



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 15 758 T2** 2006.08.31

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 158 651 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 15 758.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 112 725.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02K 19/10** (2006.01)  
**H02K 1/27** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**2000154241 25.05.2000 JP**

(73) Patentinhaber:

**Kabushiki Kaisha Toshiba, Tokio/Tokyo, JP;  
Toshiba Industrial Products Manufacturing Corp.,  
Mia, JP**

(74) Vertreter:

**Henkel, Feiler & Hänzel, 80333 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:

**Takahashi, Norio, 1-1 Shibaura 1-chome, Tokyo  
105, JP; Hashiba, Yutaka, 1-1 Shibaura 1-chome,  
Tokyo 105, JP; Sakai, Kazuto, 1-1 Shibaura  
1-chome, Tokyo 105, JP; Arata, Masanori, 1-1  
Shibaura 1-chome, Tokyo 105, JP; Kazao,  
Yukihiko, 1-1 Shibaura 1-chome, Tokyo 105, JP;  
Araki, Takashi, 1-1 Shibaura 1-chome, Tokyo 105,  
JP; Matsubara, Masakatsu, 1-1 Shibaura 1-chome,  
Tokyo 105, JP; Hirano, Yasuo, Asahi-cho, Mie-ken,  
JP**

(54) Bezeichnung: **Permanentmagnetischer Reluktanzmotor**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

#### 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Permanentmagnet-Reluktanzmotor gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, wobei mehrere Permanentmagnete in Kombination vorgesehen sind.

#### 2. Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Ein Permanentmagnet-Reluktanzmotor gemäß früheren Anmeldungen durch die Anmelder der vorliegenden Anmelder (japanische Patentanmeldungs-Nr. H. 11-043869 und japanische Patentanmeldungs-Nr. H. 11-122000) weist den in radialem Querschnitt in [Fig. 1](#) gezeigten Aufbau auf. In [Fig. 1](#) ist ein Stator **1** mit einer Armaturspule **2** versehen, innerhalb der ein Rotor **3** vorgesehen ist.

**[0003]** Der Rotor **3** ist mit einem Rotorkern **4** und einem Permanentmagnet **6** versehen. Im Rotorkern **4** sind eine Richtung, in der die Magnetisierung leicht ist, und eine Richtung, in der die Magnetisierung schwer ist, ausgebildet. Um magnetische Unregelmäßigkeiten zu bilden, ist der Rotorkern **4** im einzelnen durch Laminierten elektromagnetischer Stahlplatten aufgebaut, die mit acht Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** versehen sind, in die Permanentmagnete **6** entlang der leichten Magnetisierungsrichtung aufgenommen sind. Die acht Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** bilden vier vorstehende Pole, die in einer "-"-Anordnung angeordnet sind. D.h., die von den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** sandwichartig umgebenen Bereiche, die auf beiden Seiten von nicht-magnetischen Abschnitten **8** positioniert sind, stellen Zwischenpolbereiche **4b** dar, die "Konkavitäten" hinsichtlich der magnetischen Polarität bilden. Ferner sind Permanentmagnete **6**, die so magnetisiert sind, dass sie den Magnetfluß des durch benachbarte Zwischenpolbereiche **4b** passierenden Ankerstroms aufheben, in Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** angeordnet. D.h. die Beziehung der Permanentmagnete **6**, die sich auf beiden Seiten des Polbereichs **4a** befinden, ist derart, dass ihre Magnetisierungsrichtungen die gleichen sind, während die Beziehung der beiden Permanentmagnete **6**, die auf beiden Seiten des Zwischenpolbereichs **4b** positioniert sind, derart ist, dass ihre Magnetisierungsrichtungen in der Umfangsrichtung des Rotors **3** einander entgegengesetzt sind. Die Permanentmagnete **6** werden vorzugsweise praktisch in der Umfangsrichtung magnetisiert, und noch bevorzugter in einer Richtung praktisch senkrecht zu der Achse der Magnetpole.

**[0004]** Als nächstes wird die Arbeitsweise des Per-

manentmagnet-Reluktanzmotors gemäß der oben beschriebenen früheren Anwendung beschrieben. [Fig. 2](#) zeigt den Magnetfluß  $\Phi_d$  der Komponente in der Richtung entlang der Achse des Magnetpols des Rotorkerns **4**, der von dem Ankerstrom der d-Achse erzeugt wird; damit der Kern des Polbereichs **4a** eine magnetische Bahn bereitstellt, ist der magnetische Aufbau derart, dass der Magnetfluss leicht fließen kann, wobei der magnetische Widerstand in der magnetischen Bahn in dieser Richtung sehr gering ist. Das Bezugssymbol **8** bezeichnet einen nicht-magnetischen Bereich.

**[0005]** [Fig. 3](#) zeigt den Magnetfluß  $\Phi_q$ , der von dem Ankerstrom der q-Achse der Komponente in der Richtung entlang der Achse erzeugt wird, welche das Zentrum des Zwischenpolbereichs **4b** und das Zentrum des Rotors **3** verbindet. Der Magnetfluß  $\Phi_q$  dieses Zwischenpolbereichs **4b** bildet eine magnetische Bahn des nicht-magnetischen Bereichs **8** und des Zwischenpolbereichs **4b**, die quer über die Permanentmagnete **6** verläuft. Da die relative Durchlässigkeit des nicht-magnetischen Bereichs **8** "1" ist und die relative Durchlässigkeit der Permanentmagnete **6** praktisch auch "1" ist, wird der von dem Ankerstrom erzeugte Magnetfluß  $\Phi_q$  um die hohe magnetische Widerstandswirkung gemindert.

**[0006]** Die Permanentmagnete **6** zwischen den Magnetpolen werden in der zur Achse des Magnetpols praktisch senkrechten Richtung magnetisiert, so dass, wie [Fig. 4](#) zeigt, ein Magnetkreis  $\Phi_{ma}$  gebildet wird, wodurch der von dem Permanentmagneten **6** erzeugte Magnetfluß in der Umfangsrichtung des magnetischen Bereichs **7** an der Grenze des Umfangs des Rotorkerns durch den Polbereich **4a** verläuft und zu dem Pol der entgegengesetzten Polarität zurückkehrt.

**[0007]** Ferner passiert ein Teil des Flusses vom Permanentmagneten **6** den Spalt bzw. Zwischenraum, den Polbereich **4a** des Rotors **3** oder die Permanentmagnete **6** des benachbarten Pols und kehrt zu dem ursprünglichen Permanentmagneten **6** zurück und bildet dadurch auch einen Magnetkreis  $\Phi_{mb}$ .

**[0008]** Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, wird der verknüpfende Magnetfluß dieser Permanentmagnete **6** in der entgegengesetzten Richtung zum Magnetfluß  $\Phi_q$  der Komponente in der Richtung der Zwischenpol-Mittelachse, der von dem Ankerstrom der q-Achse erzeugt wird, verteilt und stößt den eintretenden Ankerfluß  $\Phi_q$  von dem Zwischenpolbereich **4b** ab und hebt ihn auf. In dem Spalt außerhalb des Zwischenpolbereichs **4b** wird die von dem Ankerstrom erzeugte Spalt-Magnetflußdichte durch den Magnetfluß der Permanentmagnete **6** gesenkt und bewirkt, dass diese eine größere Abweichung als die Spalt-Magnetflußdichte außerhalb des Polbereichs **4a** zeigt. D.h., die Abweichung der Spalt-Magnetflußdichte in bezug

auf die Position des Rotors **3** wird groß und ergibt eine starke Abweichung der magnetischen Energie. Ferner besteht unter Last an der Grenze des Polbereichs **4a** und des Zwischenpolbereichs **4b** ein magnetischer Bereich **7**, an dem ein magnetischer Kurzschluß besteht; dieser ist von dem Laststrom stark magnetisch gesättigt. Infolgedessen erhöht sich der Magnetfluß der Permanentmagnete **6**, der zwischen den Polen verteilt wird. Unregelmäßigkeiten, die große Änderungen in der Spalt-Flußdichteverteilung aufweisen, werden daher infolge des Magnetflusses der Permanentmagnete **6** und des hohen magnetischen Widerstands des nicht-magnetischen Bereichs **8** und der Permanentmagnete **6** erzeugt; dadurch werden erhebliche Änderungen in der magnetischen Energie erzeugt, und infolgedessen wird eine hohe Ausgangsleistung erzielt.

**[0009]** Die folgenden Wirkungen zeigen sich hinsichtlich der Einstellbreite der Anschlussspannung, um einen stufenlosen Betrieb über einem breiten Bereich zu erhalten. Mit diesem vorgeschlagenen Permanentmagnet-Reluktanzmotor war, da Permanentmagnete **6** nur über einem Teil des konkaven Abschnitts des Zwischenpolbereichs **4b** vorgesehen waren, der Oberflächenbereich der Permanentmagnete **6** eingeschränkter als im Fall eines gewöhnlichen Permanentmagnetmotors, bei dem die Permanentmagnete **6** praktisch über dem gesamten Umfang der Oberfläche des Rotors **3** vorgesehen sind, und infolgedessen war die Größe des von dem Permanentmagneten **6** erzeugten verknüpfenden Magnetflusses gering.

**[0010]** Ferner war in dem nicht erregten Zustand praktisch der gesamte Magnetfluß der Permanentmagnete **6** ein Leck-Magnetfluß innerhalb des Rotorkerns **4**, der durch den magnetischen Bereich **7** des magnetischen Polgrenzbereichs hindurchging. Da unter diesem Zustand die induzierte Spannung sehr klein gestaltet werden kann, ist infolgedessen der Kernverlust in dem nicht erregten Zustand gering. Auch ist ein Überstrom sogar dann gering, wenn eine Ankerspule **2** sich in einem kurzgeschlossenen, fehlerhaften Zustand befindet. Die Anschlussspannung wird bei Ladung durch Hinzufügen des von dem Ankerstrom erzeugten verknüpfenden Magnetflusses (anregende Stromkomponente und Drehstromkomponente des Reluktanzmotors) zu dem von dem Permanentmagneten **6** erzeugten verknüpfenden Magnetfluß induziert.

**[0011]** Bei einer gewöhnlichen Permanentmagnet-Reluktanz stellt der verknüpfende Magnetfluß der Permanentmagnete **6** praktisch die gesamte Anschlussspannung, so dass es schwierig ist, die Anschlussspannung anzupassen bzw. einzustellen; bei diesem Permanentmagnet-Reluktanzmotor ist aber der verknüpfende Magnetfluß der Permanentmagnete **6** gering, so dass eine hohe Einstellbreite der An-

schlussspannung durch Bereitstellen einer starken Anpassung der Anregungs-Stromkomponente erreicht werden kann. D.h., da die Anregungsstromkomponente entsprechend der Geschwindigkeit eingestellt bzw. angepasst werden kann, so dass die Spannung unter der Energiequellenspannung liegt, kann ein stufenloser Betrieb in einem breiten Bereich mit einer feststehenden Spannung aus der Basisgeschwindigkeit erreicht werden. Da die Spannung nicht unterdrückt wird, und da ein schwaches Feldsystem unter Zwangssteuerung implementiert wird, kann auch dann, wenn die Steuerung bei einer Drehung mit hoher Geschwindigkeit funktionsunfähig wird, keine Überspannung erzeugt werden.

**[0012]** Da die Permanentmagnete **6** auch in dem Kern eingebettet sind, bildet ferner der Rotorkern **4** einen Rückhaltemechanismus für die Permanentmagnete **6** und verhindert, dass die Permanentmagnete **6** durch die Drehung herausgeschleudert werden.

**[0013]** Wie in [Fig. 5](#) bei einem Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach obigem Aufbau gezeigt ist, da der von dem q-Achsenstrom in der Richtung der Konkavitäten des Rotors **3** erzeugte Magnetfluß " $\Phi_q$ ", erzeugt von dem Ankerstrom, durch den umfangsseitigen dünnwandigen Bereich **18** der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher fließt, sowie durch den dünnwandigen Brückenbereich **19** auf der dem Zentrum zwischen den Magnetpolen nächsten Seite, ist der Unterschied des Magnetflusses " $\Phi_d$ ", erzeugt von dem d-Achsenstrom, und dem Magnetfluß " $\Phi_q$ ", erzeugt von dem q-Achsenstrom, gering und verringert das Reluktanz-Drehmoment. Es kann darauf geachtet werden, dass diese so eng wie möglich in der Radialrichtung gestaltet werden, um den durch den umfangsseitigen dünnwandigen Bereich **18** der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** von der Umfangsseite des nicht-magnetischen Bereichs **8** fließenden reaktiven Magnetfluß zu verringern, d.h. den von dem reaktiven q-Achsenstrom erzeugten Magnetfluß " $\Phi_q$ " hinsichtlich des Drehmoments, und, wie [Fig. 5](#) zeigt, um das Lecken des von den Permanentmagneten **6** erzeugten Magnetflusses zu verringern (d.h. den reaktiven Magnetfluß **17** der Permanentmagnete), und zwar in der Umgebung der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** des Rotorkerns **4** und an der Umfangsseite der Zwischenpolbereiche **4b**. Bei einer solchen Form ist es jedoch schwierig, die Zentrifugalkraft der Permanentmagnete **6** zu ertragen, und insbesondere wenn diese auf einen Hochgeschwindigkeitsmotor einwirken, bestand ein Risiko, dass die Permanentmagnete **6** herausgeschleudert wurden und den Rotor **3** beschädigten.

**[0014]** Um den aktiven Magnetfluß sicherzustellen, der für die Performance notwendig ist, ist es ferner nötig, die Menge an Permanentmagneten **6** zu erhöhen, um die Menge des einem reaktiven Magnetfluß und einem Leck-Magnetfluß entsprechenden Mag-

netflusses auszugleichen. Wegen räumlicher Probleme hinsichtlich des Gesamtvolumens des Rotors **3** und Kräfteproblemen, die bei einer weiteren Zunahme der von der Zentrifugalkraft der Permanentmagnete **6** erzeugten Kraft verbunden ist, ist es aber schwierig, einfach die Menge an Permanentmagneten **6** zu erhöhen.

**[0015]** Um Belastungskonzentrationen in Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** zu verringern, sind ferner die Ecken der Löcher in einer Bogenform (Kreisbogen) gefertigt; da aber Zwischenräume zwischen beiden Seiten der Permanentmagnete **6** und den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** erzeugt werden, sind keine Keile **15** notwendig, um die Permanentmagnete **6** in ihrer Position anzubringen. Folglich müssen bei diesem Aufbau die Permanentmagnete **6** durch mehrere Keile **15** positioniert werden, was den mit der Herstellung verbundenen Arbeitsaufwand erhöht und die Kosten steigert; falls das zum Befestigen der Permanentmagnete **6** und der Positionierungskeile **15** verwendete Klebemittel infolge eines Verlusts an Klebewirkung beeinträchtigt würde, könnten die Positionierungskeile **15** oder die Permanentmagnete **6** direkt die umfangsseitigen dünnwandigen Bereiche **18** der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** von einer Seite her berühren, so dass es zu einer Belastungskonzentration käme, da diese von sehr geringer Dicke sind; so kam es zu Fällen, dass die Permanentmagnete **6** herausgeschleudert wurden oder ein Schaden am Rotor **3** entstand, was den Motor gebrauchsunfähig machte.

**[0016]** Obwohl die Belastungskonzentration durch Erhöhen des Biegeradius (Krümmungsradius) der Ecken und beider Enden der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** bei einem Aufbau wie dem obigen verringert werden konnte, wurde die Form der Keile **15** zum Positionieren von Permanentmagneten **6** komplizierter, so dass es unmöglich war, den Biegeradius um mehr als die Dicke der Permanentmagnete **6** zu erhöhen, mit dem Ergebnis, dass bei zunehmender Drehgeschwindigkeit und Ausgangsleistung eine mit der Zentrifugalkraft der Permanentmagnete **6** erzeugte Kraft anstieg und es schwieriger machte, die Zentrifugalkraft der Permanentmagnete **6** zu tragen, wobei ein Risiko bestand, dass die Permanentmagnete **6** herausgeschleudert wurden und den Rotor **3** beschädigten.

**[0017]** EP-A-0 991 166 offenbart einen Permanentmagnet-Reluktanzmotor, auf dem der Oberbegriff von Anspruch 1 beruht, und der ähnlich dem in [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) gezeigten ist. Bei diesem Motor sind die Permanentmagnete in Aufnahmelöcher oder Ausnehmungen eingesetzt, die im wesentlichen die gleichen Dimensionen wie die der Magnete aufweisen, und die darin durch Klebemittel gehalten werden.

**[0018]** U5-A-5 864 191 offenbart einen anderen Typ

eines Permanentmagnet-Reluktanzmotors, bei dem die Permanentmagnete in Aufnahmelöchern aufgenommen sind und in den Löchern durch Vorsprünge befestigt sind, zwischen denen die Magnete im Presssitz eingebracht sind. Die Vorsprünge dienen nur dazu, die Magnete in ihrer Position zu halten, nicht aber die Zentrifugalkraft der Magnete während des Betriebs des Motors zu tragen. Die Zentrifugalkraft wird von vergleichsweise dünnen Brücken mit einer radialen äußeren Langseite der Aufnahmelöcher, welche eine Langseite der Magnete kontaktiert, getragen.

**[0019]** DE-40 33 454 A bezieht sich auf einen unterschiedlichen Typ von Permanentmagnet-Reluktanzmotor, bei dem das magnetische Material in radiale Taschen, die am Außenumfang des Rotorkörpers vorgesehen sind, eingespritzt oder direkt gegossen wird. Um eine positive Verblockung mit dem eingespritzten magnetischen Material zu schaffen, sind eine Anzahl axialer Ränder in den Taschen vorgesehen.

#### ABRISS DER ERFINDUNG

**[0020]** Demgemäß ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen neuartigen Permanentmagnet-Reluktanzmotor bereitzustellen, bei dem die Keile zur Positionierung der Permanentmagnete wegfallen und ein Einsetzen der Permanentmagnete in die Anordnung erleichtert wird, wodurch es möglich wird, die Aufgabe des Einsetzens der Magnete während der Herstellung zu mechanisieren, und wobei auch dann, wenn das zum Befestigen der Permanentmagnete verwendete Klebemittel schwächer geworden ist, kein Risiko besteht, dass die Permanentmagnete herausgeschleudert werden oder eine Drehung behindert wird, und wobei eine hohe Ausgangsleistung, ein hoher Wirkungsgrad, eine Hochgeschwindigkeitsdrehung, Zuverlässigkeit und eine leichtere Herstellung durch Optimieren der Querschnittsform des Rotors erreicht werden kann.

**[0021]** Um die obige Aufgabe zu erfüllen, stellt die vorliegende Erfindung einen Permanentmagnet-Reluktanzmotor mit den Merkmalen von Anspruch 1 bereit.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0022]** Eine vollständigere Einschätzung der vorliegenden Erfindung und vieler der sie begleitenden Vorteile sind einfach durch Bezugnahme auf die folgende detaillierte Beschreibung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen erhältlich, in denen zeigen:

**[0023]** [Fig. 1](#) eine radiale Schnittansicht eines Permanentmagnet-Reluktanzmotors gemäß der Erfindung nach der früheren Anwendung,

[0024] **Fig. 2** eine radiale Schnittansicht zur Darstellung des Strömens des Magnetflusses  $\Phi_d$  der Komponente in der Richtung entlang der Achse des Magnetpols des Rotorkerns, die von dem d-Achsen-Ankerstrom erzeugt wird,

[0025] **Fig. 3** eine radiale Schnittansicht zur Darstellung des Strömens des Magnetflusses  $\Phi_q$  der Komponente in der Richtung entlang der Achse in der Radialrichtung, die in einem axialen Zwischenpolbereich **4b** zentriert ist, erzeugt von dem q-Rchsen-Ankerstrom,

[0026] **Fig. 4** eine radiale Schnittansicht zur Darstellung der Strömung des von den Permanentmagneten erzeugten Magnetflusses,

[0027] **Fig. 5** eine Schnittansicht in vergrößertem Maßstab in der Radialrichtung des Rotors zur Darstellung der Strömung des von den Permanentmagneten erzeugten Magnetflusses,

[0028] **Fig. 6** eine Schnittansicht in der Radialrichtung zur Darstellung einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0029] **Fig. 7** eine Schnittansicht in vergrößertem Maßstab in der Radialrichtung des Rotors der obigen Ausführungsform, und

[0030] **Fig. 8** eine Schnittansicht in vergrößertem Maßstab in der Radialrichtung des Rotors zur Darstellung einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0031] Es wird nun auf die Zeichnungen eingegangen, in denen gleiche Bezugsziffern identische oder entsprechende Teile in den gesamten Ansichten bezeichnen, wobei insbesondere in deren **Fig. 6** eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben wird.

[0032] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachstehend detailliert unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig. 6** und **Fig. 7** stellen eine erste Ausführungsform eines Permanentmagnet-Reluktanzmotors gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Obwohl nachstehend ein Permanentmagnet-Reluktanzmotor mit vierpoligem Rotor beschrieben wird, hängen die Vorteile der vorliegenden Erfindung nicht von der Anzahl der Pole ab.

[0033] Ein Stator **1** ist mit Ankerspulen **2** versehen; ein Rotor **3** ist in deren Innerem untergebracht. Der Rotor **3** umfaßt einen Rotorkern **4** und Permanentmagnete **6**.

[0034] Der Rotorkern **4** hat eine Richtung, in der eine Magnetisierung leicht ist, und eine Richtung, in der sie schwierig ist. Im einzelnen ist der Rotorkern **4** durch Laminieren bzw. Schichten elektromagnetischer Stahlplatten aufgebaut, die mit Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** zur jeweiligen Aufnahme von acht Permanentmagneten **6** entlang seiner leichten Magnetisierungsrichtung aufgebaut ist, um magnetische Unregelmäßigkeiten in der Umfangsrichtung zu bilden. Die acht Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5**, **5** sind in "-"-Form angeordnet und bilden vier vorstehende Pole.

[0035] D.h., die Abschnitte in dem Rotorkern **4**, die durch die auf beiden Seiten von nicht-magnetischen Bereichen **8** positionierten Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** sandwichartig umschlossen sind, stellen Zwischenpolbereiche **4b** dar und bilden magnetische Konkavitäten bzw. Hohlräume. Die Permanentmagnete **6**, die in solchen Richtungen magnetisiert sind, dass der an den Ankerströmen erzeugte Magnetfluss aufgehoben wird, und die benachbarte Zwischenpolbereiche **4b** passieren, sind in den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** angeordnet. Im einzelnen haben Permanentmagnete **6**, die auf beiden Seiten der Polbereiche **4a** positioniert sind, die gleiche Magnetisierungsrichtung, und Permanentmagnete **6**, die auf beiden Seiten der Zwischenpolbereiche **4b** positioniert sind, sind derart angeordnet, dass ihre Magnetisierungsrichtungen in der Umfangsrichtung des Rotors **3** einander entgegengesetzt sind.

[0036] Vorzugsweise sind die Permanentmagnete **6** in der Umfangsrichtung magnetisiert und sind noch bevorzugter so angeordnet, dass sie in der zu der Polachse praktisch senkrechten Richtung magnetisiert sind bzw. werden. Der nicht-magnetische Bereich **8** im Zwischenpolbereich **4b** ist durch einen Spaltbereich gebildet.

[0037] In den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** im Rotorkern **4** sind Permanentmagnet-Positionierungsvorsprünge **12** ausgebildet, die ins Innere dieser Löcher vorstehen. Wie in **Fig. 7** gezeigt ist, ist die Länge der Seite (des Arms) "X", dort, wo der Permanentmagnet **6** und der Permanentmagnet-Positionierungsvorsprung **12** in Kontakt stehen, auf 5% bis 75% der Seitenlänge "Y" des Permanentmagneten **6** festgesetzt. Ferner sind Radiusabschnitte **13** (Zwischenräume) am Fuß der Permanentmagnet-Positionierungsvorsprünge **12** auf beiden Seiten des Permanentmagneten **6** auf zu dem nicht magnetischen Bereich **8** entgegengesetzten Seiten vorgesehen und schneiden die Magnetisierungsrichtung unter rechten Winkeln.

[0038] Ferner beträgt im Rotor **3** die Dicke "b1" in der Radialrichtung des umfangsseitigen dünnwandigen Bereichs **18**, der von Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** gebildet wird, mindestens 0,5 mm oder



mehr, und die Länge "b2" in der Umfangsrichtung wird auf unter 450% dieser Dicke "b1" in der Radialrichtung des umfangsseitigen dünnwandigen Bereichs **18** eingestellt. Ferner beträgt im Rotor **3** die Dicke "a1" in der Umfangsrichtung des dünnwandigen Brückenbereichs **19** auf der dem Zentrum des Rotors nächstgelegenen Seite, die zwischen den Rändern der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** ausgebildet ist, welche einander auf jeder Seite des nicht magnetischen Bereichs **8** zugewandt sind, mindestens 0,5 mm oder mehr, und seine Länge "a2" in der Radialrichtung wird auf unter 450% dieser Dicke "a1" in der Umfangsrichtung eingestellt.

**[0039]** Als nächstes wird die Performance eines Permanentmagnet-Reluktanzmotors gemäß dieser ersten Ausführungsform beschrieben. Bei dem Permanentmagnet-Reluktanzmotor dieser Ausführungsform werden ebenso wie im Fall des Permanentmagnet-Reluktanzmotors der vorangehenden Anwendung erhebliche Änderungen in der magnetischen Energie infolge der von dem magnetischen Widerstand der Permanentmagnete **6** und dem Magnetfluß der Permanentmagnete **6** geschaffenen Unregelmäßigkeiten erzeugt, was starke Abweichungen in der Spalt-Flußdichtenverteilung liefert. Da die Permanentmagnete **6** durch Permanentmagnet-Positionierungsvorsprünge **12** gehalten sind, die in den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** vorgesehen sind, können die Positionierungskeile **15**, die bei dem Permanentmagnet-Reluktanzmotor der vorangehenden Anwendung verwendet wurden, weggelassen, und die Aufgabe des Einsetzens der Permanentmagnete bei der Montage wird erleichtert, und ferner können, wenn das zum Befestigen der Permanentmagnete **6** in den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** verwendete Klebemittel nachlässt, die Permanentmagnete **6** zuverlässig durch die Permanentmagnet-Positionierungsvorsprünge **12** gehalten werden.

**[0040]** Ferner wird die Länge der Seite "X", auf der der Permanentmagnet **6** und der Permanentmagnet-Positionierungsvorsprung **12** in Kontakt stehen, auf 5% bis 75% der Seitenlänge "Y" des Permanentmagneten **6** eingestellt. Im einzelnen wird die Seitenlänge "X" der Permanentmagnet-Positionierungsvorsprünge **12** so gestaltet, dass die von dem Permanentmagneten **6** erzeugte Zentrifugalkraft mittels der Flächen getragen wird, die sich unter rechten Winkeln in der Richtung der Permanentmagnet-Magnetisierung auf der Seite der dem nicht-magnetischen Bereich **8** nächstgelegenen Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** schneiden, wobei die Belastung des umfangsseitigen dünnwandigen Bereichs **18** des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** und des dünnwandigen Brückenbereichs **19** zwischen den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern auf der dem Zentrum zwischen den Polen nächstgelegenen Seite innerhalb des zulässigen Werts liegt (Seitenlänge "X" minimal: 5%), und die Belastung des Radiusabschnitts

**13** des Fußes der Permanentmagnet-Positionierungsvorsprünge **12** innerhalb des zulässigen Werts liegt (Seitenlänge "X" maximal: 75%). Auf diese Weise wird die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten **6** erzeugte Kraft wirksam durch die Fläche geteilt, welche die Permanentmagnet-Magnetisierungsrichtung unter rechten Winkeln auf der Seite der dem nicht magnetischen Bereich **8** nächsten Permanentmagnet-Aufnahmelöcher **5** und der Vorsprünge **12** zur Positionierung des Permanentmagneten schneidet.

**[0041]** Ferner können durch Vorsehen der Radiusabschnitte **13** des Fußes des Permanentmagnet-Positionierungsvorsprungs **12** auf der Seite der Fläche, welche unter rechten Winkeln die Richtung der Permanentmagnet-Magnetisierung auf der dem nicht-magnetischen Bereich **8** gegenüberliegenden Seite schneidet, die Radiusabschnitte **13** vorgesehen werden, ohne die Seitenlänge "X" zu verkürzen, an der der Permanentmagnet **6** und der Permanentmagnet-Positionierungsvorsprung **12** in Kontakt stehen, wodurch eine räumliche Marge vermittelt wird und folglich der Biegeradius (Krümmungsradius) der Radiusabschnitte **13** weit gestaltet werden kann und eine Belastung der Radiusabschnitte **13** dadurch auf ein Minimum reduziert werden kann.

**[0042]** Ferner wird durch Gestalten der radialen Dicke "b1" des umfangsseitigen dünnwandigen Bereichs **18** des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** auf mindestens 0,5 mm oder mehr, und durch Gestalten der Länge "b2" des dünnwandigen Bereichs in der Umfangsrichtung auf nicht mehr als 450% der Dicke "b1" in der Radialrichtung eine Entstehung von Belastung oder von Defekten etc. durch Durchstoßen des Kerns bei der Herstellung des Rotorkerns **4** vermieden (Dicke "b1" in der Radialrichtung: mindestens 0,5 mm oder mehr), und der reaktive Fluß **17** (Leckfluß), der von dem Permanentmagnet **6** und dem q-Achsenstrom erzeugt wird, wird reduziert, was es ermöglicht, dass der von den Permanentmagneten **6** erzeugte Fluß wirksam genutzt wird; infolgedessen kann die Menge an Permanentmagneten **6** auf das notwendige Minimum verringert werden. Außerdem kann die in dem umfangsseitigen dünnwandigen Bereich **18** des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** durch die Zentrifugalkraft des Permanentmagneten **6** erzeugte Biegebelastung auf das Minimum reduziert werden (Länge "b2" in der Umfangsrichtung nicht mehr als 450% der Dicke "b1" in der Radialrichtung).

**[0043]** Ferner können durch Gestalten der Dicke in der Umfangsrichtung des dünnwandigen Brückenbereichs **19** zwischen den Permanentmagnet-Aufnahmelöchern **5** auf der Seite des Zentrums zwischen den Polen "a1" auf mindestens 0,5 mm oder mehr und durch Gestalten der Länge "a2" in der Radialrichtung des dünnwandigen Brückenbereichs **19** auf nicht mehr als 450% der Dicke "a1" in der Umfangs-

richtung eine Verzerrung und Defekte etc., die durch ein Durchstoßen des Kerns während der Herstellung des Rotorkerns **4** vermieden werden (radiale Dicke "b1" mindestens 0,5 mm oder mehr), und der reaktive Fluß **17**, der von den Permanentmagneten **6** erzeugt wird (Leckfluß), kann verringert werden und außerdem die in dem dünnwandigen Bereich **19** auf der zentralen Seite zwischen den Polen durch die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten **6** erzeugte Kraft auf das Minimum reduziert werden (Länge "a2" in der Radialrichtung unter 450% der Dicke "a1" in der Umfangsrichtung).

**[0044]** Auf diese Weise kann bei einem Permanentmagnet-Reluktanzmotor gemäß der ersten Ausführungsform das Einsetzen des Permanentmagneten bei der Herstellung erleichtert und folglich mechanisiert werden, was eine Reduzierung der Herstellungskosten ermöglicht. Ferner können auch dann, wenn das zum Befestigen der Permanentmagnete benutzte Klebemittel schwächer wird, die Permanentmagnete sicher festgehalten werden, so dass ein Risiko, dass die Permanentmagnete herausgeschleudert werden oder den Rotor beschädigen, ausgeschaltet werden kann, was die Zuverlässigkeit verbessert.

**[0045]** Da ferner die von der Zentrifugalkraft der Permanentmagnete erzeugte Kraft wirksam geteilt werden kann, kann die im Rotorkern erzeugte Belastung auf ein Minimum reduziert werden, was die Zuverlässigkeit verbessert.

**[0046]** Außerdem kann der Belastungswert an dem Radiusabschnitt des Fußes der Vorsprünge für die Permanentmagnet-Positionierung auf das Minimum reduziert werden, wodurch eine hohe Drehgeschwindigkeit ermöglicht und die Zuverlässigkeit verbessert wird. Ferner kann durch Optimieren der Form der dünnwandigen Bereiche **18** und **19** in dem Rotorkern eine hohe Leistung, ein hoher Wirkungsgrad und eine Hochgeschwindigkeitsdrehung erzielt werden, und die Zuverlässigkeit und einfache Herstellung können erheblich verbessert werden.

**[0047]** Als nächstes wird ein Permanentmagnet-Reluktanzmotor gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 8](#) beschrieben. In der zweiten Ausführungsform ist der Permanentmagnet **6** im Querschnitt trapezoidförmig gestaltet, und ein zentraler Permanentmagnet-Positionierungsvorsprung **14** ist in dem Permanentmagnet-Aufnahmeloch **5** so vorgesehen, dass er dieses in einer dem Zentrum seiner Bodenfläche entsprechenden Position hält, und zwar zusätzlich zu den Permanentmagnet-Positionierungsvorsprüngen **12** ähnlich denjenigen der ersten Ausführungsform. Ferner ist der Aufbau derart, dass die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten **6** erzeugte Kraft auf einer Seite desselben getragen wird, die sich mit

der Magnetisierungsrichtung des Permanentmagneten **6** unter rechten Winkeln schneidet und die sich auf der dem nicht magnetischen Bereich **8** entgegengesetzten Seite des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** befindet.

**[0048]** Die restlichen strukturellen Elemente sind der in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellten ersten Ausführungsform gemeinsam und sind somit mit den gleichen Bezugsziffern dargestellt.

**[0049]** Als nächstes wird die Performance des Permanentmagnet-Reluktanzmotors dieser zweiten Ausführungsform beschrieben. Bei einem auf diese Weise aufgebauten Permanentmagnet-Reluktanzmotor ist der zentrale Vorsprung **14** zur Positionierung des Permanentmagneten in der Mitte des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** positioniert, und die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten **6** erzeugte Kraft kann auf der Innenumfangsseite eines Rotors **3** getragen werden, an der die mittlere Belastung vergleichsweise gering ist, so dass die Belastung der Halterung des Permanentmagneten **6** (zentraler Vorsprung **14** zur Positionierung des Permanentmagneten) auf einem Minimum gehalten werden kann und der Kontaktabschnitt mit dem Permanentmagnet **6** über den gesamten zentralen Vorsprung **14** zur Positionierung des Permanentmagneten in Kontakt steht; infolgedessen kann der Permanentmagnet **6** auf stabile Weise gehalten werden.

**[0050]** Da ein Aufbau angewandt wird, bei dem die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten erzeugte Kraft auf einer Fläche bzw. Seite getragen wird, die die Magnetisierungsrichtung des Permanentmagneten **6** unter rechten Winkeln schneidet und sich auf der dem nicht-magnetischen Bereich **8** gegenüberliegenden Seite des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** befindet, kann eine Belastung auf ein Minimum reduziert werden, da die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten erzeugte Kraft auf der dem nicht-magnetischen Bereich **8** gegenüberliegenden Seite des Permanentmagnet-Aufnahmelochs **5** getragen wird, d.h. dort getragen wird, wo die mittlere Belastung vergleichsweise gering ist.

**[0051]** Auf diese Weise können bei dem Permanentmagnet-Reluktanzmotor der zweiten Ausführungsform auch dann, wenn das zur Befestigung der Permanentmagnete benutzte Klebemittel schwächer wird, die Permanentmagnete nach wie vor sicher gehalten werden; infolgedessen kann irgendein Risiko, dass die Permanentmagnete herausgeschleudert werden oder der Rotor beschädigt wird, eliminiert werden und die Zuverlässigkeit deshalb verbessert werden. Da die von der Zentrifugalkraft der Permanentmagnete erzeugte Kraft an der Innenumfangsseite des Rotors getragen wird, d.h. wo die mittlere Belastung vergleichsweise gering ist, kann die Belastung der zentralen Abschnitte **14** zur Positionierung

der Permanentmagnete auf einem Minimum gehalten werden und die Permanentmagnete können auf stabile Weise gehalten werden, wodurch sich die Zuverlässigkeit verbessert.

**[0052]** Da ferner die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten **6** erzeugte Kraft auf der dem nicht-magnetischen Bereich **8** des Permanentmagnet-Aufnahmelochs gegenüberliegenden Seite getragen wird, d.h. wo die mittlere Belastung vergleichsweise gering ist, kann die Belastung auf einem Minimum gehalten werden und eine höhere Ausgangsleistung und noch höhere Drehgeschwindigkeiten können erreicht werden, wobei auch die Zuverlässigkeit verbessert wird.

**[0053]** Da nach obiger Beschreibung bei einem Permanentmagnet-Reluktanzmotor gemäß der vorliegenden Erfindung ein Vorsprung für eine Permanentmagnet-Positionierung in dem Permanentmagnet-Aufnahmeloch innerhalb des Kerns des Rotors vorgesehen ist, wird das Einsetzen des Permanentmagneten während der Herstellung erleichtert, und es wird möglich, diese zu mechanisieren und die Produktionskosten zu verringern; ferner kann der Permanentmagnet auch dann, wenn das zum Befestigen des Permanentmagneten benutzte Klebemittel schwächer wird, der Permanentmagnet sicher von dem Vorsprung zur Positionierung des Permanentmagneten gehalten werden, so dass irgendein Risiko, dass die Permanentmagnete herausgeschleudert werden oder der Rotor beschädigt wird, ausgeschaltet werden kann, wodurch die Zuverlässigkeit verbessert wird.

**[0054]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann auch durch Optimieren des Bereichs, in dem der Permanentmagnet und der Vorsprung zur Positionierung des Permanentmagneten in Kontakt kommen, die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten erzeugte Kraft wirksam geteilt werden, wodurch es möglich wird, dass die in dem Kern des Rotors erzeugte Belastung auf ein Minimum reduziert wird und auch die Zuverlässigkeit verbessert wird.

**[0055]** Ferner können durch Optimieren der Form der dünnwandigen Bereiche in dem Rotorkern eine hohe Ausgangsleistung, ein hoher Wirkungsgrad und eine Hochgeschwindigkeitsdrehung erzielt werden, und die Zuverlässigkeit und leichte Herstellbarkeit werden beträchtlich verbessert. Da auch die von der Zentrifugalkraft des Permanentmagneten erzeugte Kraft an einem Abschnitt gehalten wird, an dem die mittlere Belastung vergleichsweise klein ist, kann der Belastungswert der Halterung auf einem Minimum gehalten werden, was das Erreichen höherer Drehgeschwindigkeiten ermöglicht, und auch die Zuverlässigkeit verbessert.

**[0056]** Offensichtlich sind zahlreiche zusätzliche

Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung im Rahmen der obigen Lehren möglich. Es versteht sich daher, dass die vorliegende Erfindung innerhalb des Schutzzumfangs der beigefügten Ansprüche auf andere Weise in die Praxis umgesetzt werden kann als es hier speziell beschrieben wurde.

## Patentansprüche

1. Permanentmagnet-Reluktanzmotor, mit: einem Stator (**1**) mit einer Armaturspule (**2**), und einem Rotor (**3**) mit einem Rotorkern (**4**), der magnetische Unregelmäßigkeiten in einer Umfangsrichtung durch Vorsehen mehrerer Polregionen (**4a**) mit mehreren Zwischenpolbereichen (**4b**) dazwischen liefert, durch Vorsehen eines nicht-magnetischen Bereichs (**8**) in jedem Zwischenpolbereich (**4b**), und durch Vorsehen, zwischen jedem Polbereich (**4a**) und jedem benachbarten Zwischenpolbereich (**4b**), eines Permanentmagneten (**6**), der in ein jeweiliges Permanentmagnet-Aufnahmeloch (**5**) innerhalb des Rotorkerns (**4**) so eingesetzt ist, dass ein Armatur-Magnetfluss, der zwischen benachbarten magnetischen Polbereichen (**4a**) passiert, aufgehoben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Permanentmagnet-Reluktanzmotor mehrere Vorsprünge (**12**, **14**) aufweist, die in die Permanentmagnet-Aufnahmelöcher (**5**) innerhalb des Kerns (**4**) des Rotors (**3**) vorstehen und so konfiguriert sind, dass sie die Position der Permanentmagnete (**6**) feststellt, wobei die Vorsprünge (**12**, **14**) für die Positionierung der Permanentmagnete (**6**) auf der Seite der Permanentmagnet-Aufnahmelöcher (**5**) gegenüber dem nicht-magnetischen Bereich (**8**) vorgesehen sind, und dass sie mindestens einen Teil der Zentrifugalkraft der Permanentmagnete (**6**) tragen bzw. aufnehmen.

2. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach Anspruch 1, wobei die Vorsprünge zur Positionierung der Permanentmagnete (**6**) Vorsprünge (**14**) umfassen, die jeweils so vorgesehen sind, dass sie zu einer Mitte des jeweiligen Permanentmagnet-Aufnahmelochs (**5**) vorstehen, und jeweilige Ausnehmungen, die den Vorsprüngen (**14**) entsprechen, in den Permanentmagneten (**6**) vorgesehen sind.

3. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Vorsprünge zur Positionierung der Permanentmagnete (**6**) Vorsprünge (**12**) umfassen, die mit einem Abschnitt einer Seite der Permanentmagnete (**6**) in Kontakt sind, und die Länge (X) des Abschnitts der Seite, an der die Permanentmagnete (**6**) in Kontakt sind, 5% bis 75% der Länge (Y) der Seite der Permanentmagnete (**6**) beträgt.

4. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach Anspruch 3, wobei Radiusabschnitte (**13**) jeweils an einem Fuß der Vorsprünge (**12**) auf der Seite vorgesehen sind, welche die Zentrifugalkraft der Permanent-



magnete (6) trägt bzw. aufnimmt.

5. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Länge (b2) in der Umfangsrichtung eines umfangsseitigen dünnwandigen Bereichs (18) des Rotorkerns (4) zwischen dem Permanentmagnet-Aufnahmeloch (5) und dem Umfang des Rotorkerns (4) nicht mehr als 450% der Dicke (b1) des dünnwandigen Bereichs (18) in der Radialrichtung beträgt.

6. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach Anspruch 5, wobei die Dicke (b1) in der Radialrichtung des umfangsseitigen dünnwandigen Bereichs (18) des Rotorkerns (4) mindestens 0,5 mm beträgt.

7. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Länge (a2) in der Radialrichtung eines Brückenbereichs (19) zwischen benachbarten Permanentmagnet-Aufnahmelöchern (5) im Rotorkern (4) nicht mehr als 450% der Dicke (a1) in der Umfangsrichtung des Brückenbereichs (19) auf der dem Zentrum des Rotors am nächsten liegenden Seite beträgt.

8. Permanentmagnet-Reluktanzmotor nach Anspruch 7, wobei die Dicke (a1) in der Umfangsrichtung des Brückenbereichs (19) zwischen benachbarten Permanentmagnet-Aufnahmelöchern (5) im Rotorkern (4) auf der dem Zentrum nächstliegenden Seite des Rotors mindestens 0,5 mm beträgt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

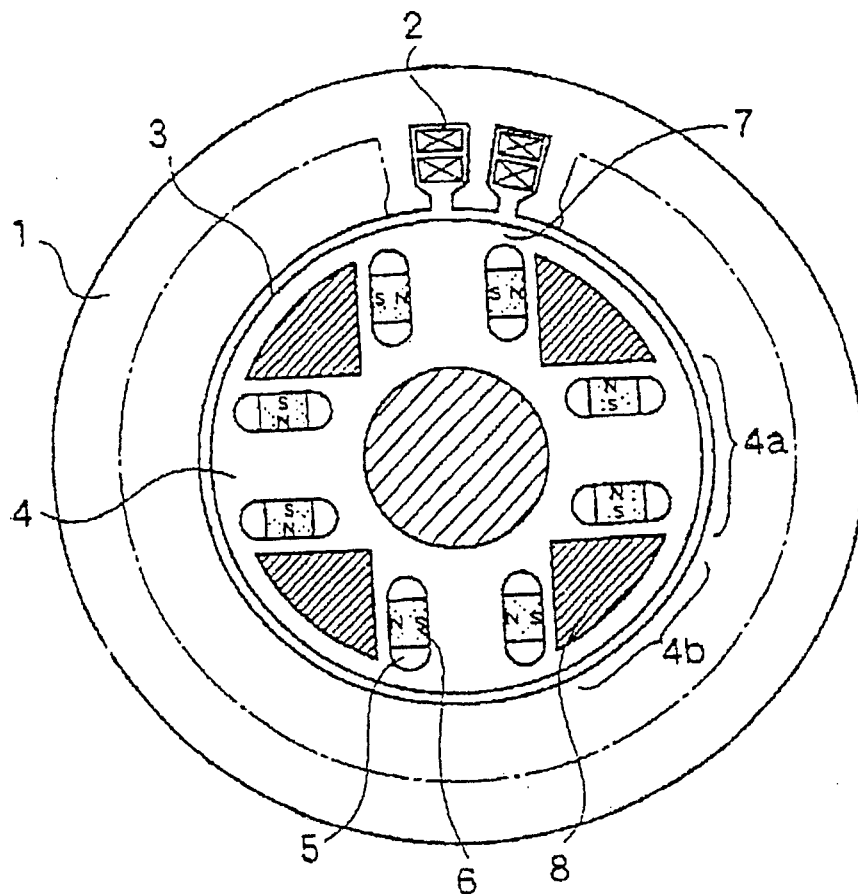


FIG. 1 (STAND DER TECHNIK)

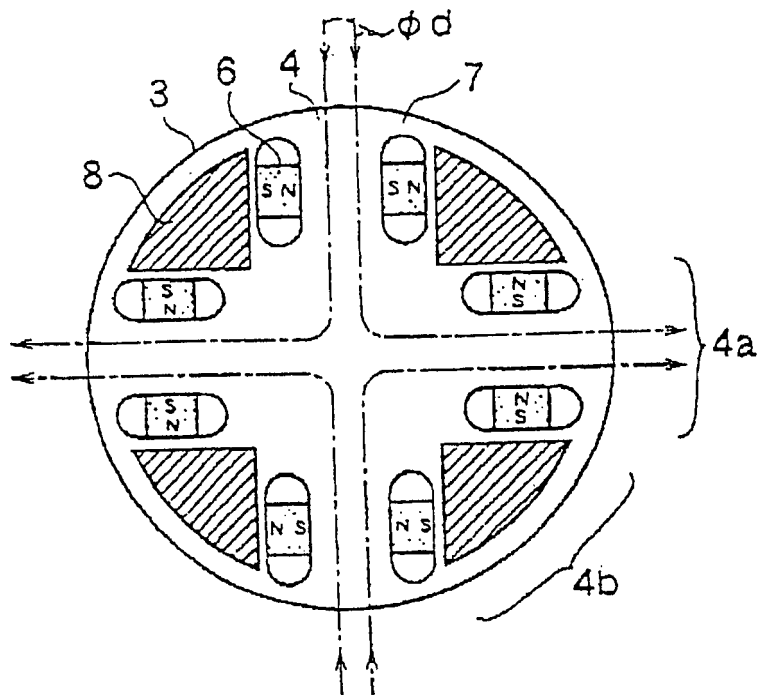


FIG. 2 (STAND DER TECHNIK)

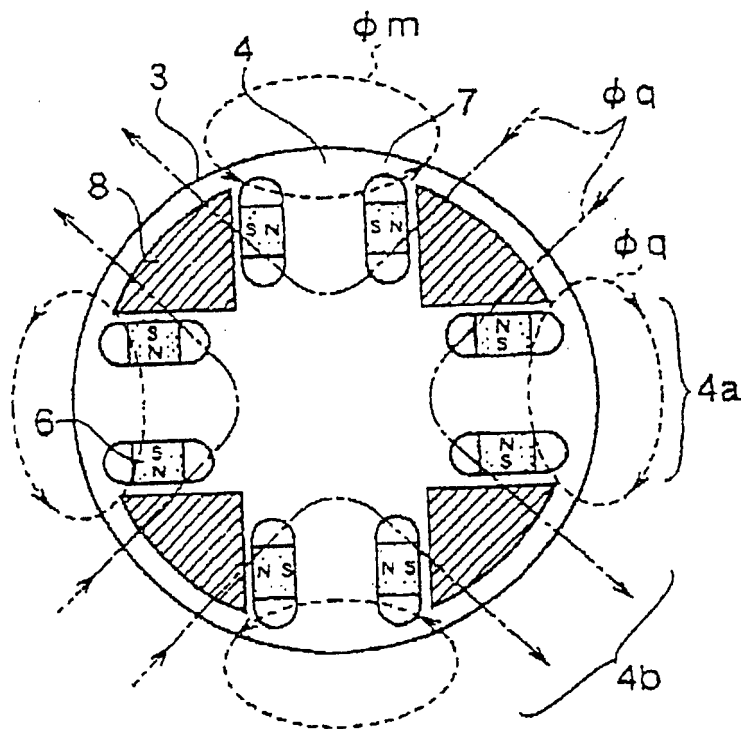


FIG. 3 (STAND DER TECHNIK)

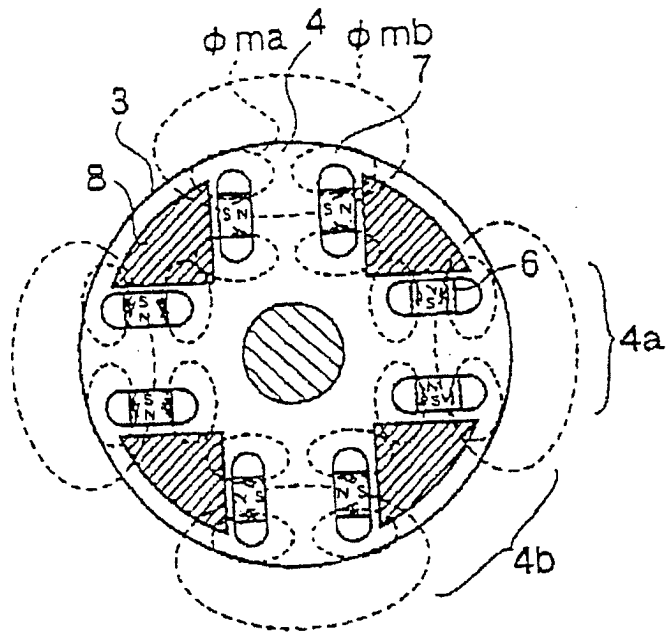


FIG. 4 (STAND DER TECHNIK)

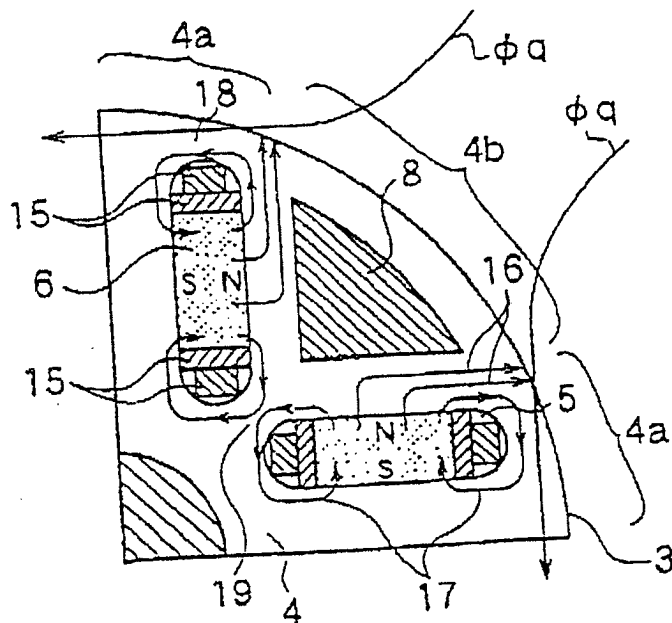


FIG. 5 (STAND DER TECHNIK)

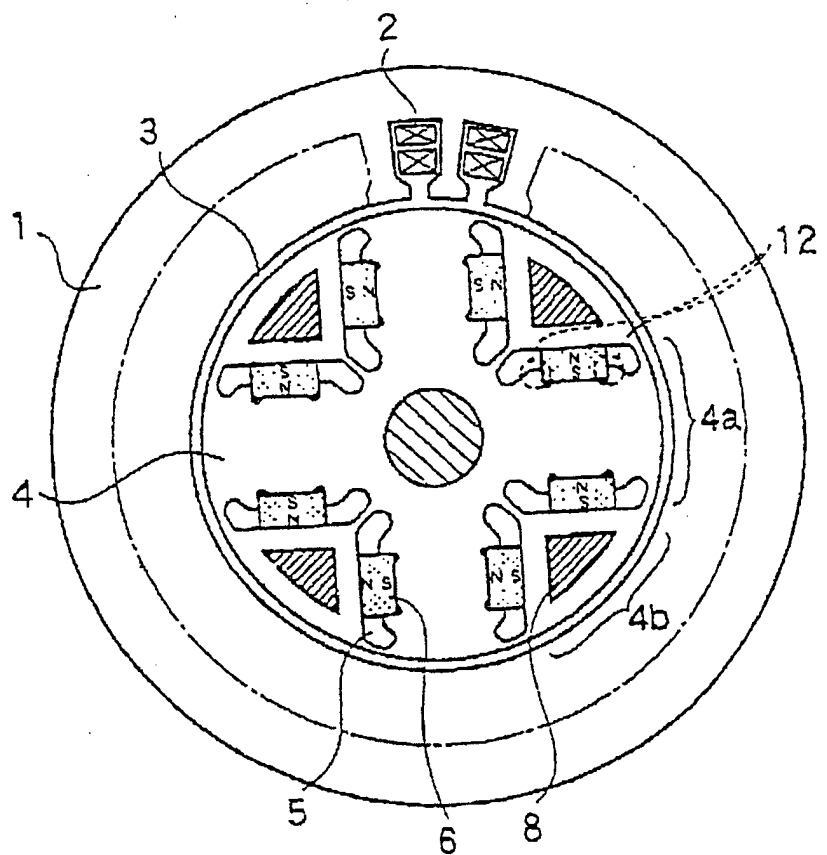


FIG. 6



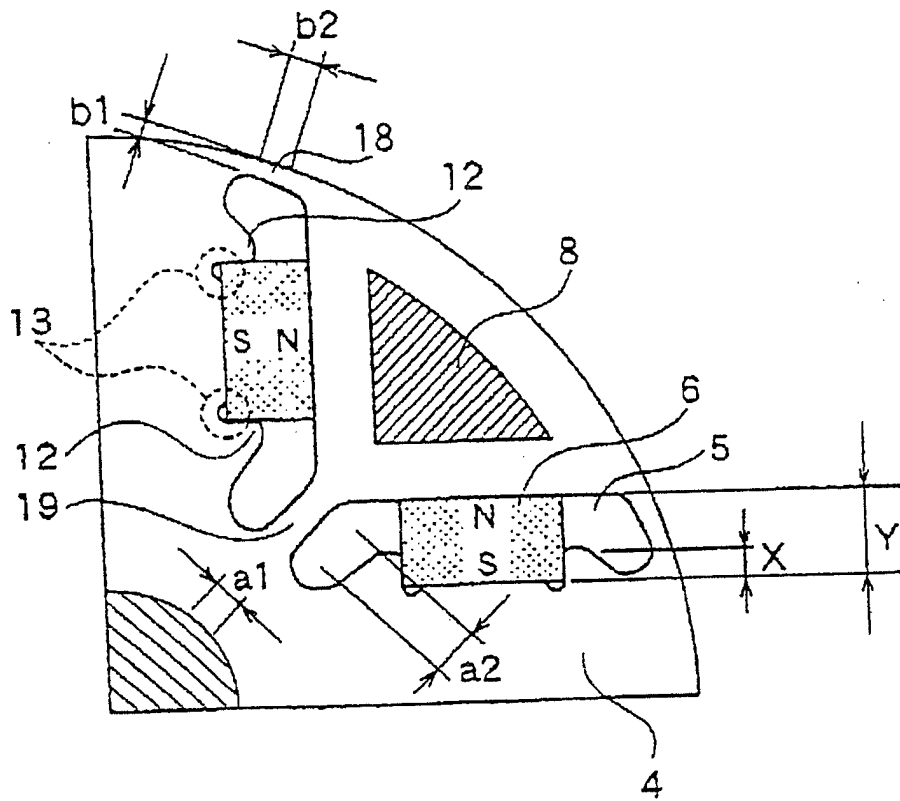


FIG. 7

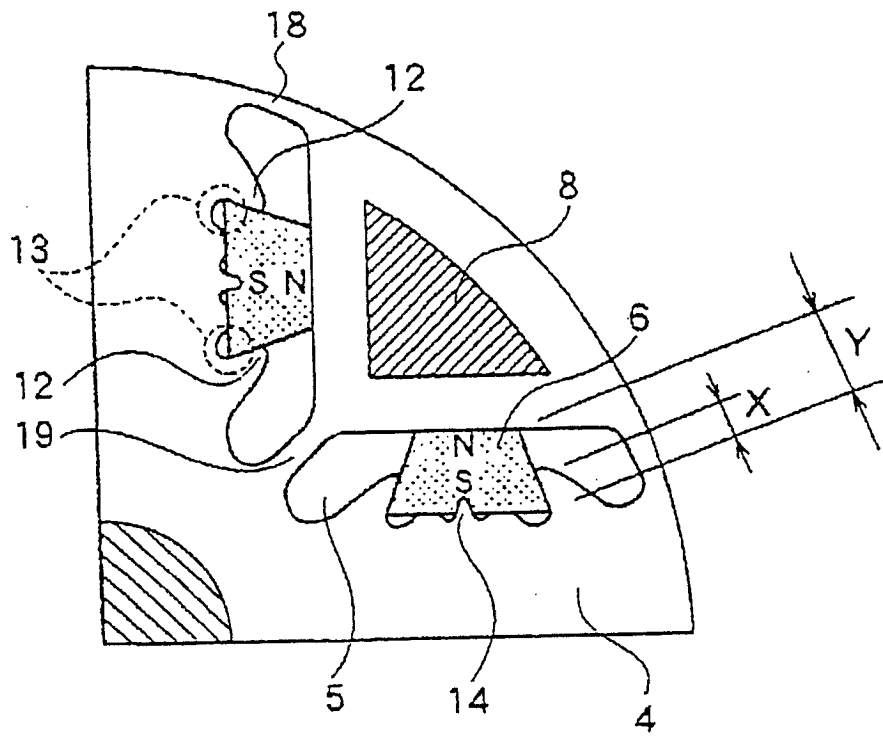


FIG. 8