

(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  
21. August 2008 (21.08.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2008/098403 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2008/000064

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. Februar 2008 (15.02.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
255/07 15. Februar 2007 (15.02.2007) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): GLOOR ENGINEERING [CH/CH]; Oberdorf, CH-7434 Sufers (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GLOOR, Rolf [CH/CH]; Oberdorf, CH-7434 Sufers (CH).

(74) Anwalt: RENTSCH & PARTNER; Fraumünsterstrasse 29, Postfach 2441, CH-8022 Zürich (CH).

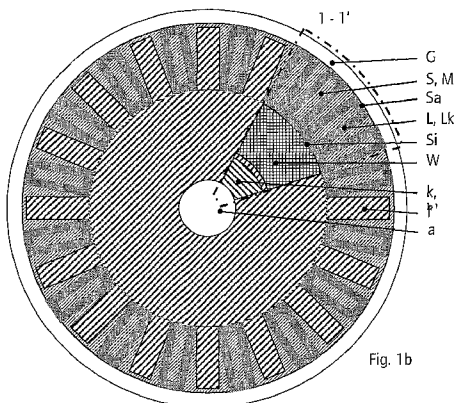
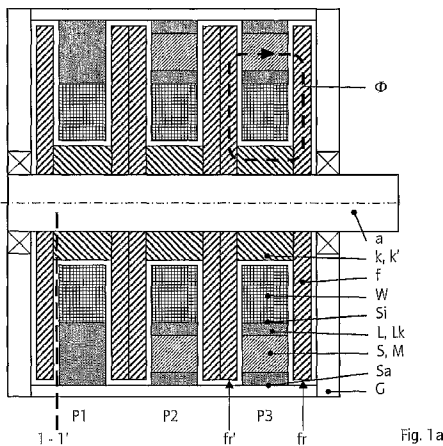
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE



(57) Abstract: In an electric machine for converting electrical energy into mechanical energy and vice-versa, comprising a movable part (k, k', f, fr, fr') and a stationary part (S, M, L, W), the movable part (k, k', f, fr, fr') is designed as an inner rotor (k, k', f, fr, fr') without a winding for transverse magnetic flux. For the purposes of magnetic flux guidance, the rotor (k, k', f, fr, fr') has at least two axially spaced apart magnetic conductors (f), and the stationary part (S, M, L, W) has in the circumferential direction of the electric machine a number of magnetic webs (S, M) which operationally interact with the magnetic conductors (f) of the rotor (k, k', f, fr, fr'). The stationary part (S, M, L, W) has at least one first winding structure (W) and a second winding structure (L) arranged between the axially spaced apart magnetic conductors (f) of the rotor.

(57) Zusammenfassung: Bei einer elektrischen Maschine zur Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt, umfassend einen beweglichen Teil (k, k', f, fr, fr') und einen feststehenden Teil (S, M, L, W) ist bei transversaler Magnetflussführung der bewegliche Teil (k, k', f, fr, fr') als innenlaufender, wicklungsfreier Rotor (k, k', f, fr, fr') ausgebildet, wobei der Rotor (k, k', f, fr, fr') zwecks Magnetflussführung mindestens zwei voneinander axial beabstandete magnetische Leiter (f) umfasst und der feststehende Teil (S, M, L, W) in Umfangsrichtung der Maschine eine Anzahl magnetisch wirksamer Stege (S, M), die mit den magnetischen Leitern (f) des Rotors (k, k', f, fr, fr') in Wirkverbindung stehen. Der feststehende Teil (S, M, L, W) weist mindestens eine erste Wicklungsstruktur (W) auf und eine zweite Wicklungsstruktur (L), die zwischen den axial beabstandeten magnetischen Leitern (f) des Rotors angeordnet sind.

WO 2008/098403 A2



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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*

## Elektrische Maschine

### Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der elektrischen Maschinen. Sie betrifft eine solche elektrische Maschine zur Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt, umfassend einen beweglichen Teil und einen feststehenden Teil, wobei bei transversaler Magnetflussführung der bewegliche Teil als innenlaufender, wicklungsfreier Rotor ausgebildet ist, wobei der Rotor zwecks Magnetflussführung mindestens zwei voneinander axial beabstandete magnetische Leiter umfasst, so dass sich ein erstes und ein zweites Flügelrad bilden, und der feststehende Teil in Umfangsrichtung der Maschine eine Anzahl magnetisch wirksamer Stege umfasst, die mit den magnetischen Leitern des Rotors in Wirkverbindung stehen, wobei dieser feststehende Teil mindestens eine erste Wicklungsstruktur aufweist, die mit den axial beabstandeten magnetischen Leitern des Rotors ebenfalls in Wirkverbindung steht.

Maschine zur Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt, umfassend einen beweglichen Teil und einen feststehenden Teil, wobei bei transversaler Magnetflussführung der bewegliche Teil als innenlaufender, wicklungsfreier Rotor ausgebildet ist.

Solche so genannten Transversalflussmaschinen geniessen zwar ein gesteigertes Interesse wegen ihres ausgesprochen guten Drehmoment-zu-Masse-Verhältnisses, hingegen werden sie als kompliziert bezeichnet und stellen somit eine Herausforderung für die Fertigung dar.

### 20 Technologischer Hintergrund

Die Technologie der transversalen Flussführung ist für elektrische Maschinen seit Jahrzehnten bekannt. Jedoch gelten Transversalflussmaschinen als kompliziert in der Herstellung und tatsächlich zeigen bekannte Transversalflussmaschinen heute eine im Vergleich zu konventi-

onellen elektrischen Rotationsmaschinen grosse Anzahl verschiedener Bauteile, deren Zusammenbau zeitintensiv und damit kostenintensiv ist.

Auf der anderen Seite bedürfen herkömmliche, elektrische Maschinen der Antriebstechnik beispielsweise auf der mechanischen Seite besondere Anpassungen für die Kraftübertragung, wie ein Reduktionsgetriebe, um ein entsprechend grosses Drehmoment zum Beispiel auf die Flügelnahe eines Windkraftwerkes führen zu können. Diese Getriebe sind nicht nur mit Zusatzkosten verbunden, sie erfordern auch Platz, Unterhalt und Reibungsverluste. Diese Unzulänglichkeiten können nur dann verhindert werden, wenn Antriebe getriebefrei ausgeführt werden können. Hierfür ist ein grosses Drehmoment nötig, welches von einer Transversalflussmaschine mit den hervortretenden Eigenschaften hinsichtlich des spezifischen Drehmoments und des Wirkungsgrads erfüllt werden kann. Aus diesem Grund erscheint eine Transversalflussmaschine besonders geeignet als Direktantriebsmaschine.

Ungeachtet ihrer guten Eigenschaften wurde die Transversalflussmaschine wegen der komplizierten Herstellung bisher nicht mit grossem Interesse der Serienfertigung zugeführt.

Aus der DE 35 36 538 A1 ist bekannt, dass bei einer Transversalflussmaschine entsprechend der Anzahl Polpaare U-profilartige Weicheisenelemente in einem feststehenden Maschinenteil verbaut werden, die den magnetischen Kreis schliessen. Der bewegliche Maschinenteil ist hier als innenlaufender, scheibenförmiger Rotor ausgebildet; er weist an seinen senkrecht zu einer Rotorachse angeordneten Scheibenflächen in alternierender Folge Permanentmagnete auf zwecks Erregung. Diese Permanentmagnete sind entsprechend der Drehzahl der Maschine Fliehkräften ausgesetzt, die eine grosse Belastung für eine Klebeverbindung zwischen solchen Permanentmagneten und den Rotoren darstellen kann.

Die DE 195 47 159 A1 offenbart eine Transversalflussmaschine, die als Aussenläufermaschine mit rotierenden Weicheisenelementen funktioniert. Ihr Aufbau zeigt zwar hinsichtlich

der entstehenden Fliehkräfte eine günstigere Aufbauvariante gegenüber der DE 35 36 538 A1, hingegen ist ihr Aufbau vergleichsweise komplizierter, da die aussen umlaufenden Rotorelemente mittels einer ringförmigen Struktur je Phase gehalten werden.

Die WO2006126552 offenbart eine Elektrische Maschine zur Umwandlung von elektrischer  
5 in mechanische Energie und umgekehrt, umfassend einen beweglichen Teil und einen feststehenden Teil, wobei bei transversaler Magnetflussführung der bewegliche Teil als innenlaufender, wicklungsfreier Rotor ausgebildet ist, wobei der Rotor zwecks Magnetflussführung mindestens zwei voneinander axial beabstandete magnetische Leiter umfasst, so dass sich ein erstes und ein zweites Flügelrad bilden, und der feststehende Teil in Umfangsrichtung  
10 der Maschine eine Anzahl magnetisch wirksamer Stege umfasst, die mit den magnetischen Leitern des Rotors in Wirkverbindung stehen, wobei dieser feststehende Teil mindestens eine erste Wicklungsstruktur aufweist, die mit den axial beabstandeten magnetischen Leitern des Rotors ebenfalls in Wirkverbindung steht.

## 15 **Darstellung der Erfindung**

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine elektrische Maschine anzugeben, die bei guter Fliehkraftresistenz ein verbessertes Drehmoment – Maschinenvolumen – Verhältnis zeigt.

Die dieser Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird gelöst durch eine elektrische Maschine  
20 ne gemäss dem Patentanspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Maschine sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

Die vorliegende elektrische Maschine zur Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt umfasst einen beweglichen Teil und einen feststehenden Teil, wobei bei transversaler Magnetflussführung der bewegliche Teil als innenlaufender, wicklungsfreier Rotor ausgebildet ist und der Rotor zwecks Magnetflussführung mindestens zwei voneinander axial beabstandete magnetische Leiter an hier so genannten Flügelrädern umfasst, zwischen denen der feststehende Teil in Umfangsrichtung der Maschine eine Anzahl magnetisch wirksamer Stege aufweist, die mit den magnetischen Leitern des Rotors in Wirkverbindung stehen und wobei dieser feststehende Teil mindestens eine erste Wicklungsstruktur aufweist, die mit den axial beabstandeten magnetischen Leitern des Rotors ebenfalls in Wirkverbindung steht. Zusätzlich weist die erfindungsgemässe Maschine eine zweite Wicklungsstruktur an den Stegen auf, wobei entweder die erste Wicklungsstruktur als eine Ankerwicklung fungiert und die zweite Wicklungsstruktur als eine Erregerwicklung oder umgekehrt und wobei das mindestens eine erste und das eine zweite Flügelrad radial innen magnetisch wirksam mittels eines weiteren magnetischen Leiters verbunden sind.

Der magnetische Fluss verläuft somit ausgehend vom magnetisch wirksamen Steg des stehenden Teils über einen ersten magnetischen Leiter des Rotors weiter zu einem axial benachbarten zweiten magnetischen Leiter des Rotors und zurück zum magnetisch wirksamen Steg. Dieser magnetische Kreis umschliesst dabei die erste Wicklungsstruktur des stehenden Teils der erfindungsgemässen elektrischen Maschine.

Es versteht sich von selbst, dass diese den magnetischen Kreis bestimmenden Maschinenteile für eine einphasige Maschine genügen; selbstverständlich sind entsprechend der gewünschten Phasenanzahl mehrere Einheiten axial nebeneinander anzuordnen.

Der erfindungswesentliche Aufbau der Maschine zeigt im Wesentlichen Rotorelemente, die als Flügelräder mit einzelnen magnetischen Leitern ausgestattet sind und ringförmig ausgebildete Strukturen des feststehenden Teils der Maschine –im Folgenden auch Stator ge-

nannt-, wie beispielsweise die erste Wicklungsstruktur. Somit ist es möglich die gesamte Maschine scheibenförmig (Rotor), bzw. ringförmig (Stator), axial aufzubauen. Darüber hinaus rotieren in der erfindungsgemässen Maschine im Wesentlichen die Flügelräder und die achsnahe magnetisch wirksame Verbindung benachbarter, zu einem Phase gehöriger Flügelräder. Ein massgeblicher Vorteil der neuen elektrischen Maschine zeigt sich darin, dass bei 5 möglichst guter Fliehkraftresistenz und damit Robustheit der Maschine ein signifikant höheres Drehmoment bereitgestellt werden kann, als bei Maschinen des Standes der Technik, dass heisst, bei gleicher Baugrösse wie eine bekannte Maschine erbringt die neue Maschine das grössere Drehmoment, oder falls die Maschine nach Drehmoment ausgelegt wird, zeigt 10 die neue elektrische Maschine mit deutlich kleinerem Volumen.

Zudem zeigt der Magnetkreislaufbau einen besonders wirksamen Kraftschluss, da die erste Wicklungsstruktur besonders achsnah im Stator angeordnet sein kann und der magnetische Fluss radial betrachtet achsfern über die Flügelräder und die Stege im Stator geschlossen wird. Wegen der achsnahen Wicklungsanordnung der ersten Wicklungsstruktur wird einerseits 15 vergleichsweise wenig Leitungskupfer verwendet, wobei diese erste Wicklungsanordnung sehr robust herstellbar ist, und andererseits ergibt sich wegen des geringen Kupferverbrauchs ein gegenüber dem Stand der Technik vergleichsweise hoher Wirkungsgrad der Maschine mit dem bereits erwähnten, verbesserten spezifischen Drehmoment.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der elektrischen Maschine sieht vor, dass axial benachbarte 20 Flügelräder mittels eines magnetischen Leiters verbunden sind; die Flügelräder können hierfür –in einem radialen Schnitt betrachtet– eine L-förmige oder eine T-förmige Struktur aufweisen oder alternativ durch einen magnetisch leitenden Ring beabstandet sein. Eine weitere Ausführungsvariante sieht vor, dass nebeneinander angeordnete Flügelräder durch einen Permanentmagnetring beabstandet sein können.

Es ist vorteilhaft, wenn die Maschine zwischen der radial innen liegenden, ersten Wicklungsstruktur und den radial äusseren Stegenden im Stator eine zusätzliche, zweite Wicklungsstruktur aufweisen. Es ist vorgesehen, dass entweder die erste oder die zweite Wicklungsstruktur als Erregerwicklung oder als Ankerwicklung fungiert.

- 5 Des Weiteren können mit Vorteil jeweils die von einer zweiten Wicklungsstruktur umgebenen Stege als Permanentmagnete ausgebildet sein.

Die zweite Wicklungsstruktur kann als einzelne, unabhängige Spulenwicklungen ausgebildet sein, wobei jede einzelne Spulenwicklung als Kurzschlusswicklung zwischen der radial innen liegenden, ersten Wicklungsstruktur und den radial äusseren Stegenden angeordnet ist.

- 10 Mit Vorteil kann die zweite Wicklungsstruktur in Umfangsrichtung der Maschine auch wellenförmig oder schlaufenförmig zwischen der ersten Wicklungsstruktur und den radial äusseren Stegenden angeordnet sein. Im Falle der wellenförmigen, zweiten Wicklungsstruktur weist jeder Steg eines Maschinenpols beidseitig in Umfangsrichtung radial verlaufende Windungsteile auf und benachbarte Stege alternierend lediglich einen tangential äusseren
- 15 oder einen tangential inneren Wicklungsteil. Im Falle einer schlaufenförmigen zweiten Wicklungsstruktur zwischen der ersten Wicklungsstruktur und den radial äusseren Stegenden in Umfangsrichtung der Maschine ist jeder Steg eines Maschinenpols entlang seiner radialen und tangentialen Stegseiten von einer Spule mit einer Anzahl Windungen umgeben, wobei
- 20 an den radialen Stegseiten benachbarte Spulen mit jeweils der gleichen Anzahl Windung zusammen liegen und an den tangential äusseren und den tangential inneren Stegseiten jeweils lediglich die einfache Anzahl Windungen einer Spule auftritt; somit erlaubt diese schlaufenförmige, zweite Wicklungsstruktur eine kompaktere Bauform der erfindungsgemässen Maschine und die Kompensation einer axialen Magnetflusskomponente von dieser zweiten Wicklungsstruktur.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Maschine sieht vor, dass die zweite Wicklungsstruktur zwischen der ersten Wicklungsstruktur und einem die Maschine begrenzenden Gehäuse angeordnet ist, wobei diese zweite Wicklungsstruktur als eine eingebettete Wicklungsstruktur ausgebildet ist und eine jede Teilwicklung dieser zweiten Wicklungsstruktur  
5 zwischen jeweils zwei in Umfangsrichtung benachbarten Stegen angeordnet ist. Diese zweite Wicklungsstruktur kann dabei als Kurzschlusswicklung, als Wellenwicklung oder als Schlaufenwicklung ausgebildet sein.

Weitere vorteilhafte Ausführungen sehen vor, die elektrische Maschine zwei- und mehrphasig aufzubauen. Wahlweise können axial benachbarte zwei- oder mehr Phasen im feststehenden Teil realisiert werden, die als Verbund von lediglich zwei Flügelrädern des rotierenden Teils der Maschine begrenzt werden, oder jede der zwei oder mehr Phasen ist jeweils  
10 zwischen direkt zugeordneten Flügelrädern lokalisiert. In Umfangsrichtung sind die zwei oder mehr Phasen gegeneinander mit einer gewünschten Phasenverschiebung versetzt installiert.

Die neue elektrische Maschine zeichnet sich des Weiteren dadurch aus, dass sie als Asynchronmaschine oder als Synchronmaschine realisierbar ist. Dabei ist auch die Synchronmaschine mit asynchroner Hochlaufmöglichkeit eine interessante Ausgestaltung.  
15

Ihre Einsatzmöglichkeiten erstrecken sich vom generatorischen bis zum motorischen Betrieb. Beispielfhaft seien hier Windkraftwerke erwähnt oder Direktantriebe für Fahrzeuge. Es ist ebenfalls denkbar, dass die neue elektrische Maschine –wegen ihres oben beschriebenen, robusten Aufbaus– mit ihren Flügelrädern unmittelbar als Generatorturbine und/oder Pumpe –beispielsweise in Pumpspeicherkraftwerken– genutzt wird, wobei dann die Flügelräder des Rotors und die Stege des Stators eine entsprechend angepasste, strömungstechnisch optimierte Geometrie aufweisen. Selbstverständlich ist jedes fluide Medium in einer derartigen Strömungsmaschine denkbar, wie beispielsweise Flüssigkeiten oder Gase; es wäre also  
20 auch eine Verwendung als Gebläse denkbar.  
25

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung vereinfacht dargestellt, und zwar zeigen

- 5 Fig. 1 a, b eine Längsschnittdarstellung, bzw. eine Querschnittdarstellung der erfindungsgemässen elektrischen Maschine in der Ausführungsform einer dreiphasigen Asynchronmaschine mit einer Erregung in Form von Kurzschlussringen, oder einer dreiphasigen Synchronmaschine mit einer Erregung in Form einer Schlaufenwicklung;
- 10 Fig. 2a, b eine Längsschnittdarstellung, bzw. eine Querschnittdarstellung der erfindungsgemässen elektrischen Maschine in der Ausführungsform der dreiphasigen Synchronmaschine mit einer Erregung in Form einer wellenförmigen Wicklungsstruktur;
- 15 Fig. 3a, b eine Längsschnittdarstellung, bzw. eine Querschnittdarstellung der erfindungsgemässen elektrischen Maschine in der Ausführungsform einer dreiphasigen Asynchronmaschine mit einer Erregung in Form von Kurzschlussringen, wobei diese Kurzschlussringe jeweils zwischen in Umfangsrichtung der Maschine benachbarten Stegen als eingebettete Kurzschlussringe ausgebildet sind, oder mit einer Erregung in Form einer entsprechenden Schlaufenwicklung, und die
- 20 Fig. 4a, b eine weitere Ausführungsform der Maschine nach Fig. 3.

## Wege zur Ausführung der Erfindung

Die Fig. 1a, b zeigen anhand einer Drehstrommaschine eine Ausführungsform der erfindungsgemässen elektrischen Maschine in einer Längsschnittdarstellung (Fig. 1a), bzw. in einer Querschnittdarstellung (Fig. 1b). Es handelt sich hier um eine dreiphasige Asynchronmaschine oder einer Synchronmaschine mit den Phasen P1, P2 und P3. Diese Maschine umfasst ein rotationssymmetrisches Gehäuse G, das einen stehenden Teil S, M, L, W der Maschine trägt, wobei an einer Innenwandung des Gehäuses G drei axial voneinander beabstandete Stegkränze mit einer Anzahl Stegen S, M angeordnet sind. In Umfangsrichtung beträgt die Anzahl der Stege S, M im Beispielsfall der Ausführungsform 32, was der Polzahl der Maschine entspricht.

Die Stege S, M der zweiten Phase P2 sind bei der vorliegenden, dreiphasigen Ausführung gegenüber den Stegen S, M der ersten Phase P1 um Eindrittel der Polteilung verdreht. Bei der dritten Phase P3 um Zweidrittel gegenüber der ersten Phase P1. Innen an diesen Stegen S, M ist als eine erste Wicklungsstruktur W eine konzentrische Wicklung angebracht.

Ein beweglicher Teil k, k', f der Maschine ist an einer Rotorachse a angeordnet, auf der pro Phase P1, P2, P3 jeweils zwei Flügelräder fr, fr' mit magnetisch leitenden Flügeln f angebracht sind. Die Flügel f sind in dieser Ausführungsform fluchtend zueinander ausgerichtet, wobei diese Flügel f radial und von der Rotorachse a aus betrachtet zumindest im Bereich der Stege S, M als in Umfangsrichtung der Maschine voneinander beabstandete Flügel f ausgebildet sind; darunter können Sie miteinander verbunden sein. Im Bereich der Stege S, M sind dann der Polpaarzahl entsprechend eine Anzahl Flügel f, im vorliegenden Beispiel 16 Flügel f, über den Umfang verteilt. Benachbarte Flügelräder fr, fr' einer jeweiligen Phase P1, P2, P3 sind mittels einem magnetisch leitenden Kern k verbunden, oder einem Permanentmagneten k'.

Des Weiteren weist die Maschine eine zweite Wicklungsstruktur L, Lk, Ls auf. Diese zweite Wicklungsstruktur L, Lk, Ls ist in Form von einzelnen Kurzschlusswicklungen Lk oder in Form einer Schlaufenwicklung Ls auf den Stegen S, M ausgebildet. Dabei sind die Kurzschlusswicklungen Lk, bzw. die Schlaufenwicklung Ls mit ihren jeweiligen Spulenachsen parallel zur Rotorachse a auf den Stegen S, M angeordnet. Diese Kurzschlusswicklungen Lk, bzw. Schlaufenwicklung Ls erstrecken sich im vorliegenden Beispiel zwischen den radial innen liegenden Stegenden Si und den radial aussen liegenden Stegenden Sa und umrahmen die Stege S, M somit vollständig. Diese Maschine weist 32 Pole, das heisst, 16 Polpaare auf und 16 Flügel f an den Flügelrädern fr, fr'. Die Flügelräder fr, fr' aller benachbarten Phasen P1, P2, P3 sind in dieser Ausführungsform fluchtend zueinander ausgerichtet, wohingegen die Stege S, M der Phasen eine Phasenverschiebung aufweisen. Dies wird deutlich in der Fig. 1a, in der die entsprechend phasenverschobenen Phasen P1, P2, P3 unterschiedlich geschnitten erscheinen. In der Phase P1 geht der Schnitt radial durch eine Kurzschlusswicklung Lk, bzw. eine Schlaufenwicklung Ls, die Phasen P2, P3 weisen Schnitte durch die Stege S, M und die Kurzschlusswicklungen Lk, bzw. die Schlaufenwicklung Ls an den inneren Stegenden Si und den äusseren Stegenden Sa auf. Die vorliegende Maschine gelangt mit ihren Kurzschlusswicklungen Lk für die Erregung und der ersten Wicklungsstruktur W für die Ankerwicklung als Asynchronmaschine zum Einsatz; mit einer Schlaufenwicklung Ls als Erregung funktioniert diese erfindungsgemässe Maschine als Synchronmaschine oder als schleifringlose Asynchronmaschine.

Durch einen Strom in der ersten Wicklungsstruktur W entsteht eine Durchflutung, welche im magnetischen Kreis einen magnetischen Fluss  $\Phi$  entstehen lässt. Der magnetische Kreis besteht aus dem Kern k, k', zwei axial benachbarten Flügeln f, den beiden Luftspalten zwischen Flügel f und dem zugehörigen Steg S, M. Abhängig von der Magnetisierung der Flügel f und ihrer Position gegenüber den Stegen S, M entsteht eine anziehende Kraft (Maxwellkraft) in axialer und tangentialer Richtung zwischen Flügel f und Steg S, M. Die Kraft in axialer Richtung bewirkt nur eine mechanische Beanspruchung der Bauteile aber keine nen-

nenswerte Bewegung, da sich die Flügel  $f$  und Stege  $S, M$  in diese Richtung ausserhalb ihrer Elastizität nicht bewegen können. Die tangentielle Kraft bewirkt eine Bewegung der Flügel  $f$ , da diese mit der Rotorachse  $a$  rotieren können. Durch die oben erwähnte Phasenverschiebung der Phasen  $P1, P2$  und  $P3$  ergibt sich eine etwa konstante Kraft in Umfangsrichtung –  
5 abhängig von der Phasenfolge in der Ansteuerung– und somit ein Drehmoment.

Die in den Fig. 2a, b (Längs- und Querschnitt) gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemässen Maschine weist neben der ersten Wicklungsstruktur  $W$  eine zweite Wicklungsstruktur  $L, Lw$  auf, die als wellenförmige Wicklung  $Lw$  an den Stegen  $S, M$  angeordnet ist. Diese wellenförmige Wicklung  $Lw$  zeichnet sich dadurch aus, dass alle Stege  $S, M$  an ihren radialen  
10 Seiten mit der wellenförmigen Wicklung  $Lw$  versehen sind, wohingegen in Umfangsrichtung unmittelbar benachbarte Stege  $S, M$  jeweils alternierend lediglich einen Wicklungsteil der wellenförmigen Wicklung  $Lw$  an dem radial inneren Stegende  $Si$  oder an dem radial äusseren Stegende  $Sa$  aufweisen. Wenn die wellenförmige Wicklung  $Lw$  als Erregerwicklung dient, dann weisen benachbarte Stege  $S, M$  eine gegensinnige, magnetische Polarität auf und es  
15 liegen beispielhaft wieder 16 Polpaare an Stegen  $S, M$  vor und 16 Flügel an den Flügelrädern  $fr, fr'$ . Mit der ersten Wicklungsstruktur  $W$  als Ankerwicklung funktioniert diese Maschine als Synchronmaschine. Auch hier sind die Stege  $S, M$  der einzelnen Phasen  $P1, P2, P3$  mit einer Phasenverschiebung zueinander angeordnet; Fig. 2a verdeutlicht dies an den unterschiedlichen Schnitten der wellenförmigen Wicklung  $Lw$ , nämlich mit einem Radialschnitt  
20 durch diese wellenförmige Wicklung  $Lw$  in Phase  $P1$  und mit Schnitten durch die Stege  $S, M$  der Phasen  $P2$  und  $P3$  und durch die wellenförmige Wicklung  $Lw$  am äusseren Stegende  $Sa$ , bzw. am inneren Stegende  $Si$ .

In den Fig. 3a, b ist wiederum eine erfindungsgemässe Asynchronmaschine in einer Längsschnittsdarstellung (Fig. 3a), bzw. in einer Querschnittsdarstellung (Fig. 3b) dargestellt, ähnlich wie sie in den Fig. 1a, b gezeigt ist. Der Unterschied besteht in der Anordnung der zweiten Wicklungsstruktur  $L, Lk$  die vorliegend als eingebettete Wicklungsstruktur ausgebildet ist,  
25

wobei jede einzelne Kurzschlusswicklung Lk jeweils zwischen zwei in Umfangsrichtung benachbarten Stegen angeordnet ist. Gegenüber der Darstellung in den Fig. 1a, b sind in Fig. 3a, b die Kurzschlusswicklungen Lk um 90° gedreht und weisen somit eine tangentielle magnetischen Flussrichtung durch sich auf. Um den magnetischen Fluss  $\Phi$ , der vorliegend über axiale Luftspalte geführt ist, zu schliessen, sind in dieser Ausführungsform der erfindungsgemässen Maschine die Flügelräder fr, fr' einer jeden Phase um eine Polteilung gedreht ausgerichtet, wegen der tangentialen Durchströmung der Kurzschlusswicklungen Lk.

Die in den Fig. 3a, b gezeigte Maschine kann anstelle der oben beschriebenen Kurzschlusswicklungen Lk auch mit einer Schlaufenwicklung Ls ausgestattet werden; somit kann diese Maschine auch als Synchronmaschine zum Einsatz gelangen oder als schleifringlose Schleifringasynchronmaschine.

Die Fig. 4a, b zeigen eine weitere Ausgestaltung der Asynchronmaschine, wie sie in den Fig. 3a, b gezeigt ist. Wesentlicher Unterschied ist hier, dass der Luftspalt nicht axial, sondern radial gerichtet ist, wobei die Stege S, M und die zwischen zwei Stegen S eingebetteten Kurzschlusswicklungen Lk sich nach radial aussen der Maschine über die gesamte Breite zweier benachbarter Flügelräder fr, fr' erstrecken. Auch hier kann selbstverständlich anstelle der Kurzschlusswicklungen Lk eine Schlaufenwicklung Ls angeordnet sein, wie bereits oben erläutert.

Ohne den Erfindungsgedanken zu verlassen ist denkbar, dass die in den Fig. 3a, b und Fig. 4a, b dargestellten Maschinen anstatt mit Kurzschlusswicklungen mit einer eingebetteten Wellenwicklung Lw als zweiter Wicklungsstruktur versehen wird.

Des Weiteren ist im Sinne der Erfindung denkbar, dass die Flügelräder fr, fr' als Scheiben mit einem radial innen angelenkten Flanschansatz ausgebildet sind; das heisst, die Flügelräder fr, fr' würden in einem axialen Schnitt eine L-förmige Struktur aufweisen. Im Falle eines beid-

seitig ausgebildeten Flanschs, würde ein Flügelrad  $fr$ ,  $fr'$  in einem Axialschnitt T-förmig ausgebildet sein; diese beiden Varianten sind nicht Gegenstand figürlicher Darstellung in der Zeichnung.

## Patentansprüche

1. Elektrische Maschine zur Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt, umfassend einen beweglichen Teil (k, k', f, fr, fr') und einen feststehenden  
5 Teil (S, M, L, W), wobei bei transversaler Magnetflussführung der bewegliche Teil (k, k', f, fr, fr') als innenlaufender, wicklungsfreier Rotor (k, k', f, fr, fr') ausgebildet ist, wobei der Rotor (k, k', f, fr, fr') zwecks Magnetflussführung mindestens zwei voneinander axial beabstandete magnetische Leiter (f) umfasst, so dass sich ein erstes und ein zweites Flügelrad (fr, fr') bilden, und der feststehende Teil (S, M, L, W) in Umfangsrichtung der  
10 Maschine eine Anzahl magnetisch wirksamer Stege (S, M) umfasst, die mit den magnetischen Leitern (f) des Rotors (k, k', f, fr, fr') in Wirkverbindung stehen, wobei dieser feststehende Teil (S, M, L, W) mindestens eine erste Wicklungsstruktur (W, L) aufweist, die mit den axial beabstandeten magnetischen Leitern (f) des Rotors (k, k', f, fr, fr') ebenfalls in Wirkverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zur ersten  
15 Wicklungsstruktur (W) eine zweite Wicklungsstruktur (L) an den Stegen (S, M) angeordnet ist, wobei entweder die erste Wicklungsstruktur (W) als eine Ankerwicklung fungiert und die zweite Wicklungsstruktur (L) als eine Erregerwicklung oder umgekehrt und wobei das mindestens eine erste und das eine zweite Flügelrad (fr, fr') radial innen magnetisch wirksam mittels eines weiteren magnetischen Leiters (k, k') verbunden  
20 sind.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der feststehende Teil (S, M, L, W) die einer Polzahl der Maschine entsprechende Anzahl Stege (S, M) mit jeweils einem radial innen liegenden Stegende (Si) und mit jeweils einem radial aussen liegenden Stegende (Sa) aufweist, wobei die erste Wicklungsstruktur (W) als  
25 eine Ringwicklung ausgebildet ist, und die zweite Wicklungsstruktur (L) sich radial be-

trachtet zwischen den innen liegenden und den aussen liegenden Stegenden (Si, Sa) erstreckt.

3. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wicklungsstruktur (W) als eine Ringwicklung (W) koaxial zu einer Rotorachse (a) ausgebildet ist.  
5
4. Elektrische Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wicklungsstruktur (L) als eine der Polzahl der Maschine entsprechenden Anzahl Kurzschlusswicklungen (Lk) zwischen der ersten, radial innen liegenden Wicklungsstruktur (W) und den radial aussen liegenden Stegenden (Sa) ausgebildet ist.
- 10 5. Elektrische Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wicklungsstruktur (L) zwischen der ersten Wicklungsstruktur (W) und den radial äusseren Stegenden (Sa) in Umfangsrichtung wellenförmig ausgebildet ist, wobei jeder Steg (S, M) eines Maschinenpols von radial verlaufenden Windungsteilen begrenzt ist und benachbarte Stege (S, M) alternierend lediglich einen tangential äusseren Wicklungsteil  
15 oder einen tangential inneren Wicklungsteil der zweiten Wicklungsstruktur (Lw) aufweisen.
6. Elektrische Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wicklungsstruktur (L) zwischen der ersten Wicklungsstruktur (W) und den radial äusseren Stegenden (Sa) in Umfangsrichtung der Maschine schlaufenförmig angeordnet ist,  
20 wobei jeder Steg (S, M) eines Maschinenpols in Umfangsrichtung und entlang seiner radialen und tangentialen Stegseiten von einer Spule (Ls) mit einer Anzahl Windungen umgeben ist, wobei an den radialen Stegseiten benachbarte Spulen (Ls) mit jeweils der gleichen Anzahl Windung zusammen liegen und mit alternierendem Wicklungssinn ausgeführt werden.

7. Elektrische Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wicklungsstruktur (L) zwischen der ersten Wicklungsstruktur (W) und einem die Maschine begrenzenden Gehäuse (G) angeordnet ist, wobei diese zweite Wicklungsstruktur (L) als eine eingebettete Wicklungsstruktur ausgebildet ist und eine jede Teilwicklung dieser zweiten Wicklungsstruktur (L) zwischen jeweils zwei in Umfangsrichtung benachbarten Stegen (S) angeordnet ist.
8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wicklungsstruktur (L) als Kurzschlusswicklung (Lk), als Wellenwicklung (Lw) oder als Schlaufenwicklung (Ls) ausgebildet ist.
9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine zwei- oder mehrphasig ausgestaltet ist, wobei jeweils pro Phase ein feststehender Teil (S, M, L, W) vorhanden ist, und diese mindestens zwei feststehenden Teile (S, M, L, W) in einer axialen Richtung der Maschine nebeneinander angeordnet sind.
10. Elektrische Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei feststehenden Teile (S, M, L, W) in Umfangsrichtung gegeneinander mit einer Phasenverschiebung verdreht angeordnet sind.
11. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei feststehenden Teile (S, M, L, W) zwischen zwei voneinander axial beabstandeten magnetischen Leitern (f) des Rotors angeordnet sind, oder dass die mindestens zwei feststehenden Teile (S, M, L, W) voneinander axial beabstandet sind und jeweils zwischen zwei voneinander axial beabstandeten magnetischen Leitern (f) des Rotors (k, k', f, fr, fr') angeordnet sind.

12. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetische Leiter (k, k') des wicklungsfreien Rotors (k, k', f, fr, fr') als Permanentmagnet (k') ausgebildet sind.
  
- 5 13. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils die von einer zweiten Wicklungsstruktur (L) umgebenen Stege (S, M) als Permanentmagnete (M) ausgebildet sind.

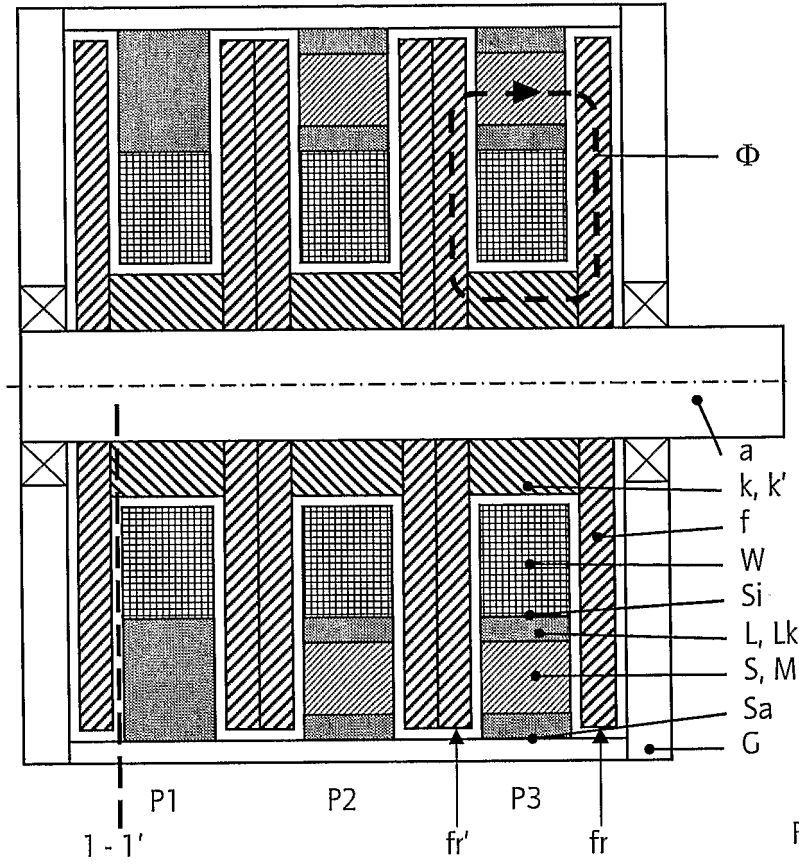


Fig. 1a

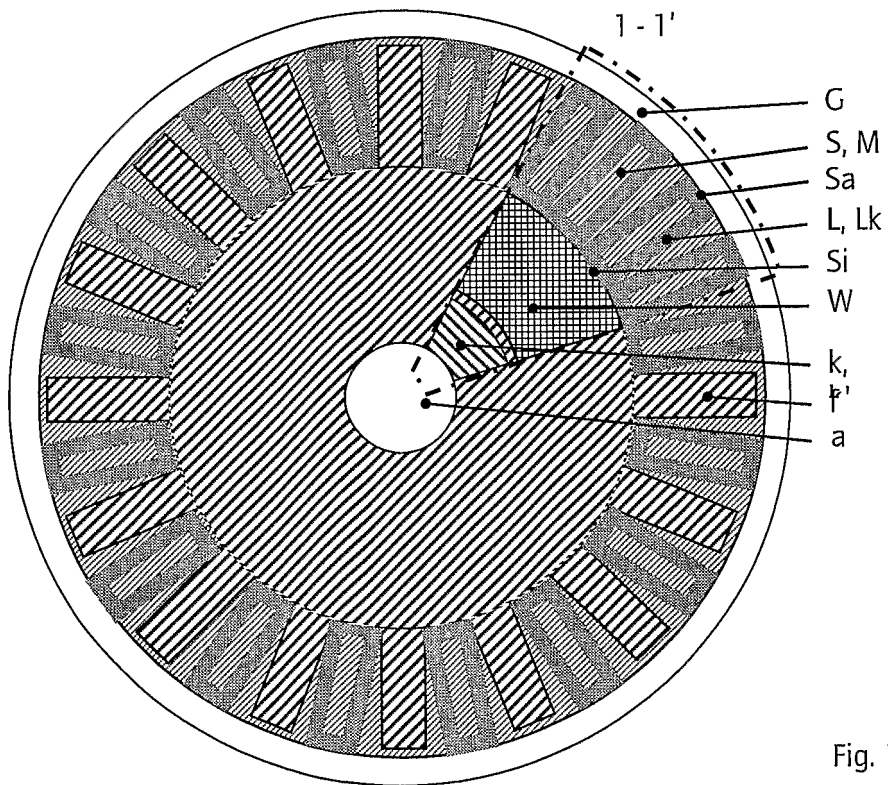


Fig. 1b

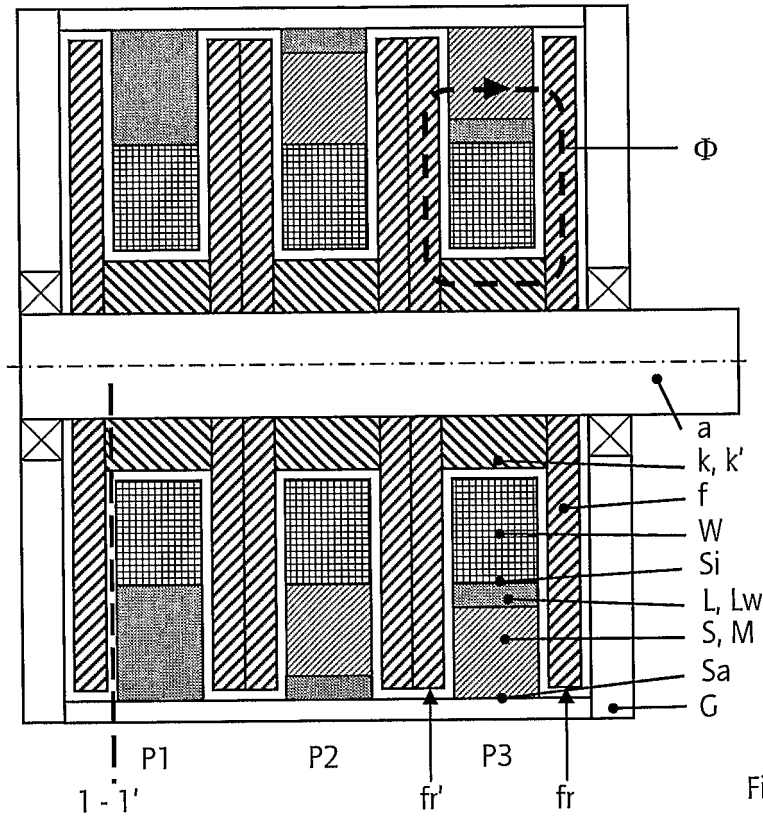


Fig. 2a

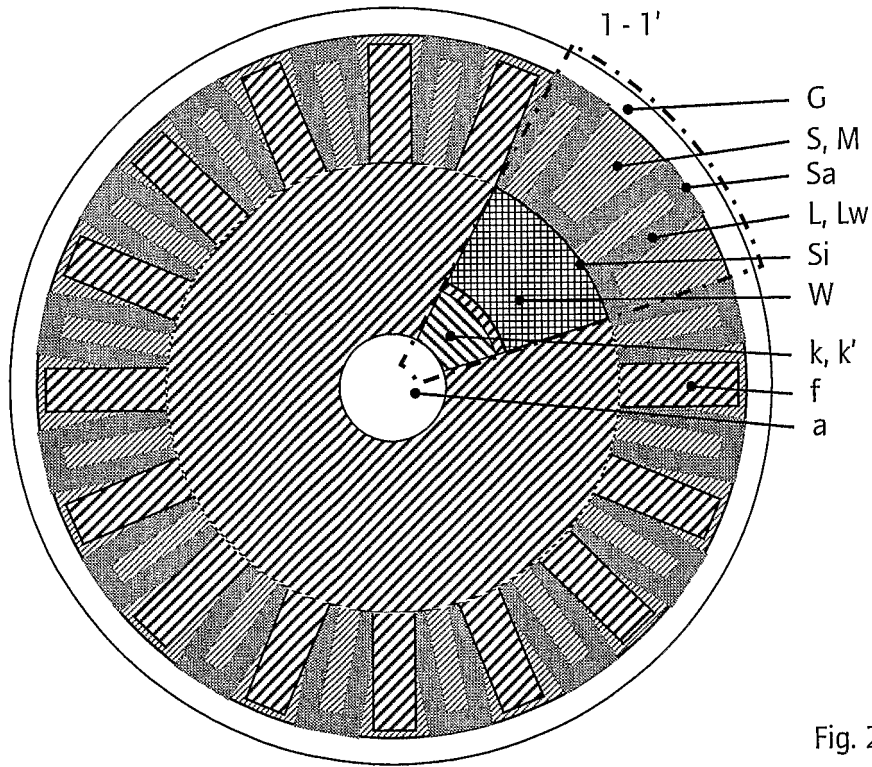


Fig. 2b

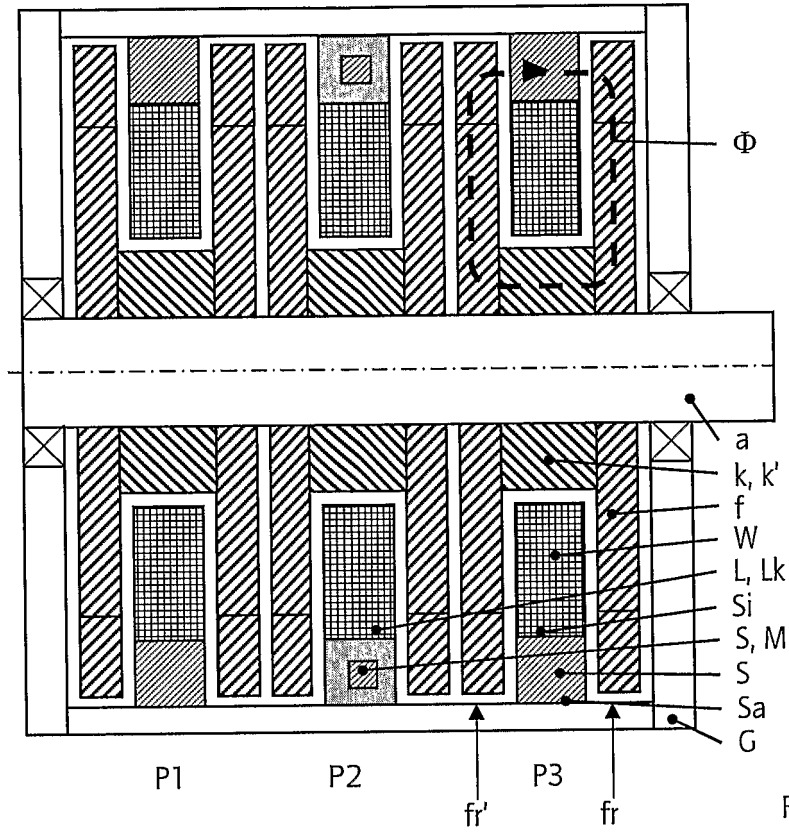


Fig. 3a

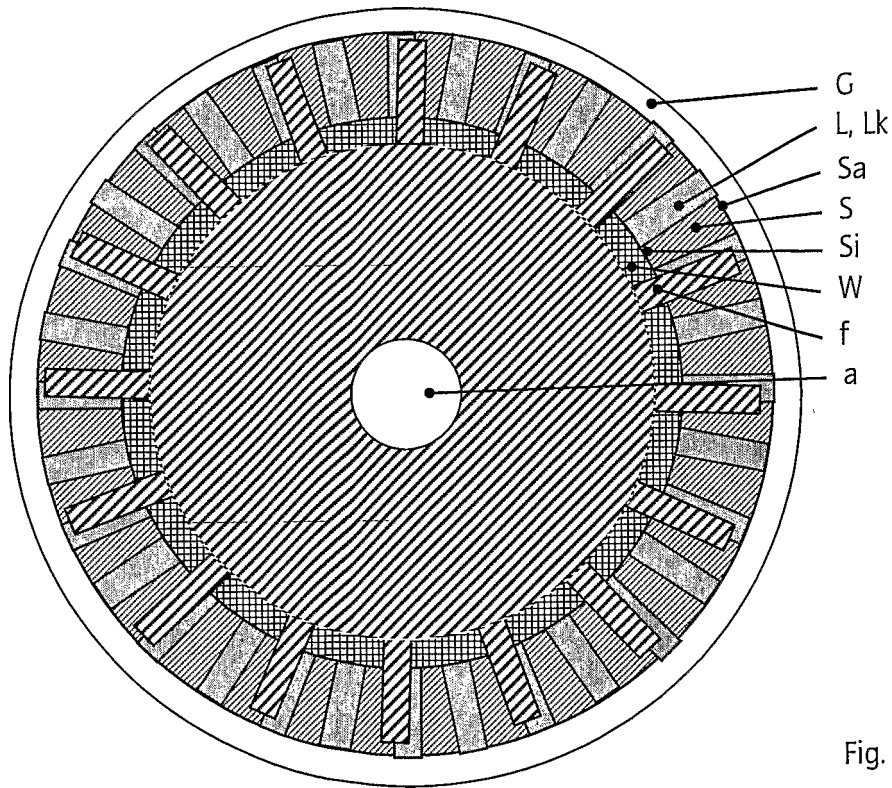


Fig. 3b

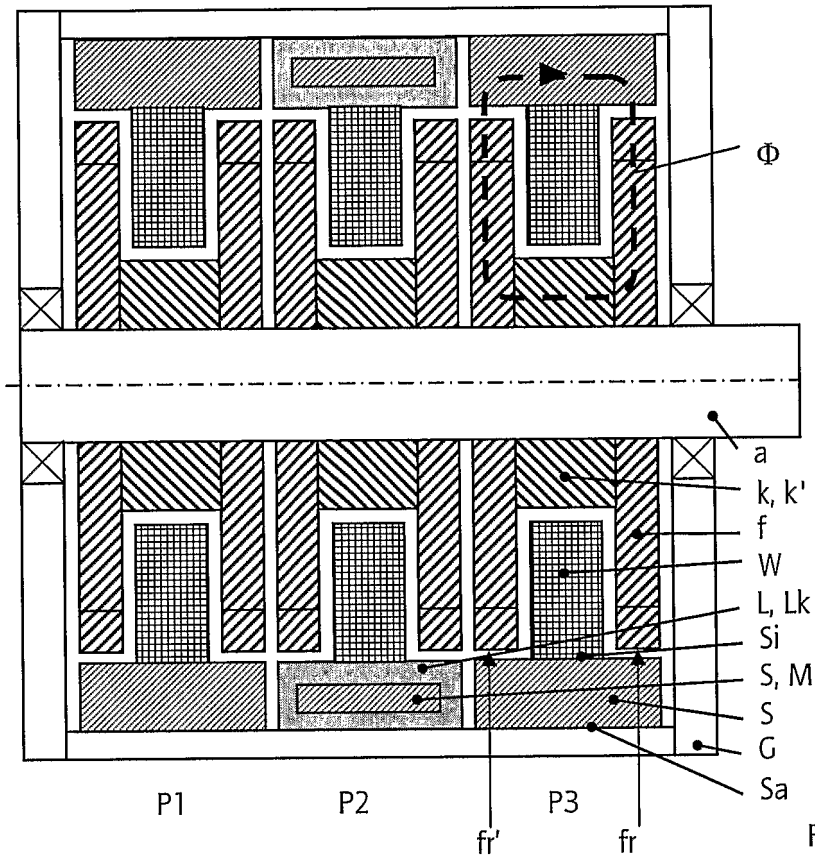


Fig. 4a

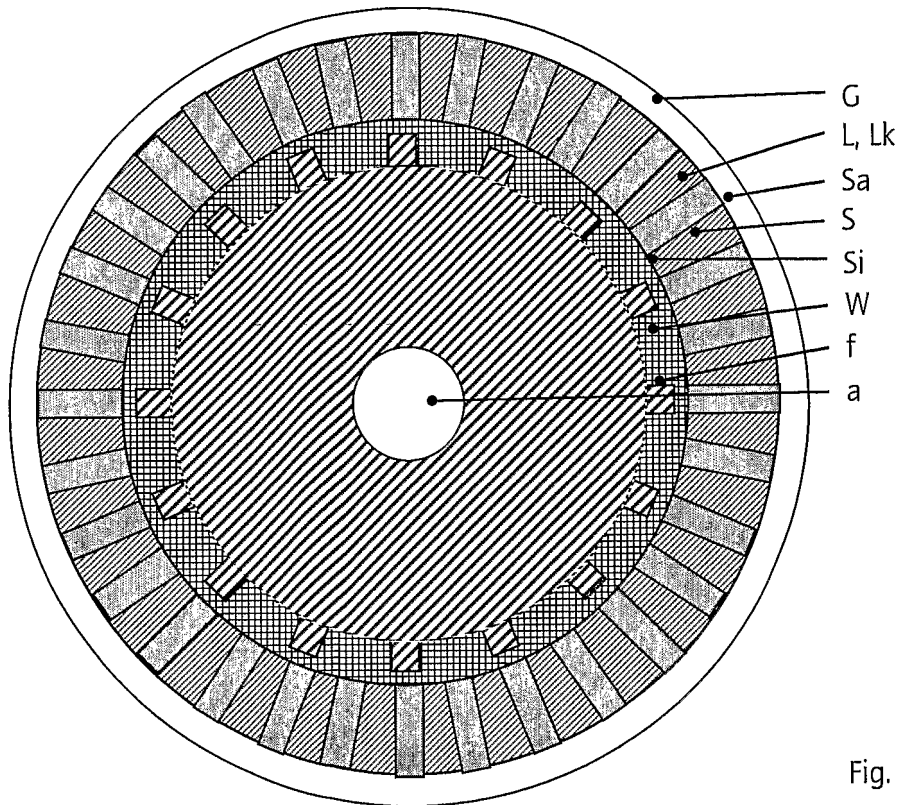


Fig. 4b