laturi verticale depărtate-evazate spre vârfuri ca la litera V, numite module U-V (4), și care sunt consolidate pe suprafața exterioară a unui jug interior cilindric (3), modulele sunt așezate echidistant pe periferia jugului statoric în număr par, două câte două module consecutive adiacente-alăturate constituind câte un pol aparent, încât pe ansamblul statorului se obține un număr par de poli aparenti, liniile de câmp magnetic închizându-se pe conturul modulului U-V în direcție preferențială dată prin săgeți coincidentă cu cea de laminare a tolelor, în jurul acestor poli aparenti fiind plasate bobinele concentrate ale înfășurării statorice, care prin comutări convenabile facilitează obținerea unui generator de curent alternativ cu tensiuni de ieșire având diferite valori dorite, respectând principiul de funcționare al mașinilor cu număr de creștături pe poli și faze subunitare - mașini cu q fracționar, la care numerele de poli magnetici rotorici sunt diferite, dar apropiate de numerele de poli aparenti statorici.

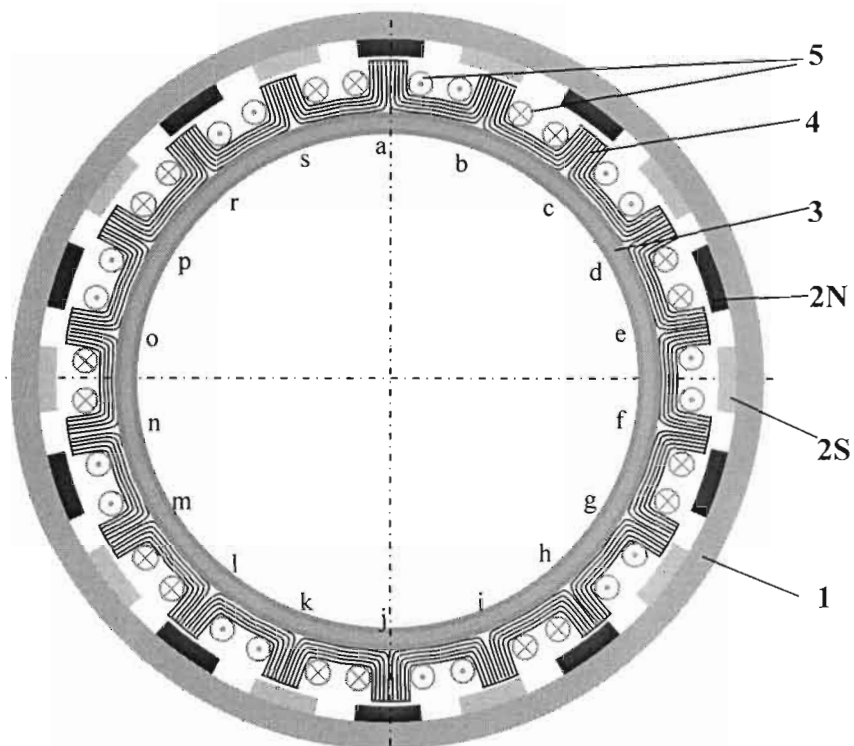


Fig. 1 Generator eolian cu rotor exterior cu magneți permanenți și stator din module de tole îndoite cu înfășurări statorice plasate pe dințe, cu $Z=18$, $2p=20$, $q=0,3$

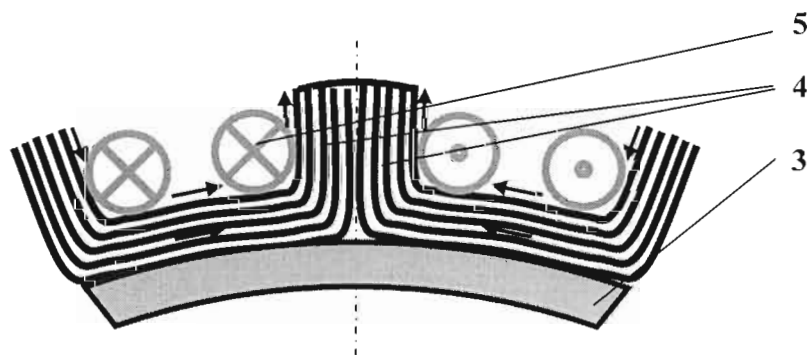


Fig. 2 Vedere în secțiune a unui detaliu de 2 module statorice U-V din tole îndoite suprapuse.