



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 054 719 A1** 2009.01.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 054 719.8**

(22) Anmeldetag: **14.11.2007**

(43) Offenlegungstag: **08.01.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H02K 3/28** (2006.01)

H02K 19/34 (2006.01)

H02P 25/22 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2007 029 825.2 28.06.2007

(71) Anmelder:

Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:

Fink Numrich Patentanwälte, 80634 München

(72) Erfinder:

Orlik, Bernd, 27793 Wildeshausen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

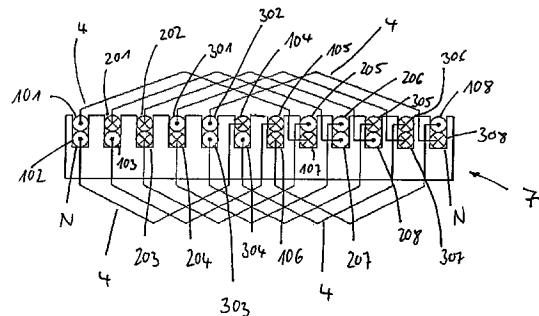
DE 3 34 070 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Drehfeldmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Drehfeldmaschine, umfassend einen Stator (7) und einen Rotor (9), wobei der Stator (7) oder der Rotor (9) eine Wicklungsanordnung mit einer Mehrzahl von Spulen aufweist. Die Spulenseiten (101, ..., 606) verlaufen im Wesentlichen in Axialrichtung der Drehfeldmaschine und sind an den Stirnseiten des Stators (7) oder Rotors (9) über elektrische Leitungen (4) eines Wickelkopfs der jeweiligen Stirnseite miteinander verbunden. Durch die Bewegung des Rotors (9) ist eine Drehspannung in den Spulen erzeugbar und/oder durch das Anlegen von Drehstrom an die Spulen kann eine Drehung des Rotors (9) bewirkt werden. Die elektrischen Leitungen (4) der jeweiligen Wickelköpfe sind derart angeordnet, dass die Wicklungsanordnung in Umfangsrichtung des Stators (7) oder Rotors (9) in Wicklungssegmente (7a, 7b, 7c) aufgeteilt ist, wobei die mit den Spulenseiten (101, ..., 106) der Spulen eines jeweiligen Wicklungssegments (7a, 7b, 7c) verbundenen elektrischen Leitungen (4) der Wickelköpfe ausschließlich in dem jeweiligen Wicklungssegment (7a, 7b, 7c) liegen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Drehfeldmaschine mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Stator bzw. der Rotor eine Wicklungsanordnung mit einer Mehrzahl von Spulen aufweist, deren Spulenseiten im Wesentlichen in Axialrichtung der Drehfeldmaschine, d. h. in Richtung der Antriebsachse der Drehfeldmaschine und gegebenenfalls unter Berücksichtigung einer Nutschrägung, verlaufen. Diese Spulenseiten sind an den Stirnseiten des Stators oder Rotors über elektrische Leitungen eines Wickelkopfs der jeweiligen Stirnseite miteinander verbunden. Hier und im Folgenden ist unter Spulenseite somit der Abschnitt eines Leiters in der Wicklungsanordnung zu verstehen, der sich von einer Stirnseite zur anderen Stirnseite des Stators bzw. Rotors erstreckt. Die Gesamtheit aller Spulen bildet die Wicklung. Die Erfindung umfasst hierbei jede Art von Drehfeldmaschinen, insbesondere sowohl Synchronmaschinen als auch Asynchronmaschinen.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedlichste Ausgestaltungen von Drehfeldmaschinen bekannt. Die Druckschrift WO 2004/068694 A1 offenbart eine elektrische Maschine für den Propulsionsantrieb eines U-Boots umfassend eine Synchronmaschine mit einem Stator und einem Rotor, wobei die Wicklung auf dem Stator als Wellenwicklung ausgebildet ist. Die Wellenwicklung umfasst eine Vielzahl von Wicklungssträngen, wobei für jeden Wicklungsstrang ein separater, einphasiger Umrichter vorgesehen ist. Das Dokument EP 0 334 112 A1 zeigt eine pulsumrichter gespeiste Drehfeldmaschine mit einer Mehrzahl von Wicklungssträngen, deren Einzelphasen durch gesonderte Umrichter gespeist werden können.

[0003] Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Drehfeldmaschinen tritt das Problem auf, dass die Art der Wicklungsanordnung auf dem Stator bzw. Rotor dazu führt, dass bei Defekten in der Wicklungsanordnung häufig die gesamte Stator- bzw. Rotorwicklung ausgetauscht werden muss.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Drehfeldmaschine zu schaffen, welche bei Defekten in der Wicklungsanordnung einfach und kostengünstig repariert werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Drehfeldmaschine gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0006] Die erfindungsgemäße Drehfeldmaschine zeichnet sich durch eine spezielle Wicklungsanordnung auf dem Rotor bzw. Stator aus, wobei in einer bevorzugten Ausführungsform die Wicklungsanordnung auf dem Stator vorgesehen ist, so dass das ma-

gnetische Drehfeld im Motorbetrieb durch den Stator generiert wird. In der erfindungsgemäßen Wicklungsanordnung sind die elektrischen Leitungen der jeweiligen Wickelköpfe an den Stirnseiten des Stators bzw. Rotors derart angeordnet, dass in Umfangsrichtung des Stators bzw. Rotors Wicklungssegmente mit einer bestimmten Anzahl an Spulen ausgebildet sind, wobei sich die Wicklungssegmente dadurch auszeichnen, dass die elektrischen Wickelkopf-Leitungen, welche zu den Spulen eines jeweiligen Wicklungssegments gehören, ausschließlich in dem jeweiligen Wicklungssegment liegen. Das heißt, die elektrischen Leitungen eines Wickelkopfs, welche in Spulenseiten eines Wicklungssegments enden bzw. dort beginnen, überlappen nicht mit den elektrischen Leitungen des Wickelkopfs in einem anderen Wicklungssegment. Dies bedeutet mit anderen Worten, dass die elektrischen Leitungen der Wickelköpfe immer Spulenseiten verbinden, welche zum gleichen Wicklungssegment gehören. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass bei Defekten in der Wicklung nur ein Teil der Wicklung ersetzt werden muss, nämlich die Spulen desjenigen Wicklungssegments, in dem der Defekt aufgetreten ist. Im Gegensatz hierzu überschneiden sich in herkömmlichen Drehfeldmaschinen die elektrischen Leitungen der Wickelköpfe, so dass ein separater Austausch von Wicklungsteilen nur mit hohem Aufwand möglich ist.

[0007] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Wicklungssegmente separat austauschbare Segmente des Stators oder Rotors, so dass bei einem Defekt nicht die einzelnen Spulen, sondern das gesamte Wicklungssegment mit den dort enthaltenen Spulen als ganzes ausgetauscht werden kann. Auf diese Weise wird eine schnelle und effiziente Reparatur des Stators bzw. Rotors ermöglicht. Die einzelnen Wicklungssegmente sind insbesondere lösbar miteinander verbundene, separate mechanische Einheiten, d. h. der Stator bzw. Rotor ist nicht mehr als einstückiges Bauteil ausgebildet. Vorzugsweise sind die separat austauschbaren Segmente ferner in Axialrichtung der Drehfeldmaschine geteilte Segmente.

[0008] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Wicklungsstränge der Wicklungsanordnung, welche jeweils eine Phase der Drehspannung oder des Drehstroms repräsentieren, derart angeordnet, dass Wicklungssegmente gebildet werden, deren Länge jeweils der doppelten Polteilung oder ganzzahliger Vielfacher davon entspricht. Die Länge eines Wicklungssegments in Umfangsrichtung entspricht somit der Länge eines Polpaars oder Vielfachen davon. Die Polteilung entspricht dabei dem Umfangsanteil des Stators bzw. Rotors, der sich aus der Division des Gesamtumfangs durch die Anzahl an Polen ergibt.

[0009] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfin-

zung ist die Wicklungsanordnung der Drehfeldmaschine eine Zahnspulenwicklung bzw. eine Einzelzahnwicklung, insbesondere in der Form eines Ständerblechpakets mit Nuten, in denen sich die einzelnen Spulenseiten befinden.

[0010] Die erfindungsgemäße Wicklungsanordnung kann als Einschichtwicklung ausgestaltet sein. Ebenso kann die Wicklungsanordnung eine Zweischichtwicklung sein, bei der zwei übereinander liegende Lagen von Spulen auf dem Stator bzw. Rotor liegen.

[0011] Im Falle, dass in der Zweischichtwicklung die beiden Lagen von Spulen in Umfangsrichtung um eine oder mehrere Wicklungsabstände zueinander versetzt sind, umfasst ein Wicklungssegment vorzugsweise eine erste Anzahl an Spulen und eine zweite Anzahl an Spulen. Eine jeweilige Spule der ersten Anzahl an Spulen weist dabei eine Spulenweite größer als die Polteilung auf und eine jeweilige Spule der zweiten Anzahl an Spulen weist eine Spulenweite kleiner als die Polteilung auf. Der Wicklungsabstand entspricht dabei dem Abstand von in Umfangsrichtung des Stators oder Rotors benachbarten Spulenseiten. In konventionellen Maschinen entspricht dieser Abstand somit der Nutteilung.

[0012] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform existieren in einem Wicklungssegment nur eine erste Anzahl und eine zweite Anzahl an Spulen, d. h. es existieren keine Spulen, deren Weite der Polteilung entspricht.

[0013] In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist jedes Wicklungssegment mit einem separaten Umrichter verbunden, wobei die Umrichter vorzugsweise gleiche Leistung aufweisen. Die Umrichter wandeln mit entsprechenden Gleich- bzw. Wechselrichtern im Generatorbetrieb die Frequenz der erzeugten Wechselspannung in eine Frequenz der Netzwechselspannung bzw. im Motorbetrieb die Frequenz der Netzwechselspannung in eine entsprechende Antriebsspannungsfrequenz. Davon abweichend können jedoch auch alle Wicklungssegmente durch einen einzigen Umrichter gespeist werden.

[0014] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Drehfeldmaschine eine mehrphasige Maschine, bei der jedes Wicklungssegment der doppelten Polteilung oder Vielfachen der doppelten Polteilung entspricht, wobei jeder Umrichter ein mehrphasiger Umrichter entsprechend der Anzahl an Phasen der Drehfeldmaschine ist. Dies bedeutet, dass insbesondere der Generatorbetrieb der Maschine aufrecht erhalten werden kann, wenn es zu dem Ausfall eines Wicklungssegments kommt. In diesem Fall wird durch die mehrphasigen Umrichter der anderen (nicht ausgefallenen) Wicklungssegmente weiterhin Wechselspannung bzw. Wechselstrom er-

zeugt, wobei lediglich die Leistung der Maschine herabgesetzt ist. Auf diese Weise wird eine fehlertolerante Drehfeldmaschine geschaffen, welche bei Defekten in den Wicklungen in vielen Fällen weiterhin betriebsfähig ist.

[0015] Die erfindungsgemäße Drehfeldmaschine kann in verschiedenen technischen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet ist hierbei die Verwendung der Drehfeldmaschine als Windenergiegenerator einer Windkraftanlage.

[0016] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Figuren detailliert beschrieben.

[0017] Es zeigen:

[0018] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Zweischichtwicklung eines Stators einer Drehfeldmaschine gemäß dem Stand der Technik;

[0019] Fig. 2 eine Schnittansicht durch das Wicklungssegment eines Stators mit Zweischichtwicklung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0020] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Drehfeldmaschine mit einem Frequenzumrichter gemäß dem Stand der Technik;

[0021] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Drehfeldmaschine mit segmentierter Wicklung und mehreren Frequenzumrichtern gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0022] Fig. 5 und Fig. 6 Schnittansichten von segmentierten Einschichtwicklungen einer Drehfeldmaschine gemäß weiteren Ausführungsformen der Erfindung.

[0023] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer aus dem Stand der Technik bekannten gesehnten Zweischichtwicklung des Stators einer Drehfeldmaschine, wobei nur der Wicklungsstrang einer Phase wiedergegeben ist. Die einzelnen Spulenseiten sind durch senkrecht verlaufende, durchgezogene bzw. gestrichelte Linien angedeutet, welche in entsprechenden Nuten eines Ständerblechpakets angeordnet sind, wobei in jeder Nut zwei Spulenseiten liegen. In Fig. 1 sind die einzelnen Nuten mit Bezugszeichen **1** bis **36** bezeichnet, wobei aus Übersichtlichkeitsgründen lediglich die geradzahigen Bezugszeichen genannt sind. Die einzelnen Spulenseiten in den Nuten sind durch entsprechende Leitungen an den oberen bzw. unteren Enden miteinander verschaltet. Diese Leitungen an den oberen bzw. unteren Enden liegen somit an den jeweiligen Stirnseiten des Ständerblechpakets und bilden den jeweiligen Wickelkopf. Die Lage der einzelnen Spulenseiten in

den Nuten wird dadurch angedeutet, dass durchgezogene Linien Spulenseiten in der Oberlage der Zweischichtwicklung und gestrichelte Linien Spulenseiten in der Unterlage der Zweischichtwicklung entsprechen.

[0024] Wie sich aus [Fig. 1](#) ergibt, werden in dem Wicklungsstrang somit Spulen gebildet, von denen einige in [Fig. 1](#) mit dem Bezugszeichen S bezeichnet sind. Diese Spulen sind durch entsprechende Leitungen miteinander verschaltet, wobei beispielhaft einige dieser Leitungen mit dem Bezugszeichen L bezeichnet sind. Die in [Fig. 1](#) gezeigte Zweischichtwicklung weist ferner Anschlüsse an zwei Spulen auf, welche mit U1 bzw. U2 bezeichnet sind. Die Polteilung τ_p der Wicklungsanordnung in [Fig. 1](#), d. h. der Abstand zwischen benachbarten Polen, beträgt neun Wicklungsabstände in der Form von Nutteilungen, so dass durch die 36 Nuten insgesamt vier Pole gebildet werden.

[0025] In der Ausführungsform der [Fig. 1](#) handelt es sich um eine gesehnte Zweischichtwicklung, bei der die Spulenweite W kleiner als die Polteilung τ_p ist. Die Verkürzung der Spulenweite wird hierbei als Sehnung bezeichnet. Eine Sehnung führt zu einem Versatz der Spulen in der oberen und unteren Schicht um ein oder mehrere Wicklungsabstände in Umfangsrichtung des Ständers gegeneinander. In der Ausführungsform der [Fig. 1](#) liegt eine Sehnung von 8/9 vor, da die Weite W der einzelnen Spulen um eine Nutteilung kleiner als die Polteilung ist, d. h. die Weite W beträgt nur acht Nutteilungen, wohingegen die Polteilung τ_p neun Nutteilungen entspricht.

[0026] Durch die Sehnung wird die Erzeugung von Oberwellen bei Betrieb der Drehfeldmaschine unterdrückt bzw. vermindert. Bei der herkömmlichen Zweischichtwicklung gemäß [Fig. 1](#) besteht das Problem, dass die Wickelköpfe der einzelnen Spulen sich entlang des gesamten Umfangs des Ständerblechpakets überschneiden bzw. miteinander überlappen. Bei Defekten in der Wicklung hat dies zur Konsequenz, dass die gesamte Statorwicklung ausgetauscht werden muss, und nicht die Möglichkeit besteht, lediglich Teilbereiche der Statorwicklung zu ersetzen.

[0027] Um das obige Problem des Austauschs der gesamten Statorwicklung im Fehlerfall zu vermeiden, wird erfindungsgemäß eine Segmentierung der Wicklung des Stators vorgeschlagen, wobei ein Beispiel einer solchen Segmentierung in Schnittansicht in [Fig. 2](#) gezeigt ist. [Fig. 2](#) zeigt hierbei ein Wicklungssegment einer Zweischichtwicklung eines Stators 7 einer dreiphasigen Drehfeldmaschine, wobei das Wicklungssegment der doppelten Polteilung der Drehfeldwicklung entspricht. Das Wicklungssegment in [Fig. 2](#) besteht somit aus zwölf Nuten, wobei zwei Nuten pro Pol und Wicklungsstrang vorgesehen sind.

Einige der Nuten sind in [Fig. 2](#) beispielhaft mit dem Bezugszeichen N versehen. Die einzelnen Spulenseiten in jeder Nut sind mit entsprechenden Bezugszeichen 101 bis 108, 201 bis 208, 301 bis 308 und 401 bis 408 versehen, wobei die erste Ziffer dieser dreistelligen Bezugszeichen andeutet, zu welchem Wicklungsstrang (d. h. zu welcher Phase) die entsprechende Spulenseite gehört. Dies bedeutet, dass Spulenseiten, deren Bezugszeichen mit der gleichen Ziffer beginnt, zur gleichen Phase gehören. Durch entsprechende Punkte bzw. Kreuze innerhalb des Querschnitts der einzelnen Spulenseiten wird die Richtung des Stroms in diesen Spulenseiten angedeutet. Ein Punkt steht hierbei für einen Stromfluss aus der Blattebene heraus und ein Kreuz steht hierbei für einen Stromfluss in die Blattebene hinein.

[0028] Aus [Fig. 2](#) sind ferner die einzelnen elektrischen Leitungen des Wickelkopfs des Stators ersichtlich, welche die Spulenseiten in den Nuten miteinander verbinden. Diese Leitungen sind als durchgezogene Verbindungslinien zwischen den Spulenseiten angedeutet, wobei nur die Leitungen eines Wickelkopfs wiedergegeben sind. Die Leitungen des anderen Wickelkopfs sind analog angeordnet. Beispielhaft sind einige der Leitungen mit Bezugszeichen 4 versehen. Man erkennt aus [Fig. 2](#), dass die einzelnen Spulenseiten durch die Leitungen 4 des Wickelkopfs derart miteinander verschaltet sind, dass der aus zwölf Nuten bestehende Abschnitt des Stators 7 ein in sich geschlossenes Wicklungssegment bildet, bei dem alle elektrischen Leitungen 4 der Wickelköpfe innerhalb des durch das Wicklungssegment gebildeten Umfangsabschnitts des Stators liegen. Das heißt, es existieren keine elektrischen Leitungen, welche aus dem dargestellten Wicklungssegment aus zwölf Spulen in ein anderes Wicklungssegment benachbart zu diesem Wicklungssegment führen. Dies bedeutet, dass das Wicklungssegment als separat austauschbares Segment in dem Stator ausgebildet werden kann, da keine elektrischen Verbindungen zwischen den einzelnen Wicklungssegmenten über die Wickelköpfe vorliegen.

[0029] Wie sich aus [Fig. 2](#) ergibt, sind die Spulenseiten der Wicklungsstränge in der oberen Lage der Zweischichtwicklung gegenüber den Spulenseiten der Wicklungsstränge in der unteren Lage um einen Wicklungsabstand, d. h. um den Abstand zwischen zwei Nuten, gegeneinander versetzt. Es wird dabei der elektromagnetische Effekt einer durchgängigen Sehnung erreicht, obwohl nicht alle Spulen der Wicklung die gleiche Weite aufweisen. Die Polteilung für die in [Fig. 2](#) gezeigte Zweischichtwicklung beträgt sechs Wicklungsabstände, jedoch liegen – anders als im Stand der Technik – nicht lediglich Spulen mit einer verringerten Weite von fünf Wicklungsabständen vor. Vielmehr existieren in dem beispielhaften Wicklungssegment gemäß [Fig. 2](#) Spulen, deren Weite der Polteilung plus einem Wicklungsabstand ent-

spricht, sowie Spulen, deren Weite der Polteilung minus einem Wicklungsabstand entspricht. Insgesamt werden zwölf geschlossene Spulen gebildet, wobei die Aufteilung der Spulen wie folgt ist:

[0030] Spulen mit einer Weite von fünf Wicklungsabständen umfassen jeweils folgende Spulenseiten:
 Spulenseiten **102** und **104**
 Spulenseiten **203** und **205**
 Spulenseiten **204** und **206**
 Spulenseiten **303** und **305**
 Spulenseiten **304** und **306**
 Spulenseiten **103** und **105**
 Spulenseiten **106** und **108**.

[0031] Spulen mit einer Weite von sieben Wicklungsabständen umfassen jeweils folgende Spulenseiten:
 Spulenseiten **101** und **107**
 Spulenseiten **201** und **207**
 Spulenseiten **202** und **208**
 Spulenseiten **301** und **307**
 Spulenseiten **302** und **308**.

[0032] Es sind hierbei immer Spulenseiten aus unterschiedlichen Schichten, d. h. aus einer oberen und einer unteren Lage der Zweischichtwicklung miteinander verbunden. Dies ist bei Zweischichtwicklungen eine übliche Vorgehensweise. Jedoch ist es gegebenenfalls auch denkbar, dass die Spulenseiten der jeweiligen Spulen entweder nur in der Oberlage oder nur in der Unterlage liegen.

[0033] Wie sich aus **Fig. 2** ergibt, werden somit abgeschlossene Wicklungssegmente erzeugt, bei denen die elektrischen Leitungen des Wickelkopfs in einem Wicklungssegment nicht mit den elektrischen Leitungen des Wickelkopfs in einem anderen Wicklungssegment überlappen. Dies wird durch die Ausbildung von Wicklungsspulen innerhalb des Wicklungssegments erreicht, welche entweder eine Weite größer als die Polteilung oder eine Weite kleiner als die Polteilung aufweisen.

[0034] **Fig. 3** zeigt eine schematische Ansicht einer herkömmlichen Drehfeldmaschine **5** mit einem Stator **7**, welche mit einem Frequenzumrichter **6** verbunden ist. Es handelt sich in **Fig. 3** um einen dreiphasigen Generator mit drei Wicklungssträngen zur Erzeugung einer dreiphasigen Wechselspannung. Der Frequenzumrichter **6** ist hierbei ein herkömmlicher Umrichter umfassend einen ersten Gleichrichter **6a** und einen Wechselrichter **6b**, welche über eine Kapazität **C** miteinander gekoppelt sind. **Fig. 3** zeigt somit ein Umrichter-Generatorsystem, in dem durch die Drehfeldmaschine **5** aus mechanischer Energie Drehstrom erzeugt wird, der über den Stromrichter **6** in Netzstrom gewandelt wird. Bei der Anordnung der **Fig. 3** besteht zum einen das Problem, dass bei Schäden an der Statorwicklung häufig die gesamte Statorwick-

lung aufgrund der überlappenden elektrischen Leitungen des Wickelkopfs ausgetauscht werden muss. Zum anderen ist es nachteilhaft, dass das gesamte Umrichter-Generatorsystem ausfällt, wenn nur ein einziger Defekt in der Statorwicklung auftritt, wodurch der Generatorbetrieb auch bei kleinen Schäden sofort unterbrochen wird.

[0035] **Fig. 4** zeigt eine Ausführungsform eines Umrichter-Generatorsystems, wie es in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eingesetzt wird. Bei der in **Fig. 4** dargestellten Drehfeldmaschine **5** handelt es sich nunmehr um eine erfindungsgemäße Drehfeldmaschine mit einzelnen separaten Wicklungssegmenten, welche mit dem Bezugszeichen **7a**, **7b** und **7c** bezeichnet sind. Die Drehfeldmaschine ist analog zur **Fig. 3** wiederum eine dreiphasige Drehfeldmaschine, und jedes der Wicklungssegmente **7a** bis **7c** entspricht hierbei der doppelten Polteilung oder Vielfachen der doppelten Polteilung. Beispielsweise könnte die Drehfeldmaschine eine sechspolige Drehfeldmaschine sein, wobei jedes Wicklungssegment eine doppelte Polteilung umfasst. In der Ausführungsform gemäß **Fig. 4** ist jedes der Wicklungssegmente **7a** bis **7c** durch einen separaten Frequenzumrichter **6** gespeist, wobei die einzelnen Umrichter wie der Umrichter gemäß **Fig. 3** aufgebaut sind. Jeder Umrichter umfasst somit einen Gleichrichter **6a** und einen Wechselrichter **6b** mit parallel geschalteter Kapazität **C**. Die durch die Frequenzumrichter erzeugte Wechselspannung wird einem entsprechenden Transformator **8** zugeführt.

[0036] Ein wichtiger Vorteil der Anordnung gemäß **Fig. 4** besteht darin, dass jeder der drei Frequenzumrichter einen dreiphasigen Strom verarbeitet, der nur aus einem einzelnen Wicklungssegment stammt. Dies bedeutet, dass auch bei Ausfall eines Wicklungssegments die anderen Wicklungssegmente mit ihren Frequenzumrichtern weiterhin den entsprechenden dreiphasigen Strom erzeugen, so dass es nicht zum Gesamtausfall des Umrichter-Generatorsystems kommt, sondern lediglich zu einer Leistungsverminderung. Es entsteht somit ein fehlertolerantes System, welches bei Schäden in der Statorwicklung nicht zu einem Komplettausfall der Stromerzeugung führt. Ein weiterer Vorteil des Systems der **Fig. 4** besteht darin, dass mechanisch trennbare und separat austauschbare Wicklungssegmente **7a** bis **7c** vorgesehen sind, welche es im Fehlerfall ermöglichen, dass nicht die gesamte Statorwicklung, sondern nur das entsprechende defekte Wicklungssegment ausgetauscht werden muss. Hierdurch werden die Reparaturkosten gesenkt.

[0037] Im Vorangegangenen wurde eine Ausführungsform der Erfindung anhand einer Statorwicklung in der Form einer Zweischichtwicklung beschrieben. Das erfindungsgemäße Konzept lässt sich jedoch auch für Einschichtwicklungen verwenden, wie

in

[0038] Fig. 5 verdeutlicht ist. Diese Figur zeigt in Schnittansicht einen Ausschnitt aus einer Drehfeldmaschine mit Einschichtwicklung. Die Maschine umfasst einen permanenterrregten Rotor **9** mit einzelnen Permanentmagneten **9a**, welche gegenüber einem Stator angeordnet sind, wobei von dem Stator drei getrennte Wicklungssegmente **7a**, **7b** und **7c** wiedergegeben sind. Analog zu Fig. 2 weist der Stator eine Ständerwicklung auf, welche nunmehr jedoch eine Einschichtwicklung ist. Die einzelnen Spulenseiten der Wicklungsspulen sind wiederum im Schnitt gezeigt, wobei durch Punkte bzw. Kreuze die Stromrichtung in den Spulenseiten wiedergegeben ist. Es handelt sich um eine dreiphasige Wicklungsanordnung mit einer Nut pro Pol und Wicklungsstrang. Die Spulenseiten **401** bis **406**, die Spulenseiten **501** bis **506** und die Spulenseiten **601** bis **606** gehören hierbei jeweils zu dem gleichen Wicklungsstrang. Man erkennt aus Fig. 5, dass die Spulenseiten über (nur teilweise mit Bezugszeichen versehene) elektrische Leitungen **4** des Wickelkopfs wiederum derart verschaltet sind, dass die einzelnen Wicklungssegmente **7a** bis **7c** jeweils in sich geschlossene elektrische Wickelkopf-Leitungen enthalten, welche nicht zu benachbarten Wicklungssegmenten reichen. Auf diese Weise werden elektrisch voneinander getrennte Einheiten von Wicklungssegmenten **7a** bis **7c** geschaffen.

[0039] Durch die elektrischen Verbindungen **4** werden gemäß Fig. 5 geschlossene Spulen gebildet, welche jeweils folgende Spulenseiten umfassen:

Spulenseiten **401** und **402**
 Spulenseiten **501** und **502**
 Spulenseiten **601** und **602**
 Spulenseiten **403** und **404**
 Spulenseiten **503** und **504**
 Spulenseiten **603** und **604**
 Spulenseiten **405** und **406**
 Spulenseiten **505** und **506**
 Spulenseiten **605** und **606**.

[0040] In der Ausführungsform der Fig. 5 stellen diese Wicklungssegmente ferner separate mechanische Einheiten dar, welche getrennt voneinander ausgetauscht werden können. Es muss somit nicht mehr die gesamte Statorwicklung bei Fehlern in der Wicklung ausgetauscht werden, sondern lediglich das defekte Wicklungssegment.

[0041] Fig. 6 zeigt eine Abwandlung der Ausführungsform der Fig. 5, wobei gleiche Bauteile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Der Ausschnitt der Drehfeldmaschine gemäß Fig. 6 entspricht im Wesentlichen der Fig. 5. Der einzige Unterschied besteht darin, dass nunmehr die einzelnen Wicklungssegmente auf einem mechanisch nicht getrennten Stator angeordnet sind. Nichtsdestotrotz werden durch die Wicklungssegmente elektrisch iso-

lierte Einheiten gebildet. Da wiederum keine Überlappungen bzw. Überschneidungen zwischen den elektrischen Leitungen des Wickelkopfs in unterschiedlichen Wicklungssegmenten bestehen, können im Fehlerfall nur die Spulen des fehlerhaften Wicklungssegments ausgetauscht werden, wodurch die Reparaturkosten vermindert werden können.

[0042] Ein bevorzugter Einsatzbereich der im Vorangegangenen beschriebenen Drehfeldmaschine ist deren Verwendung in Windkraft-Generatoren. Bisher musste im Fehlerfall der gesamte Generator mit Hilfe eines Krans in der Gondel der Windkraftanlage ausgetauscht werden. Nunmehr kann ein Generator durch Reparatur bzw. Tausch einzelner Wicklungssegmente in der Gondel wieder in Betrieb gesetzt werden. Ein Kraneinsatz ist in diesem Fall für die Reparatur nicht mehr erforderlich. Insbesondere für Offshore-Windenergieanlagen hat dies einen großen Vorteil, da Kraneinsätze auf See mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Drehfeldmaschine in Schiffsantrieben.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2004/068694 A1 [\[0002\]](#)
- EP 0334112 A1 [\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Elektrische Drehfeldmaschine, umfassend einen Stator (7) und einen Rotor (9), wobei der Stator (7) oder der Rotor (9) eine Wicklungsanordnung mit einer Mehrzahl von Spulen aufweist, deren Spulen-seiten (101, ..., 606) im Wesentlichen in Axialrichtung der Drehfeldmaschine verlaufen und an den Stirnseiten des Stators (7) oder Rotors (9) über elektrische Leitungen (4) eines Wickelkopfs der jeweiligen Stirnseite miteinander verbunden sind, wobei durch die Bewegung des Rotors (9) eine Drehspannung in den Spulen erzeugbar ist und/oder durch das Anlegen von Drehstrom an die Spulen eine Drehung des Rotors (9) bewirkt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrischen Leitungen (4) der jeweiligen Wickelköpfe derart angeordnet sind, dass die Wicklungsanordnung in Umfangsrichtung des Stators (7) oder Rotors (9) in Wicklungssegmente (7a, 7b, 7c) aufgeteilt ist, wobei die mit den Spulen-seiten (101, ..., 106) der Spulen eines jeweiligen Wicklungssegments (7a, 7b, 7c) verbundenen elektrischen Leitungen (4) der Wickelköpfe ausschließlich in dem jeweiligen Wicklungssegment (7a, 7b, 7c) liegen.

2. Drehfeldmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungssegmente (7a, 7b, 7c) separat austauschbare Segmente des Stators (7) oder Rotors (9) sind.

3. Drehfeldmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungssegmente (7a, 7b, 7c) separate mechanische Bauteile des Stators (7) oder Rotors (9) sind, welche lösbar miteinander verbunden sind.

4. Drehfeldmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die separat austauschbaren Segmente (7a, 7b, 7c) in Axialrichtung der Drehfeldmaschine geteilte Segmente sind.

5. Drehfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungsstränge der Wicklungsanordnung, welche jeweils eine Phase der Drehspannung oder des Drehstroms repräsentieren, derart angeordnet sind, dass die Länge eines Wicklungssegments der doppelten Polteilung oder ganzzahliger Vielfacher der doppelten Polteilung entspricht.

6. Drehfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungsanordnung der Drehfeldmaschine eine Einzelzahnwicklung umfasst.

7. Drehfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungsanordnung der Drehfeldmaschine eine Einschichtwicklung umfasst.

8. Drehfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungsanordnung der Drehfeldmaschine eine Zweischichtwicklung umfasst.

9. Drehfeldmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Lagen der Zweischichtwicklung um einen oder mehrere Wicklungsabstände zueinander versetzt sind und die Spulen einer ersten Anzahl an Spulen eines Wicklungssegments (7a, 7b, 7c) eine Spulenweite größer als die Polteilung aufweisen und die Spulen einer zweiten Anzahl an Spulen eines Wicklungssegments (7a, 7b, 7c) eine Spulenweite kleiner als die Polteilung aufweisen.

10. Drehfeldmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wicklungssegment (7a, 7b, 7c) ausschließlich die erste und zweite Anzahl an Spulen enthält.

11. Drehfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Wicklungssegment (7a, 7b, 7c) mit einem separaten Umrichter (6) verbunden ist.

12. Drehfeldmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass alle Umrichter (6) die gleiche Leistung aufweisen.

13. Drehfeldmaschine nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge jedes Wicklungssegments (7a, 7b, 7c) der doppelten Polteilung oder Vielfachen der doppelten Polteilung entspricht, wobei jeder Umrichter (6) ein mehrphasiger Umrichter entsprechend der Anzahl an Phasen der Drehfeldmaschine ist.

14. Drehfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehfeldmaschine ein Windenergiegenerator oder ein Schiffsmotor ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

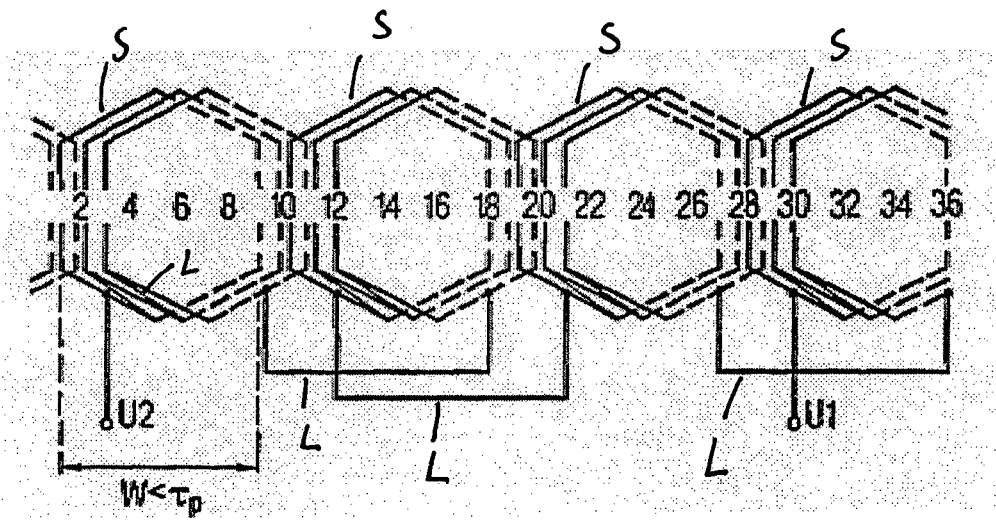


Fig. 1

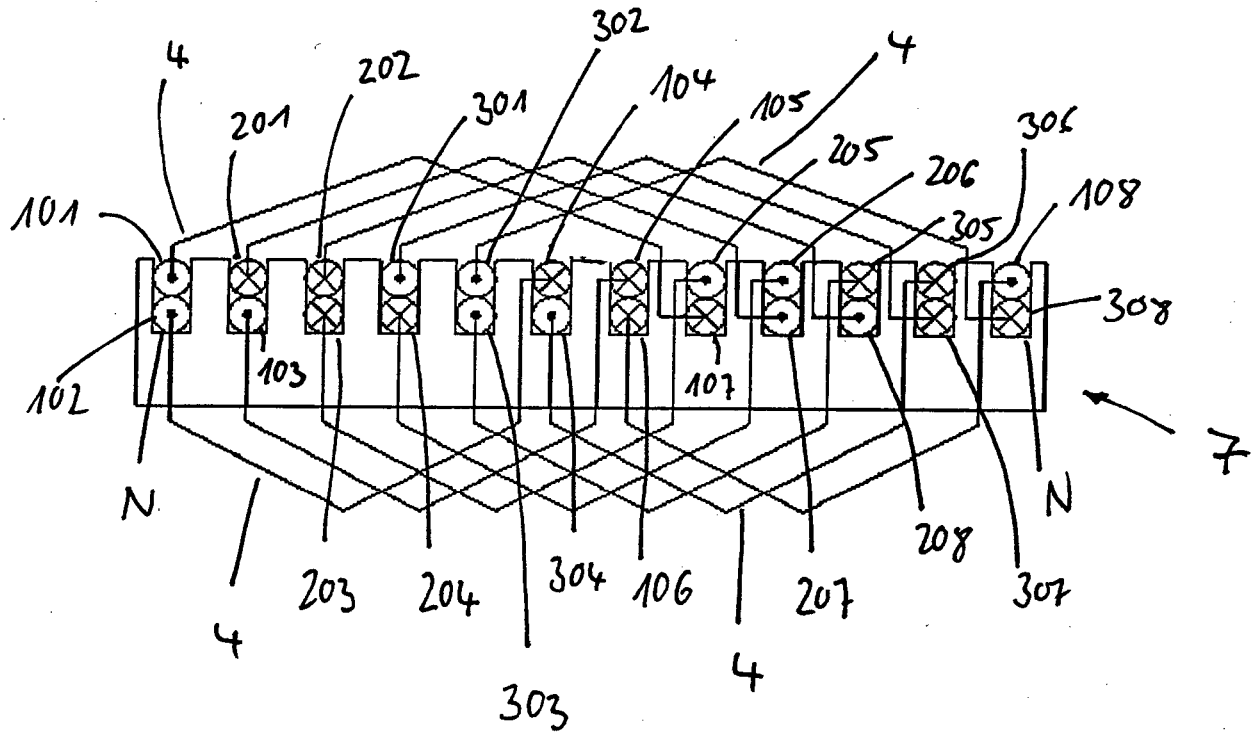


Fig. 2

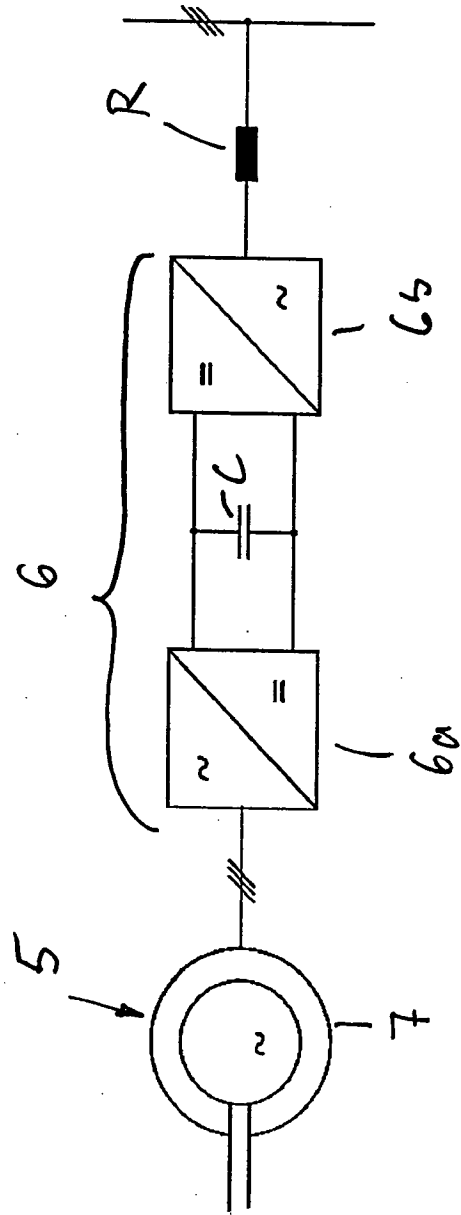


Fig. 3

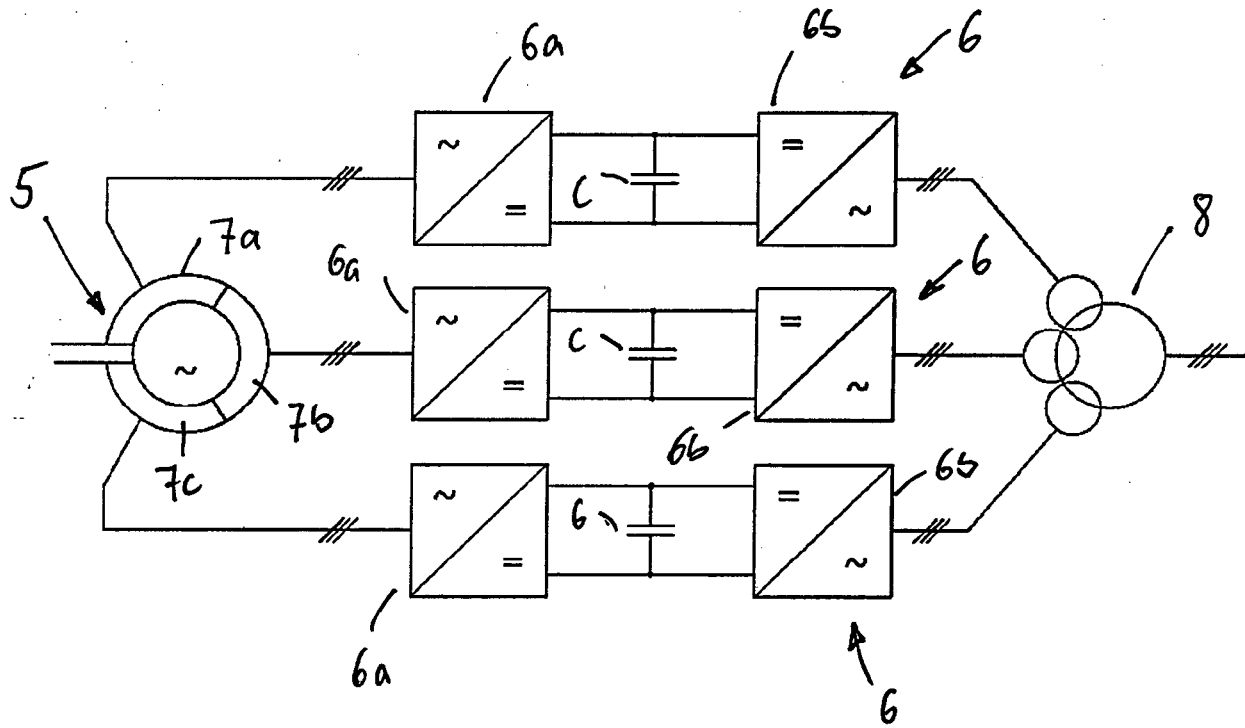


Fig. 4

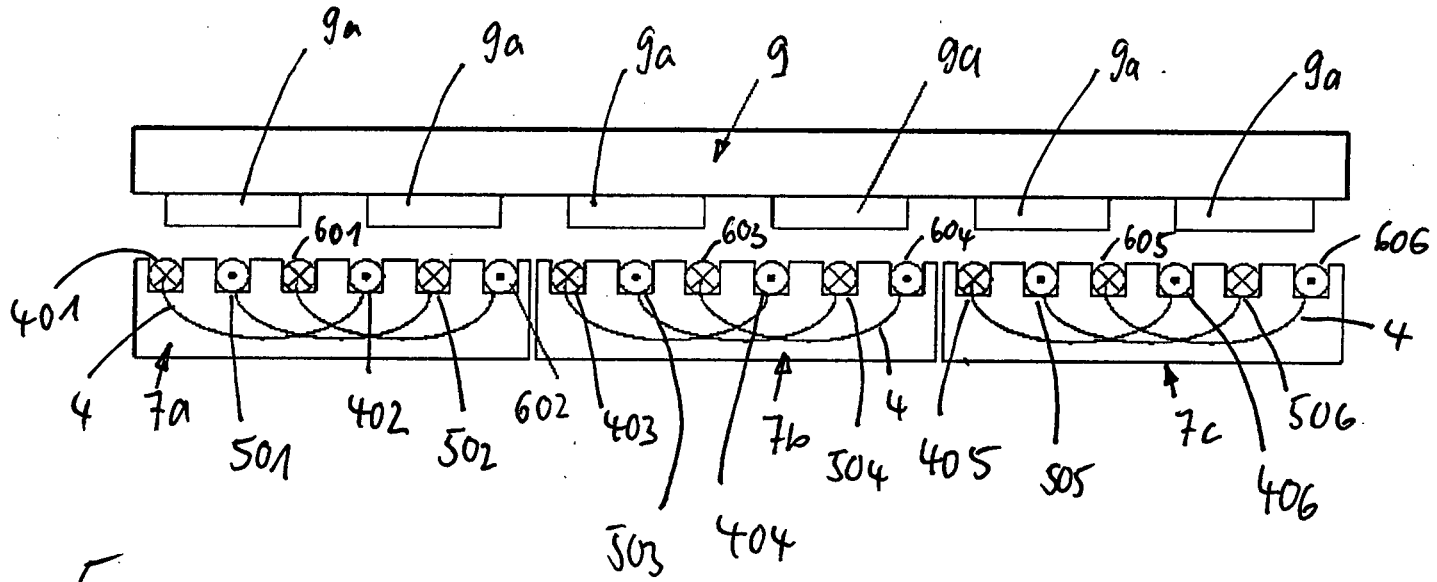


Fig. 5

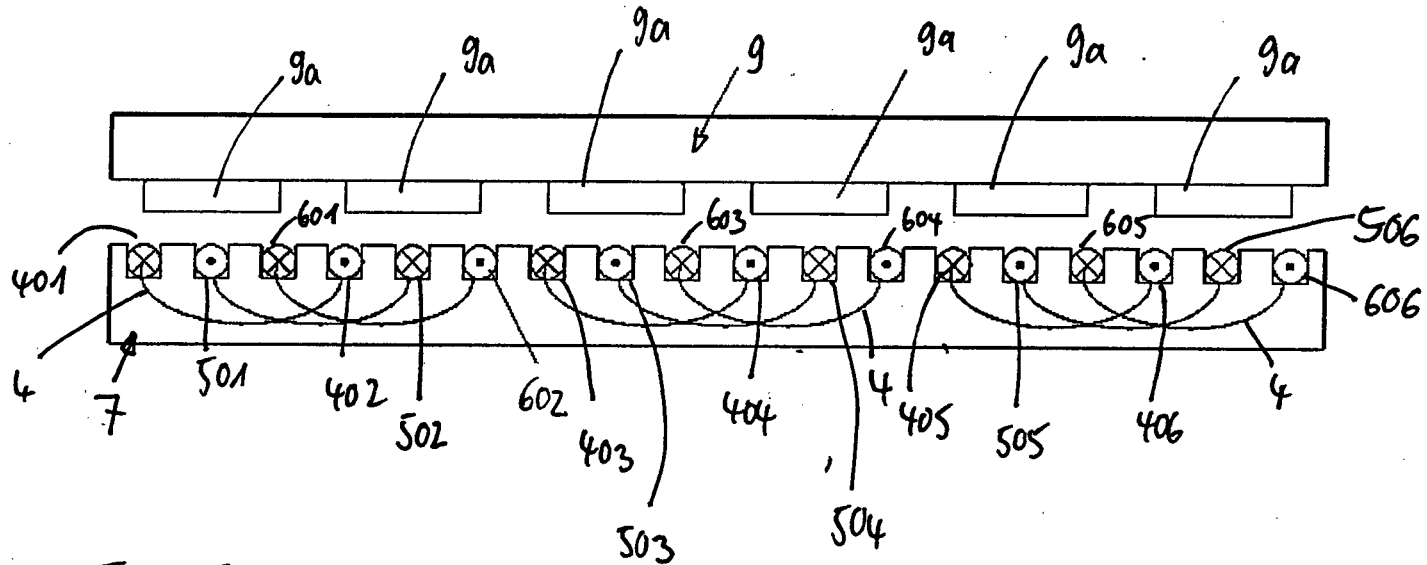


Fig. 6