

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. September 2013 (26.09.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/139774 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 21/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/055655

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2013 (19.03.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 005 688.5 19. März 2012 (19.03.2012) DE

(71) Anmelder: **ORTLOFF, Helene** [DE/CH]; Viale C. Olgiati 20.1, I-6512 Giubiasco (IT).

(72) Erfinder: **ORTLOFF, Peter**; Viale C. Olgiati 20.1, CH-6512 Giubiasco (CH).

(74) Anwalt: **BECKER KURIG STRAUS**; Bavariastrasse 7, 80336 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: SEGMENTED MOTOR/GENERATOR WITH TRANSVERSAL FLOW GUIDANCE, HIGH THRUST TORQUE AND SMALL MASS INERTIA

(54) Bezeichnung : SEGMENTIERTER MOTOR/GENERATOR MIT TRANSVERSALER FLUSSFÜHRUNG, HOHEM SCHUBMOMENT UND KLEINER MASSENTRÄGHEIT

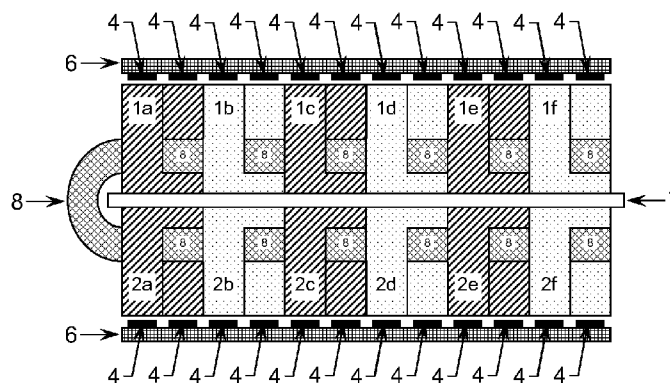


Fig. 3

(57) Abstract: The present invention relates to a multi-phase, segmented high-performance synchronous machine with transversal flow guidance consisting of at least two or more double segments. The two or more double segments form segments of a linear motor or generator or also segments of a rotating motor or generator. The two or more double segments consist of a series of permanent magnets and soft magnetic yokes with one or more surrounding coils. As a result of a bidirectional design, winding currents of the same size flow through two segments of the same size. As a result of a phase-shifted yoke arrangement, a thrust torque is effected in the same direction of movement. The yokes can be arranged folded down or lying side by side.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/139774 A2



Die vorliegende Erfindung betrifft eine mehrphasige, segmentierte Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung, die aus mindestens zwei oder mehreren Doppelsegmenten besteht. Die zwei oder mehreren Doppelsegmente bilden Segmente eines Linearmotors bzw. Generatoren oder auch Segmente eines rotierenden Motors bzw. Generators bilden. Die zwei oder mehreren Doppelsegmente bestehen aus einer Reihe von Permanentmagneten und weichmagnetischen Jochen mit einer oder mehreren umlaufenden Wicklungen. Durch einen bidirektionalen Aufbau jeweils zwei gleich grosse Segmente mit gleichgrossen Wicklungsströmen durchflössen werden. Durch eine phasenverschobene Jochanordnung wird ein Schubmoment in der gleichen Bewegungsrichtung bewirkt. Die Joche können umgeklappt oder beieinander liegend angeordnet sein.

Segmentierter Motor/Generator mit transversaler Flussführung, hohem Schubmoment und kleiner Massenträgheit

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein einen bürstenlosen Gleichstrommotor und/oder Generator und insbesondere eine bürstenlose hochpolige, mehrphasige Transversalfluss-Maschine mit Permanentmagneten. Die Erfindung beschreibt weiterhin einen Motor/Generator mit hohem Wirkungsgrad und hoher Effizienz bzw. einen Hochleistungssynchron-Motor/Generator mit transversaler Flussführung, hohem Drehmoment und kleiner Massenträgheit, dessen einzelne Pole mit Versatz in der zurücklaufenden Wicklung segmentiert sind.

Transversalflussmaschinen ermöglichen es im Vergleich mit herkömmlichen Maschinen gleichen Bauvolumens eine wesentlich höhere Momentendichte zu erzielen. Dies beruht darauf, dass bei Transversalflussmaschinen eine Erhöhung des Drehmomentes durch Erhöhung der Polzahl und der Magnetflussdichte erreicht werden kann. Bei den Transversalflussmaschinen ist der magnetische Fluss im Gegensatz zu herkömmlichen elektrischen Maschinen nicht longitudinal sondern transversal gerichtet. Das heißt, dass das elektrische Feld und das magnetische Feld um 90° gegeneinander verdreht sind.

Eine Transversalflussmaschine wird beispielsweise in der EP 1 005 136 A1 beschrieben, bei der durch eine spezielle Ausgestaltung der U-förmigen und I-förmigen Joche die Streuwege reduziert werden, sodass der Drehschub höher ist.

Eine andere Ausführungsform einer Transversalflussmaschine, die fertigungstechnisch einfacher herstellbar ist, zugleich einen möglichst hohen Wirkungsgrad und ein möglichst hohes Drehmoment besitzt, ist auch aus der DE 10 2006 038 576 bekannt.

Erkauft wird das höhere Schubmoment bei Transversalflussmaschinen durch eine Konstruktion, welche aus sehr vielen Einzelteilen besteht. Durch die leicht herstellbaren Ringwicklungen und der möglichen automatisierbaren Montage der vielen Einzelteile überwiegen aber die Vorteile.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Transversalflussmotor/-Generator bereitzustellen, der wirtschaftlich herstellbar ist, einen hohen Wirkungsgrad und ein hohes Drehmoment, d.h. das Drehmoment gegenüber bekannten Konstruktionen weiter zu steigern, aufweist. Ein Aspekt der Erfindung ist es insbesondere, den Fertigungsprozess zu vereinfachen und die Herstellungskosten zu reduzieren. Der erfindungsgemäße Transversalflussmotor/Generator ist insbesondere für Anwendungen geeignet, die einen geringer Bauraum erfordern und zugleich jedoch ein hohes Schubmoment verlangen.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch eine mehrphasige, segmentierte Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung gelöst, die aus mindestens zwei oder mehreren Doppelsegmenten besteht. Die zwei oder mehreren Doppelsegmente bilden Segmente eines Linearmotors bzw. Generatoren oder auch
5 Segmente eines rotierenden Motors bzw. Generators bilden. Die zwei oder mehreren Doppelsegmente bestehen aus einer Reihe von Permanentmagneten und weichmagnetischen Jochen mit einer oder mehreren umlaufenden Wicklungen. Durch einen bidirektionalen Aufbau jeweils zwei gleich große Segmente mit gleichgroßen Wicklungsströmen durchflossen werden. Durch eine
10 phasenverschobene Jochanordnung wird ein Schubmoment in der gleichen Bewegungsrichtung bewirkt. Die Joche können umgeklappt oder beieinander liegend angeordnet sein.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Magnete derart angeordnet, dass von zwei Phasen eine Magnetreihe genutzt wird. und dabei
15 Magnetmaterial einspart wird. Mittels der Magnetkonzentratoren wird zugleich eine Einsparung der magnetischen Flussleitmaterialien erzielt. Die magnetischen Flussleitmaterialien können insbesondere durch gespritzte MIM-Technologie (Metal Injection Molding) als grüne Materialien hergestellt sind oder es können gesinterte Materialien als Magnetflussleitmaterialien eingesetzt werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestehen die Magnetflussleitmaterialien aus weichmagnetischen Bändern, die mit Bindemittel
zusammengefügt sind. Die Magnetflussleitmaterialien aus weichmagnetischen Bändern sind ferner insbesondere mit einem Kunststoff zur Stabilisierung und Schutz umhüllt und der Stator ist vorzugsweise mit einem wärmeleitenden Kunststoff
25 umspritzt.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Feldstärke in den Magnetflussleitmaterialien durch die Magnetkonzentratoren verstärkt.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die Magnetanordnung durch zwei Anordnungen von Jochelementen gemeinsame
30 genutzt, so dass sich die Kraft bzw. das Drehmoment der Maschine im Wesentlichen ungefähr verdoppelt bzw. um ungefähr 90% gesteigert ist.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht die Maschine aus zwei oder mehreren miteinander verbundenen Rotorringen, auf denen Magnete mit wechselnder Polung (Magnetpole) aufgebracht sind. Aufgrund ihres Aufbaus weisen
35 die zwei oder mehreren miteinander verbundenen Rotorringen mit Magnetpolen vorzugsweise eine besonders große, aktive und nutzbare Magnetfläche auf.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann der segmentierte Aufbau der Maschine sehr einfach in mobile Fahrzeuge integriert werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellen die ausgeführten Maßnahmen eine Gewichtseinsparung insbesondere beim Einsatz in Windkraftanlagen im MW-Bereich in beträchtlichem Umfang dar.

5 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellen die Breite der Polenden der Jochelemente und die Breite der Magnete ein Verhältnis von ungefähr 0,7 auf.

10 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die Kanten der Jochschenkel eines U-förmigen Jochelements im Bereich der Polenden eine im Wesentlichen polygon-förmige Formgebung aufweisen, damit eine Verdichtung der Magnetfelder vermieden wird.

Erfindung wird aus der nachfolgenden Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen besser verstanden werden, die nur beispielhaft angegeben werden und somit die Offenbarung nicht beschränken sollen.

15 Fig. 1 zeigt beispielhaft das Prinzip eines bürstenlosen Gleichstrom-Motors/Generators in segmentierter Bauweise mit einer Phase;

Fig. 2 zeigt beispielhaft das Prinzip der Doppelnutzung der Magnete und des Magnetkonzentrators in einem bürstenlosen Gleichstrom-Motor /Generators in segmentierter Bauweise;

20 Fig. 3 zeigt beispielhaft einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen bürstenlosen Gleichstrom-Motor mit umgeklappt angeordneten Segmenten; und

Fig. 4a bis 4d zeigen verschiedene Formgebungen von erfindungsgemäßen Jochelementen.

25 Fig. 1 zeigt beispielhaft das Prinzip eines bürstenlosen Gleichstrom-Motors/Generators in segmentierter Bauweise mit einer Phase schematisch vereinfachter Darstellung. Phasenversetzte Jochelemente 1a, ..., 1c, 2a, ..., 2c weisen eine U-förmiger Formgebung aus weichmagnetischem Material auf und umschließen eine transversale Spule/Wicklung 8. Die Magnete 4 werden bei Bestromung siehe Pfeile im Motorbetrieb über die Joche gezogen bzw. erzeugen eine Spannung im Generatorbetrieb, wenn die Magnete 4 über die Jochelemente 1a, 30 ..., 1c, 2a, ..., 2c bewegt werden. Das in Fig. 1 beispielhaft gezeigte Prinzip verwendet die Magnete 4 ohne Doppelnutzung und illustriert eine von mehreren Ausführungen. Im rücklaufenden Teil der transversalen Spule 8 sind die phasenversetzten Jochelemente 2a, ..., 2c angeordnet.

35 Je nach Konstruktion wird zwischen einseitigen Transversalflussmaschinen, bei denen nur auf einer Seite der Permanentmagnete die Wicklung umschließenden Jochelemente zum Führen des magnetischen Flusses angeordnet sind, und

zweiseitige Transversalflussmaschinen unterschieden, bei denen beiderseits der Permanentmagnete Jochelemente angeordnet sind.

Die Hochleistungssynchronmotoren haben gegenüber normalen EC-Motoren einen um 2/3 kleineren Wicklungsbedarf, da die Wicklung komplett im Magnetkreis liegt und durch die doppelte Nutzung der Permanentmagnete eine um bis zu 50% niedrigere Magnetmasse. Dieser Aufbau reduziert gleichzeitig die notwendigen Magnetflussleitmaterialien und damit das Gewicht. Die Transversalfluss-Generatoren/Motoren mit einem doppelten Schubmoment verringern durch die Zweifachnutzung des Magnetmaterials das Volumen erheblich.

Die Materialeinsparung bei erhöhtem Wirkungsgrad erniedrigt zusätzlich das Massenträgheitsmoment. Die Erfindung betrifft rationell herstellbare Transversalfluss-Motoren/Generatoren mit reduziertem Materialbedarf, deutlich verringertem Gewicht und erhöhtem Wirkungsgrad. Die Energiedichte kann bis zu dreimal höher sein als bei Torque-Motoren/Generatoren.

Anwendungsbeispiele für derartige erfindungsgemäße Transversalfluss-Motoren/Generatoren sind beispielsweise Supersynchronmotoren, die insbesondere zum Einbau in Rohren mit kleinem Durchmesser, ähnlich Pneumatikzylinder, Rollenantrieben oder als Spindelmotoren geeignet sind, wobei die Länge der Motoren bei diesen beispielhaften Anwendungsbeispielen von nebengeordneter Bedeutung ist. Ein wesentlicher Aspekt ist insbesondere möglichst eine niedrige Geschwindigkeit bei einem hohen Drehmoment zu realisieren, ohne dass ein Getriebe benötigt wird. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist der Bau eines Motors/Generators im Schutzblech eines Fahrrads, wobei das Rad als Rotor dient.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist ein Linearmotor/Generators. Hier wird der Schwerpunkt vor allem in Werkzeugen mit langsamen Bewegungen bei hoher Kraft ohne Getriebe und geringeres Gewicht in Werkzeugmaschinen Wert gelegt, wobei zugleich eine hohe Dynamik gefordert wird und notwendig ist. Weitere Anwendungsbeispiele sind Außenläufermotoren und Kleinmotoren, welche direkt mit Netzspannung betrieben werden können, Supersynchronmotoren in Kurvenbahnen mit hoher Wegpräzision und dergleichen.

Entwicklungsaufgabe und Lösungen

Aus den vorstehend genannten Gründen bestand die Aufgabe darin, ein elektrischer Motor/Generator zu entwickeln, welche folgende Verbesserungen aufweisen:

Langsame Bewegungen

- wird erreicht durch eine hohe Polzahl mit kleinen Wegen pro Schritt;

Hohes Schubmoment und eine hohe Leistung pro Gewichtseinheit

- wird erreicht durch eine hohe Polzahl mit kleinen Magneten;

- wird erreicht durch eine bessere Ausnutzung der Magnetfläche; und/oder
- wird erreicht durch eine hohe Luftspaltinduktion.

Hoher Wirkungsgrad bei langsamem Lauf bzw. geringer Drehzahl

- 5
- wird erreicht durch eine hohe Polzahl und Begrenzung der magnetischen Sättigung. Damit werden ein hoher Wirkungsgrad, geringe Wärmeverluste durch Stromfluss, geringe Eisenverluste und eine große wirksame Magnetoberfläche erzielt.

10 Dies wird erreicht durch die doppelte Ausnutzung der Magnetfläche, was einer Verdoppelung des nutzbaren Magnetfeldes entspricht.

Vereinfachte Produktion

- wird erreicht durch Spritzgießen von Magnetflussmaterialien; und/oder
- wird erreicht durch eine automatisierte Wickeltechnik.

Ein geringer Verdrahtungsaufwand trotz hoher Polpaarzahl

- 15
- wird erreicht durch nur eine Wicklung pro Phase.

Die Motor/Generator soll ein geringes Trägheitsmoment haben

- ein kleines Schubmassenträgheitsmoment mit einer höheren Flusstärke durch Verringerung der Magnetmasse.

Der Motor/Generator soll eine höhere Leistung und Schubmoment haben

- 20
- durch den kompakten Aufbau der Spule aus Rechteck- und/oder Blech Material wird der Kupferfüllgrad und damit die Leistungsdichte erhöht; und/oder
 - durch Verwendung von NdFeB-Magnete und den Gewinn der Magnetfläche erhöht sich der Wirkungsgrad deutlich.

25 Weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen

Durch Erhöhung des Kupferfüllgrades kann im Vergleich zu runden Drähten von einem Füllgrad von ungefähr 65% auf ungefähr 96% durch Verwendung von flächigem Material (Blechen) für die transversale Spule die Leistung erhöht werden.

30 Durch einen doppelseitigen Aufbau der Magnetstruktur kann die Leistung durch Verdoppelung der nutzbaren Magnetfläche um ungefähr 90% erhöht werden,

Einen wesentlichen Anteil an den Gesamtverlusten eines erfindungsgemäßen Motors/Generators sind Verluste, die durch den Widerstand der Spule bedingt sind. Da der Widerstand durch die starke Erhöhung der nutzbaren Leitungslänge aufgrund der vorstehend und nachfolgend beschriebenen Maßnahmen niedriger ist, verringern sich die ohmschen Verluste.

35

Aus Simulationen zeigt sich, dass insbesondere die Formgebung der Polenden der erfindungsgemäßen Jochelemente optimiert werden können. So zeigt sich, dass beispielsweise ein Verhältnis der Polbreite zur Magnetbreite von ungefähr 0,7 (siehe hierzu auch Fig. 4d) angestrebt werden sollte.

5 Um die Sättigungsneigung zu reduzieren, können weiterhin die Kanten im Bereich der Polenden der erfindungsgemäßen Jochelemente entsprechend einer polygonen Form abgerundet ausgebildet werden. Bei einer derartigen die polygon-förmigen Kanten bilden sich keine Magnetfeldverdichtungen aus und die Feldstärke ist beim Übergang geringer.

10 Fig. 2 zeigt beispielhaft das Prinzip des Magnetkonzentrators und der Doppelnutzung der Magnete in schematisch vereinfachter Darstellung. Wie aus der vorstehend beschriebenen Fig. 1 erkannt werden kann, ist beim Betrieb des bürstenlosen Gleichstrom-Motors/Generators immer ungenutzte Teile der Magnete vorhanden. Um dies zu vermeiden, kann eine Doppelnutzung der Magnete erfolgen, die zu einer höheren Energiedichte einhergeht. Die Doppelnutzung, hier ebenso auch als Magnetkonzentrator bzw. Magnetkonzentrorteknik bezeichnet, ermöglicht hierbei höhere Energiedichten so dass, eine deutlich höhere Leistung gegenüber anderen Techniken erhalten wird.

20 Hierzu sind beidseitig der Magnetanordnung umfassend die Magnete 4 und das Magnetflussleitmaterial 5 (in Reihe abwechselnd miteinander angeordnet, wobei die Polungen der Magnete ebenfalls abwechselnd entgegengesetzt ausgerichtet sind) Jochelemente 1a, 1b, 2a angeordnet, in denen sich entsprechend der Polung der Magnete ein magnetischer Fluss 9 ausbildet. Das Jochelement 1a bzw. 1b und das Jochelement 2a sind auf gegenüberliegenden Seiten der Magnetanordnung angeordnet.

30 Fig. 3 zeigt ein Prinzip eines möglichen Aufbaus des erfindungsgemäßen Motors/Generators mit zwei außenliegenden Magnetringen als Beispiel für eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine weitere alternative erfindungsgemäße Ausführungsform ist der Aufbau mit einem innenliegenden Magnetring mit Doppelnutzung der Magnete entsprechend dem vorstehend beschriebenen Prinzip, wodurch eine Einsparung von Magnetmaterial erhalten wird.

35 Fig. 3 zeigt die Jochelemente 1a, ..., 1f und 2a, ..., 2f mit Phasenversatz, die Unterseite an Unterseite auf einem Träger 7 angeordnet sind. Eine transversale Spule 8 wird durch die Jochelemente eingefasst. Magnete sind jeweils an den Polenden in Form von zwei Magnetanordnungen vorgesehen. Die Magnetanordnungen umfassen jeweils ein Rückschlussblech 6, auf dem in dieser beispielhaften Ausführungsform einzelne Magnete für jeden Schenkel der U-förmigen Jochelemente oder für jedes Polende jedes Schenkels der U-förmigen Jochelemente aufgeklebt sind.

Die Ausführungen in den Figuren 4a bis 4d zeigen verschiedene Formgebungen von erfindungsgemäßen Jochelementen.

Fig. 4a zeigt eine Aufsicht auf ein erfindungsgemäßes U-Jochelement 1/2 mit einer Brücke bzw. Steg 3a zwischen Schenkeln 3b, die entsprechend der magnetisierenden Permanentmagnete (nicht dargestellt) eine Nord- bzw. Südpol-Magnetisierung aufweisen. Zur Steigerung des Drehmomentes kann vorgesehen sein, die Pole des U-Jochelements verbreitert als Polschuhe ausgeführt sind, wie dies in der nachfolgend beschriebenen Fig. 4b zu entnehmen ist. Durch diese Verbreiterung wird die drehmomentwirksame Oberfläche vergrößert und die Flussdichte im Luftspalt verringert. Wie aus Fig. 4a bzw. der nachfolgend beschriebenen Darstellung des erfindungsgemäßen Jochelements in Fig. 4c entnommen werden kann, sind die Jochschenkel 3b mit einer bezüglich ihrer Transversalebene schräg verlaufenden Brücke bzw. Steg 3a versehen. Die schräg verlaufende Brücke bzw. Steg 3a bildet Jochelemente mit einem Phasenversatz. Vorzugsweise sind die Schenkel 3b eines Jochelements mit einem Phasenversatz um eine Polteilung durch einen entsprechend ausgebildeten schräg verlaufende Brücke bzw. Steg 3b versetzt.

Fig. 4b zeigt eine Seitenschnittansicht erfindungsgemäßer Jochelemente 1a und 1b mit einer transversalen Wicklung 8 und einem Magneten 4 mit Rückschlussblech 6. Wie aus der Seitenansicht entnommen werden kann, sind die Pole des U-Jochelements verbreitert als Polschuhe ausgeführt, die sich in den Innenbereich der U-förmig ausgebildeten Jochelemente 1a und 1b erstrecken. Der Magnet 4 erstreckt sich im gezeigten Ausführungsbeispiel über jeweils ein Polende der erfindungsgemäßen Jochelemente 1a und 1b. Die transversale Wicklung 8 ist hier beispielhaft durch eine Vielzahl von Rundleitungen angedeutet. Wie vorstehend beschrieben kann die transversale Wicklung 8 jedoch auch aus flächigen Elementen wie beispielsweise Blechelemente ausgebaut sein.

Fig. 4c zeigt eine vereinfachte schematische, dreidimensionale Darstellung eines erfindungsgemäßen Jochelements mit einer Brücke bzw. einem Steg 3a zwischen beiden Jochschenkeln 3b, die entsprechend der magnetisierenden Permanentmagnete (nicht dargestellt) eine Nord- bzw. Südpol-Magnetisierung aufweisen.

Fig. 4d zeigt eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Jochelements 1/2 und der transversalen Spule/Wicklung 8. Diese Teile bilden den Stator. Der Rotor umfasst die Magnete 4 mit abwechselnder Nordpol-/Südpol-Magnetisierung 4a und Südpol-/Nordpol-Magnetisierung (4b).

Die Breite B_J der Polenden des erfindungsgemäßen Jochelements 1/2 und die Breite B_M der Magnete weisen vorteilhafterweise ein Verhältnis von ca. 0,7. Um die Sättigungsneigung zu reduzieren, werden die Kanten vorzugsweise entsprechend

- einer polygonen Form abgerundet. Die Polygonale Form kann mittels Simulation ermittelt werden unter Berücksichtigung der maximalen Feldstärke, die abhängig von der Materialwahl ist. Durch eine derartige Optimierung der polygon-förmigen Kanten der Polenden des erfindungsgemäßen U-förmigen Jochelements bilden sich keine
- 5 Magnetfeldverdichtungen aus und die Feldstärke ist beim Übergang geringer.

Bezugszeichenliste

- 1, 1a, 1b, ...: Jochelemente
- 10 2, 2a, 2b, ...: Jochelemente
- 3a: (Joch-)Steg/Brücke eines Jochelements
- 3b: (Joch-)Schenkel eines Jochelements
- 4, 4a, 4b: Magnet (Nord-Süd bzw. Süd-Nord-Magnetisierung)
- 5: Magnetflussleitmaterial
- 15 6: Rückschlussblech
- 7: Träger
- 8: transversale Spule/Wicklung
- 9: magnetischer Fluss

Ansprüche

1. Mehrphasige segmentierte Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung bestehend aus mindestens zwei oder mehreren Doppelsegmenten, die Segmente eines Linearmotors bzw. Generators bilden oder Segmente eines rotierenden Motors bzw. Generators bilden, wobei die
5 zwei oder mehreren Doppelsegmente aus einer Reihe von Permanentmagneten und weichmagnetischen Jochen mit einer oder mehreren umlaufenden Wicklungen bestehen, wobei durch einen bidirektionalen Aufbau jeweils zwei gleich große Segmente mit gleichgroßen Wicklungsströmen
10 durchflossen werden, wobei durch eine phasenverschobene Anordnung der Joche das Schubmoment in der gleichen Bewegungsrichtung bewirkt wird, wobei die Joche umgeklappt oder beieinander liegend angeordnet können.
2. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnete derart angeordnet
15 sind, dass von zwei Phasen ein Magnetreihe genutzt wird, so dass Magnetmaterial einspart wird, wobei zugleich eine Einsparung von Magnetflussleitmaterialien mittels der Magnetkonzentratoren erreicht wird, wobei die magnetischen Flussmaterialien insbesondere durch gespritzte MIM-
20 Technologie als grüne Materialien hergestellt sind oder gesinterte Materialien als Magnetflussleitmaterialien verwendet werden.
3. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetflussleitmaterialien aus weichmagnetischen Bändern bestehen, die mit Bindemittel zusammengefügt sind, wobei die Magnetflussleitmaterialien aus
25 weichmagnetischen Bändern ferner mit einem Kunststoff zur Stabilisierung und Schutz umhüllt sind und der Stator mit einem wärmeleitenden Kunststoff umspritzt ist.
4. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, dass die Feldstärke in den
30 Magnetflussleitmaterialien durch die Magnetkonzentratoren verstärkt ist.
5. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass ein Phasenversatz der Jochelemente bei mehrphasigen Maschinen so angeordnet ist, dass das Rastmoment und die Drehmomenteinbrüche sehr stark verringert sind.
- 35 6. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetanordnung durch zwei Anordnungen von Jochelementen gemeinsame genutzt werden, so dass sich die Kraft der Maschine im Wesentlichen ungefähr verdoppelt.

- 5 7. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine aus zwei oder mehreren miteinander verbundenen Rotorringen mit Magnetpolen besteht, die durch ihren Aufbau eine besonders große aktive und nutzbare Magnetfläche aufweisen.
8. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass der segmentierte Aufbau der Maschine sehr einfach in mobile Fahrzeuge integrierbar ist.
- 10 9. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass die aufgeführten Maßnahmen eine Gewichtseinsparung bei Windkraftanlagen im MW-Bereich in beträchtlichem Umfang darstellen.
- 15 10. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Polenden der Jochelemente und die Breite der Magnete ein Verhältnis von ungefähr 0,7 aufweisen.
- 20 11. Hochleistungssynchron-Maschine mit transversaler Flussführung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, dass die Kanten der Jochschenkel im Bereich der Polenden eine im Wesentlichen polygon-förmige Formgebung aufweisen, damit eine Verdichtung der Magnetfelder vermieden wird.

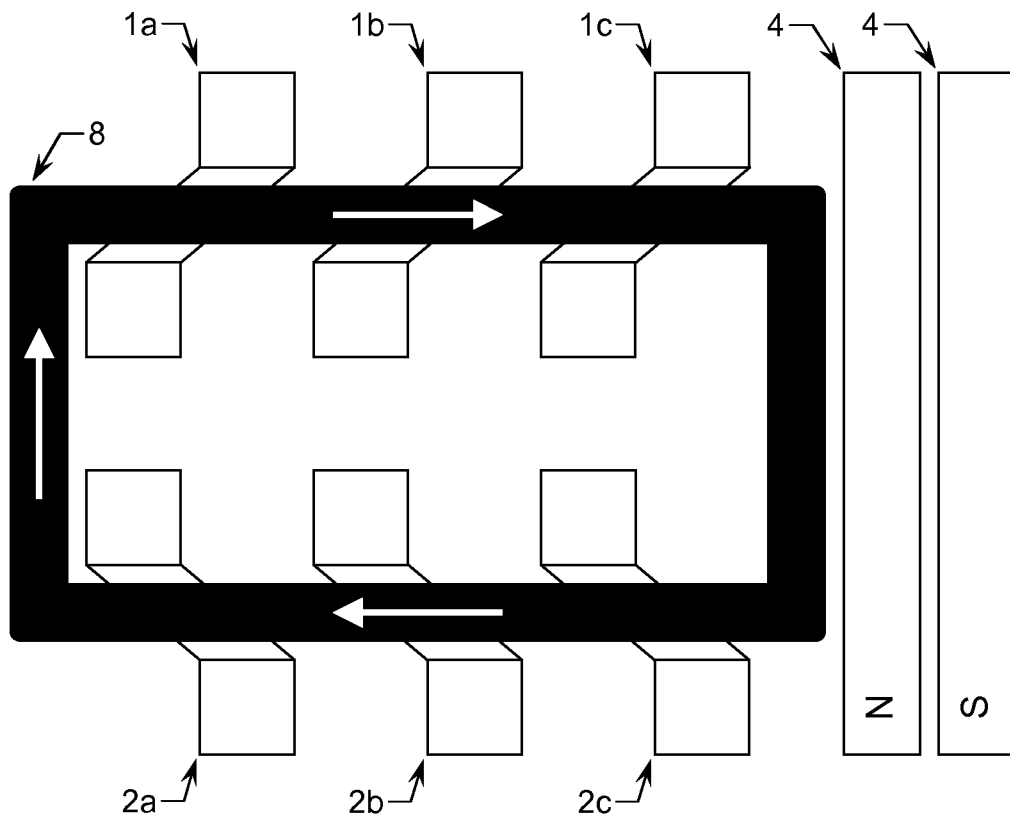


Fig. 1

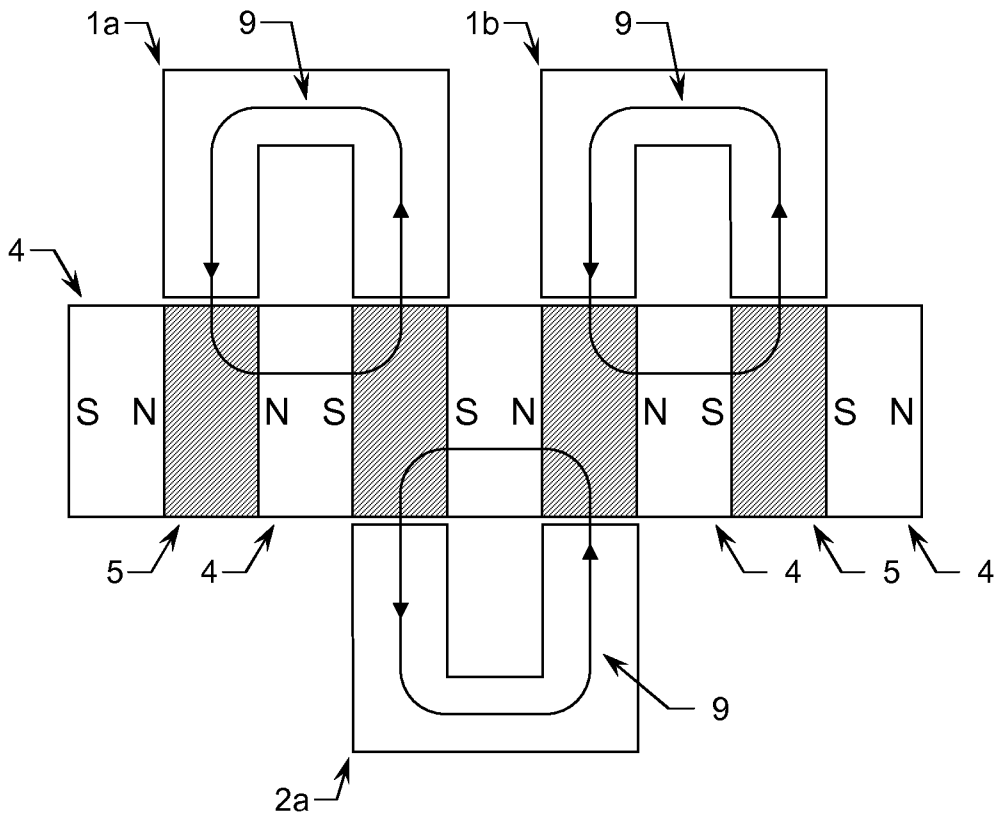


Fig. 2

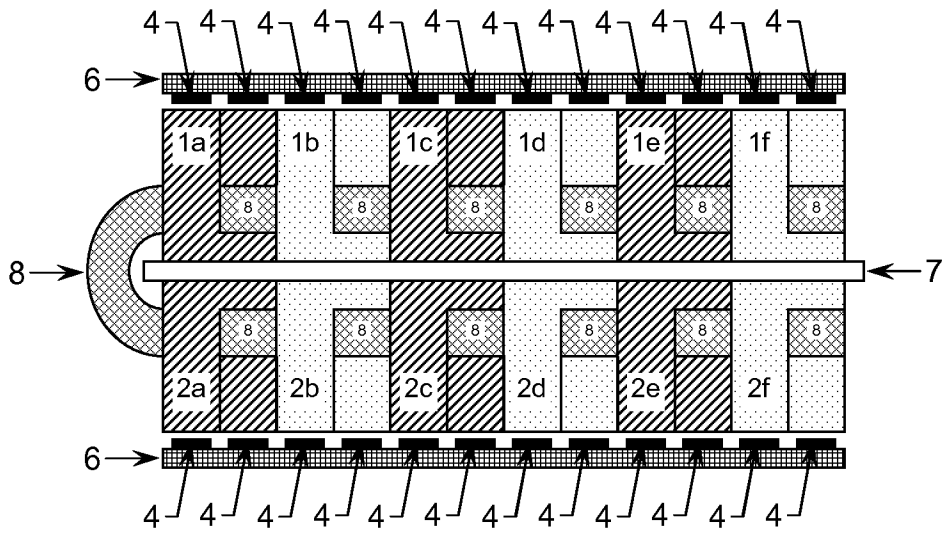


Fig. 3

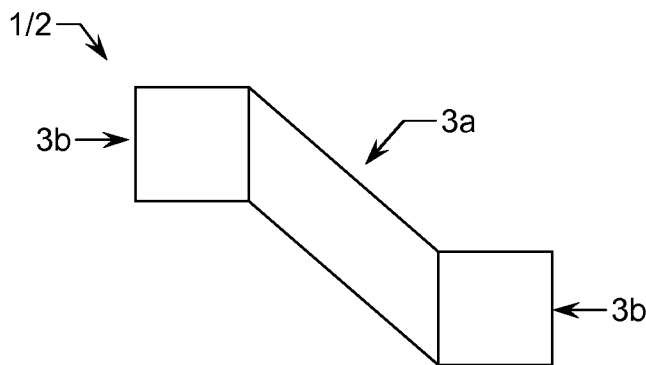


Fig. 4a

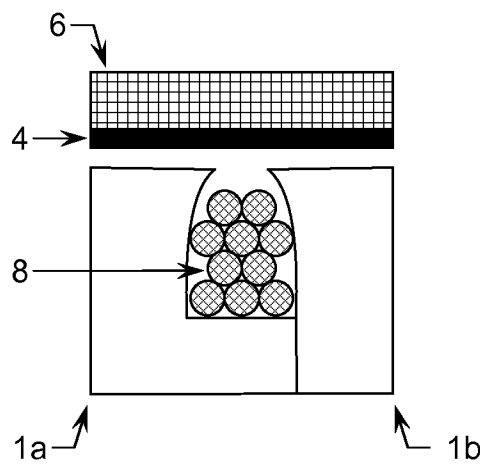


Fig. 4b

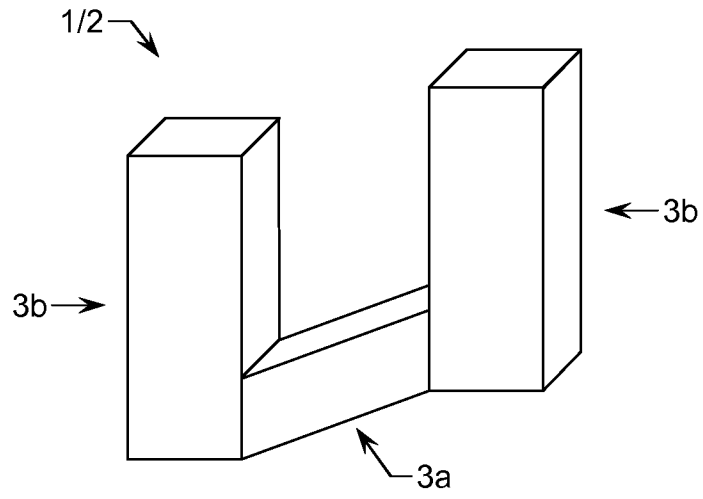


Fig. 4c

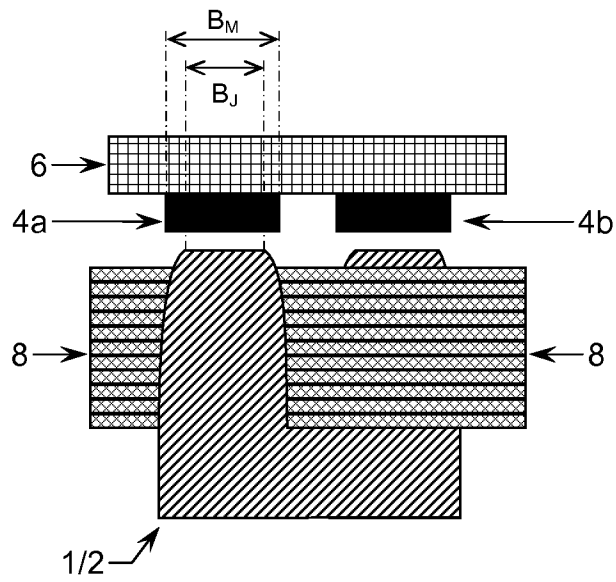


Fig. 4d