



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2008 00540**

(22) Data de depozit: **14.07.2008**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29.07.2011** BOPI nr. 7/2011

(41) Data publicării cererii:
30.03.2010 BOPI nr. 3/2010

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA,
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **BĂLĂ CONSTANTIN, STR.AUREL BOTEA
NR.43, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **KAPPEL WILHELM,
STR.VALEA ARGEȘULUI NR.11, BL.A6,
SC.D, AP.55, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;**

• **POTĂRNICHE ION,
STR.DR.LOUIS PASTEUR NR.27,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
JP 2004064807 A; US 2004178690 A1

(54) **GENERATOR ELECTRIC EOLIAN MULTIPOLAR, POLIFAZAT
CU MAGNEȚI PERMANENȚI ÎN INDUCTOR**



RO 125352 B1

1 Invenția se referă la un generator electric eolian multipolar, polifazat, cu magneți per-
2 manentți în inductor, cuplat direct cu turbina eoliană și conectat cu un convertizor static de
3 frecvență și tensiune, pentru conversia energiei mecanice primită la arbore cu turație varia-
4 bilă în limite largi, în energie electrică cu tensiune și frecvență constante, egale cu cele ale
5 rețelei electrice cu care se interconectează.

6 Generatoarele electrice eoliene, sincrone, cunoscute sunt cuplate direct cu turbina
7 eoliană, au indusul echipat cu înfășurări trifazate și funcționează pe principiul câmpului mag-
8 netic învârtitor, la care tensiunea indusă și pierderile sunt dependente de valoarea maximă
9 a inducției magnetice din întrefier și valoarea frecvenței cu valoarea de 50 Hz (sau 60 Hz).
10 Aceste generatoare prezintă dezavantajul producerii unor pierderi mari în miezul fero-
11 magnetic din indus, iar armonicile din curba tensiunii și a curenților din indus produc pierderi
12 suplimentare în indus și în cablurile de legătură dintre generator și convertorul static de
13 frecvență. Generatoarele sincrone cuplate direct sau indirect cu turbina eoliană și conectate
14 direct la rețeaua electrică cu frecvența industrială de 50 Hz (sau 60 Hz), au turația la arbore
15 egală cu turația sincronă și dezavantajul de a nu putea prelua șocurile de cuplu produse de
16 viteza variabilă a vântului. Aceste generatoare sunt excitate în curent continuu și necesită
17 înfășurare de excitație, inele de contact, perii și sursă de curent continuu, pentru alimentarea
18 înfășurării de excitație.

19 Se cunoaște cererea de brevet **JP 2004064807**, publicată la data de 26.02.2004,
20 care se referă la un generator eolian, care prezintă o turbină eoliană, un generator cu mag-
21 net permanent, un circuit de redresare și o baterie de stocare. Generatorul prezintă o multi-
22 titudine de prize în mijlocul înfășurării fiecărei faze și este prevăzut cu mijloace de comutare
23 care schimbă înfășurarea per fază. Această construcție permite stabilirea tensiunii generate
24 într-un interval apropiat de tensiunea de încărcare a bateriei, dar are dezavantajul de a nu
25 putea prelua șocurile de cuplu produse de viteza variabilă a vântului.

26 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în reducerea pierderilor în miezul
27 feromagnetic din indus, prin creșterea inducției magnetice din întrefier, și de frecvență, a
28 cărei valoare este redusă (5...25 Hz).

29 Generatorul electric eolian multipolar, conform invenției, compus dintr-un stator și un
30 rotor, înlătură dezavantajele menționate mai sus, prin aceea că statorul este echipat cu o
31 înfășurare polifazată poligonală, cu numărul de faze $m_f = 7...49$, tip indus de curent continuu,
32 și anume o înfășurare ondulată simplă sau multiplă, înfășurarea se încheie o singură dată
33 și trebuie îndeplinită condiția ca Z și p să fie numere prime între ele, numai în aceste condiții,
34 nu mai sunt necesare conexiuni echipotențiale, înfășurarea statorului (indusului) este
35 prevăzută în partea frontală de partea opusă acționării, cu un număr de prize egal cu
36 numărul de faze, cu pasul $y_f = Z/m_f$, care fac legătura electrică cu diodele redresorului.

37 Invenția prezintă următoarele avantaje:

- 38 - reducerea masei generatorului electric cu 5...8%;
- 39 - creșterea randamentului cu 0,3...0,5%, ca urmare a absenței înfășurării de excitație,
40 a inelelor de contact, a periilor, a sursei de curent continuu pentru alimentarea circuitului de
41 excitație;
- 42 - scăderea încălzirii mașinii, datorită absenței pierderilor din inductor;
- 43 - creșterea fiabilității și reducerea cheltuielilor de întreținere, prin absența sistemului
44 de excitație în curent continuu;
- 45 - realizarea legăturii electrice în curent continuu dintre nacelă și invertor reduce
46 căderea de tensiune din interiorul sistemului;
- 47 - îmbunătățirea sistemului de consolidare a magneților la acțiunea forțelor radiale și
48 tangențiale.

RO 125352 B1

- Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1, 2, 3, 4 și 5, care reprezintă:
- fig. 1, secțiune transversală parțială prin generatorul electric conform invenției;
 - fig. 2, detaliu pentru fixarea magneților pe jugul rotoric;
 - fig. 3, schema desfășurată a înfășurării cu $Z = 55$ creștături, 6 poli, 4 căi de curent și 11 faze;
 - fig. 4, diagrama de fazori ai tensiunilor fazelor înfășurării indusului de tip ondulată, dublă, polifazată cu $n_{rif} = 11$ faze, închisă o singură dată;
 - fig. 5, schema bloc a generatorului electric GE, cuplat direct cu turbina eoliană TE și conectat la rețeaua electrică RE, prin intermediul convertorului static de frecvență (R-redresor și I-invertor).
- Generatorul este compus dintr-un stator și un rotor.
- Statorul (indusul), fig. 1, are miezul feromagnetic **1** din tablă silicioasă de grosime 0,5...1 mm, echipat cu o înfășurare polifazată poligonală, cu două sau mai multe căi de curent, așezată în creștăturile **2**, închiderea creștăturilor se realizează cu pene izolante **3** sau cu pene magnetice.
- Rotorul este format dintr-un jug inductor feromagnetic **4**, construit din fier masiv sau din tole; pe suprafața exterioară spre întrefier sunt așezați magneții (polii inductori) **5**, construiți din magneții permanenți sinterizați din Nd Fe B, care formează un sistem heteropolar.
- În fig. 2 se prezintă un detaliu privind modul de fixare al magneților **5** pe jugul inductor **4**. Pentru o mai bună fixare a magneților **5**, se prevăd, la periferia jugului inductor feromagnetic **4** al rotorului, alte creștături echidistante, cu o adâncime redusă de 0,5...1 mm și lățime determinată de lățimea magnetului **4**, în care se montează magneții **5** prin lipire cu loktite, iar la periferie, peste magneții **5**, se aplică un multistrat de 0,5...1 mm din bandă adezivă izolantă, din fibre de sticlă sau carbon **6**.
- Rotorul este montat pe un arbore prin intermediul unui butuc.
- Ca exemplu de realizare a înfășurării polifazate poligonale, conform invenției, se prezintă o înfășurare poligonală ondulată cu $Z = 55$ creștături, $p = 2$, a (nr. de căi de curent) = 4, m_f (nr. de faze al înfășurării) = 11. Prizele pentru scoaterea fazelor se realizează la începutul bobinelor, cu pasul fazelor $y_{mf} = 5$ creștături.
- Faza 1 este scoasă de la începutul bobinei **1**, faza 2 este scoasă de la începutul bobinei așezată în creștătura cu pasul $1 + y_{mf}$, faza 3 este scoasă la începutul bobinei așezată în creștătura cu pasul $1 + 2y_{mf}$, iar următoarele după acest algoritm.
- În fig. 3 se prezintă schema desfășurată a înfășurării conform invenției, în care se arată și prizele fazelor.
- Numărul de bobine al înfășurării este egal cu numărul de creștături al înfășurării cu două straturi.
- Bobinele în număr de $N_b = Z = 55$ cu un număr de spire oarecare, cu pasul $y_i = 9$ creștături apropiat de pasul diametral al înfășurării $y_d = Z / 2p = 6 \frac{1}{4}$, se așază în creștăturile armăturii statorului, unde Z este nr. total de creștături, p este numărul de perechi de poli.
- Conexiunile dintre bobine se realizează în modul următor: sfârșitul unei bobine se conectează cu începutul altei bobine așezată la un pas rezultat $Z_o = (Z - / + m) / p = 19$, unde m este ordinal de multiplicitate al înfășurării. În acest caz, înfășurarea va avea $2a = 2m$ căi de curent. Înfășurarea se închide o singură dată și trebuie îndeplinită condiția ca Z și p să fie numere prime între ele; cu această condiție nu mai sunt necesare conexiuni echipotențiale de speța 2, ca în cazul înfășurărilor închise de mai multe ori; prin urmare, pasul rezultat este $y_o = (55 + 2) / 3 = 19$. Bobina nr.1 este legată cu bobina **20**, apoi cu bobina **39**, apoi cu bobina **3** ș.a.m.d.

RO 125352 B1

1 În fig. 4 se prezintă diagrama de fazori ai tensiunilor induse în înfășurările de fază
2 pentru o înfășurare ondulată dublă cu 4 căi de curent, închisă o singură dată; ieșirile fazelor
3 sunt conectate la câte o punte redresoare (cu conducție directă, respectiv, inversă) legate
4 la un sistem de două bare (+, respectiv, -), care fac legătura cu inverterul I.

5 În fig. 5 s-a prezentat schema bloc a componentelor principale ale unei centrale
6 eoliene; în nacela NA, se montează generatorul electric GE cuplat mecanic cu turbina
7 eoliană TE aflată parțial în exteriorul nacelui NA și redresorul R format de 11 punți redre-
8 soare, conectat la bornele fazelor generatorului; barele de legătură B, montate în interiorul
9 turnului, dintre redresor și inverterul I plasat în exteriorul nacelui într-o incintă separată la
10 baza turnului de susținere.

11 Asocierea generatorului electric cu un convertizor static de frecvență, compus
12 dintr-un redresor cuplat cu un inverter, are avantajul obținerii puterii electrice furnizate de
13 centrala eoliană la rețeaua electrică cu parametrii ceruți privind numărul de faze, frecvența
14 și tensiunea electrică, indiferent de valorile acestora la bornele generatorului electric.
15 Această soluție oferă avantajul de a realiza un transfer de putere electrică la rețea, fără a
16 periclita stabilitatea generatorului electric, așa cum se întâmplă în cazul generatorului sincron
17 clasic, care trebuie să funcționeze cu turație și frecvență constante.

18 Convertizorul static de frecvență, tensiune și număr de faze este compus dintr-un
19 redresor R, conectat la bornele înfășurării statorului, și un inverter I, alimentat de la redresor
20 și conectat direct la rețea (sau prin intermediul unui transformator electric ridicător).

21 Generatorul eolian multipolar, conform invenției, asociat cu un convertizor static de
22 frecvență, funcționează în modul următor: generatorul antrenat direct de turbina eoliană cu
23 turația n_g convertește puterea mecanică primită pe la arbore și o convertește în putere
24 electrică alternativă polifazată cu frecvența variabilă $f_g = p \cdot n_g$ și tensiunea polifazată $U_g =$
25 $U_{ng} \cdot n_g / n_{ng}$, unde U_{ng} este tensiunea nominală a generatorului și n_{ng} - turația nominală a
26 ansamblului; puterea electrică transmisă de generator pe la borne este redresată în putere
27 continuă de redresor și transmisă inverterului I, care o transformă în putere trifazată, cu
28 frecvența și tensiunea egale cu frecvența și tensiunea rețelei de curent alternativ și este
29 transmisă rețelei electrice.

RO 125352 B1

Revendicări

1. Generator electric eolian multipolar, polifazat, cu magneți permanenți în inductor, compus dintr-un stator și un rotor, **caracterizat prin aceea că** statorul este echipat cu o înfășurare ondulată, polifazată, poligonală, cu numărul de faze $m_f = 7 \dots 49$, tip indus de curent continuu, și anume o înfășurare ondulată simplă sau multiplă, înfășurare care se închide o singură dată și în acest scop trebuie îndeplinită condiția ca Z și p să fie numere prime între ele, numai în aceste condiții nu mai sunt necesare conexiuni echipotențiale, înfășurarea indusului fiind prevăzută în partea frontală de partea opusă acționării, cu un număr de prize egal cu numărul de faze, cu pasul $y_f = Z/m_f$, care fac legătura electrică cu diodele redresorului. 11
2. Generator electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are o îmbinare între magneții permanenți (5) și jugul inductor feromagnetic (4), pentru a prelua forțele tangențiale și radiale care se exercită asupra magneților, realizată astfel: magneții permanenți (5) sinterizați din Nd Fe B se montează pe jugul inductor (4) feromagnetic al rotorului, la periferia jugului, în alte creștături cu o adâncime mică de 0,5...1 mm și lățime determinată de lățimea magnetului, prin lipire cu loctite, iar la periferie, peste magneți, se aplică un multi-strat de 0,5...1 mm din bandă adezivă izolantă, din fibre de sticlă sau carbon (6). 17
3. Generator electric, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** este conectat la rețeaua electrică prin intermediul unui convertizor static de frecvență, tensiune și număr de faze, compus dintr-un redresor (R) montat în nacelă (NA) în carcasa generatorului și un invertor (I) montat în afara nacellei (NA), care convertește puterea electrică continuă în putere electrică trifazată, cu parametrii tensiunea electrică și frecvența egale cu parametrii rețelei electrice. 23

(51) Int.Cl.
 H02K 3/04^(2006.01);
 H02K 7/18^(2006.01);
 F03D 9/00^(2006.01)

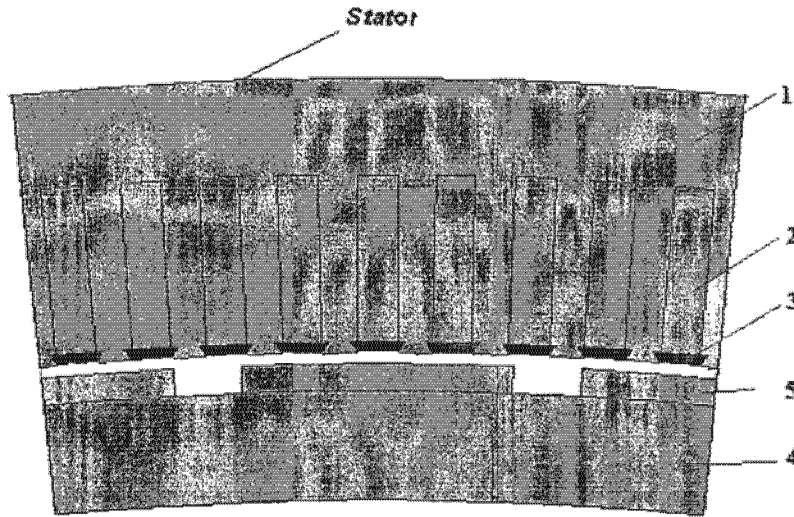


Fig. 1

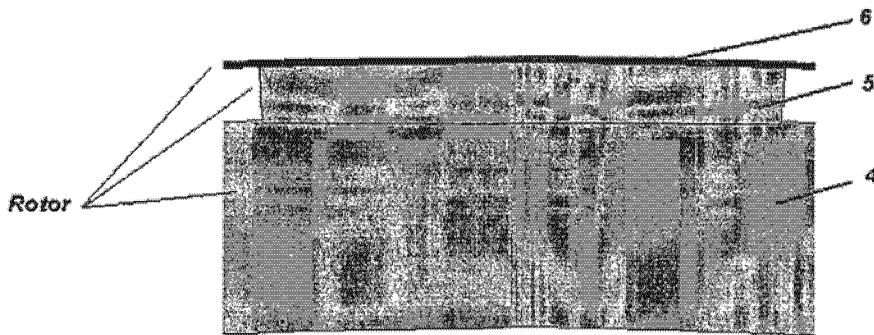


Fig. 2

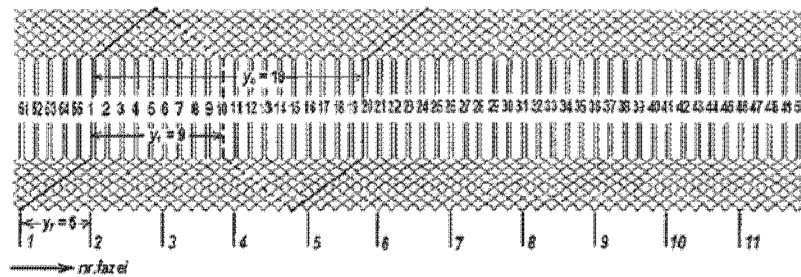


Fig. 3

(51) Int.Cl.

H02K 3/04^(2006.01);

H02K 7/18^(2006.01);

F03D 9/00^(2006.01)

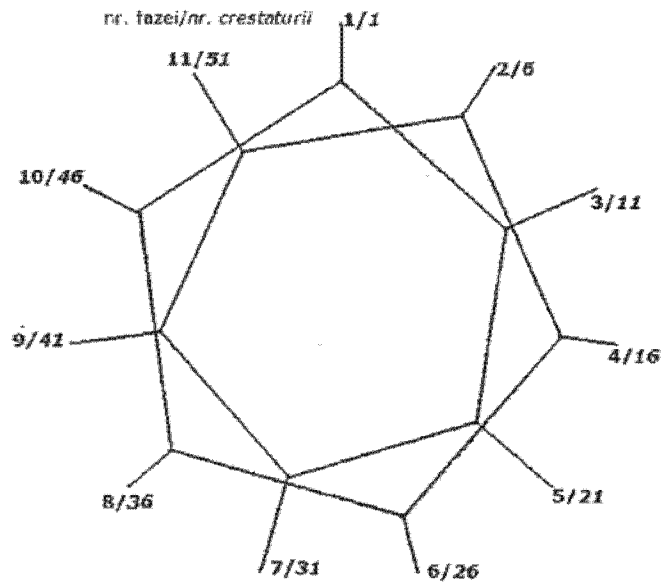


Fig. 4

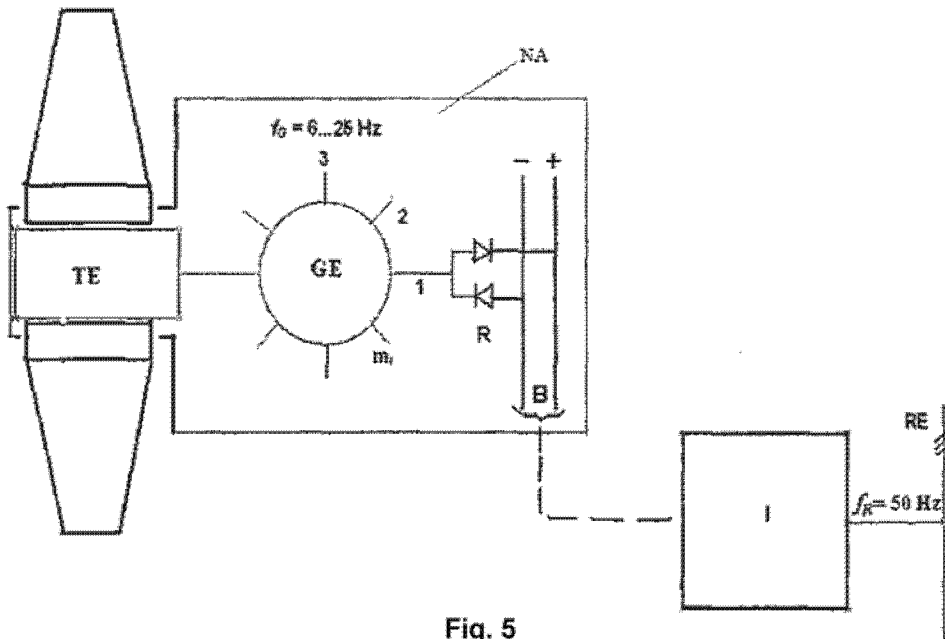


Fig. 5

