(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2018 003 942 T5** 2020.05.07

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/026932**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 003 942.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/028762**
(86) PCT-Anmeldetag: **31.07.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **07.02.2019**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **07.05.2020**

(51) Int Cl.: ***H02K 1/27*** (2006.01)
H02K 21/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2017-149184	**01.08.2017**	**JP**
2018-026513	**16.02.2018**	**JP**
2018-026512	**16.02.2018**	**JP**
2018-026511	**16.02.2018**	**JP**
2018-026514	**16.02.2018**	**JP**
2018-143375	**31.07.2018**	**JP**

(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

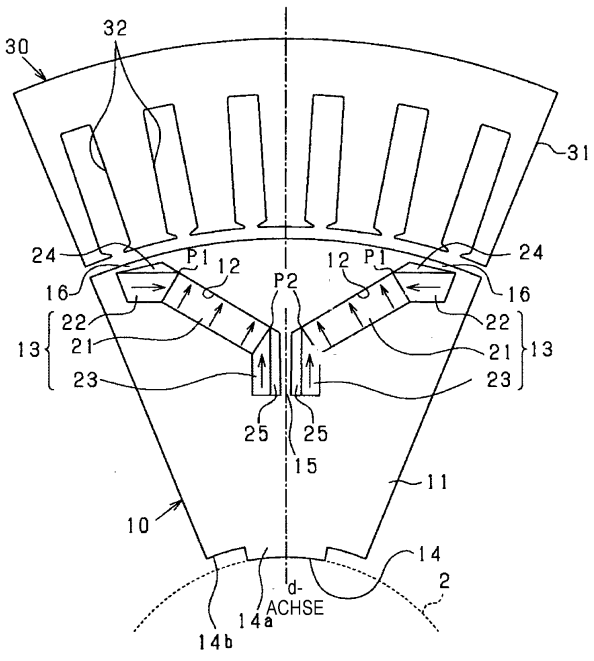
(72) Erfinder:
Takahashi, Yuki, Kariya-city, Aichi-pref., JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Magnetische Erzeugungseinrichtung für einen Motor, Weichmagnetischer Kern und Verfahren zur Herstellung eines Magneten**

(57) Zusammenfassung: Ein Rotor (10) einer rotierenden elektrischen Maschine weist Magnete (13) auf, die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung (33) zugewandt sind. Die Magnete sind relativ zu der Wicklung bei Speisung der Wicklung beweglich. Die Magnete sind in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet, während magnetische Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind. Jeder Magnet weist ein erstes Magnetelement (21) auf, das konfiguriert ist, einen Magnetfluss entsprechend einer entsprechenden einen der Polaritäten zu erzeugen. Das erste Magnetelement weist erste magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind. Jeder Magnet weist ein zweites Magnetelement (22) auf, das an einem q-Achsen-Seitenende des entsprechenden Magneten vorgesehen ist, das sich näher an einer Polgrenze befindet. Das zweite Magnetelement weist zweite magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind. Die zweiten magnetischen Ausrichtungen schneiden sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen.



Beschreibung

Querverweis zu verwandten Anmeldungen

[0001] Diese Anmeldung beruht auf und beansprucht Priorität aus:

1. Japanische Patentanmeldung Nr. 2017-149184, eingereicht am 1. August 2017,

2. Japanische Patentanmeldung Nr. 2018-026511, eingereicht am 16. Februar 2018,

3. Japanische Patentanmeldung Nr. 2018-026512, eingereicht am 16. Februar 2018,

4. Japanische Patentanmeldung Nr. 2018-026513, eingereicht am 16. Februar 2018,

5. Japanische Patentanmeldung Nr. 2018-026514, eingereicht am 16. Februar 2018,

6. Japanische Patentanmeldung Nr. 2018-143375, eingereicht am 31. Juli 2018.

[0002] Die gesamte Offenbarung von jeder dieser Japanischen Patentanmeldungen ist hiermit durch Bezugnahme einbezogen.

Technisches Gebiet

[0003] Die vorliegende Offenbarung betrifft magnetische Erzeugungsvorrichtungen für einen Motor, weichmagnetische Kerne und Verfahren zur Herstellung eines Magneten.

Stand der Technik

[0004] Innenpermanentmagnet- (IPM-) Rotoren beispielsweise für rotierende elektrische Maschinen sind weit verbreitet. Ein derartiger IPM-Rotor weist einen Rotorkern auf, der aus einem Stapel elektromagnetischer Stahlbleche aufgebaut ist. Der Rotorkern weist darin definiert Magnetinstallationsöffnungen auf, und Magnete sind in den jeweiligen Magnetinstallationsöffnungen installiert.

[0005] Beispielsweise offenbart Patentliteratur 1 eine Technologie, bei der die Form jeder Magnetinstallationsöffnung derart entworfen ist, dass dadurch ein Magnetfeld in einer Richtung reduziert wird, die entgegengesetzt zu einer Richtung von Magnetfluss von einem Rotor zu einem Stator ist, wodurch eine Magnetflussverkettung zu dem Stator erhöht wird. Eine derartige rotierende elektrische Maschine ist entworfen, die Form von jedem Permanentmagneten, des Rotors und des Stators zu optimieren, um dadurch darauf abzuzielen, eine Verbesserung des Leistungsvermögens der rotierenden elektrischen Maschine und eine Verbesserung der Widerstandsfähigkeit des Permanentmagneten gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld auszugleichen.

Zitierungsliste

Patentliteratur

[0006] Patentliteratur 1 Japanische Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. 2014-93859.

Zusammenfassung

[0007] In den letzten Jahren sind viele Fahrzeuge derart entworfen, dass sie ein Flachbauprofil mit einem kleineren Fahrtwiderstandswert aufweisen und/oder einen kleineren Kraftmaschinenraum aufweisen. Für jedes Fahrzeug mit einem Flachbauprofil und/oder einem kleineren Kraftmaschinenraum ist es notwendig, einen Installationsraum für einen Fahrzeugleistungsgenerator und/oder einen Stator zu minimieren.

[0008] Für jedes Fahrzeug mit einem minimierten Installationsraum für einen Fahrzeugleistungsgenerator und/oder einen Stator ist es erforderlich, eine kompakte rotierende elektrische Maschine zu verwenden, die sowohl das entsprechende Fahrzeug starten kann als auch bewirken kann, dass das entsprechende Fahrzeug in einer Steigung fährt. Zum Erzielen dieses Erfordernis haben wird in Betracht gezogen, rotierende elektrische Maschinen jeweils mit einer höheren Drehmomentdichte zu entwerfen.

[0009] Bei Entwerfen einer derartigen rotierenden elektrischen Maschine mit einer höheren Drehmomentdichte bestehen Bedenken, dass, wenn ein in einem Stator erzeugter Erregungsstrom ein großer Strom innerhalb einer sehr kurzen Zeit wird, ein rotierendes magnetisches Feld, das auf den Erregungsstrom aus dem Stator beruht, ein Entmagnetisierungsfeld für die Permanentmagneten eines Rotors wird, sodass die Permanentmagnete aufgrund des Entmagnetisierungsfeldes entmagnetisiert werden.

[0010] Typische Rotoren, die für IPM-Motoren verwendbar sind, die in der Patentliteratur 1 offenbart sind, weisen eine d-Achse und eine q-Achse für jeden Magnetpol auf, wobei die d-Achse eine zentrale Achse des Magnetflusses repräsentiert, der von einem entsprechenden Magneten zur Bereitstellung des entsprechenden Magnetpols erzeugt wird, und die q-Achse eine neutrale Achse für den Magnetfluss des Magneten repräsentiert. In den letzten Jahren wurde die Raumvektorsteuerung intensiviert, wobei die Raumvektorsteuerung konfiguriert ist, individuell einen in der d-Achse fließenden d-Achsenstrom und einen in der q-Achse fließenden q-Achsenstrom zu steuern.

[0011] Ein typischer IPM-Motor ist derart konfiguriert, dass ein konvexer Kernteil auf der q-Achse angeordnet ist, sodass die Induktivität in der q-Achse größer als die Induktivität in der d-Achse ist. Die-

se Induktivitätsdifferenz erzeugt ein Reduktanzdrehmoment Tr. Das heißt, dass ein derartiger typischer IPM-Motor entworfen ist, ein resultierendes Drehmoment aus einem Magnetdrehmoment Tm, das auf den Fluss des sich auf der d-Achse befindlichen Magneten beruht, und dem Reduktanzdrehmoment Tr zu erzeugen.

[0012] Es sei bemerkt, dass eine Feldschwächungssteuerung als eine Technologie zur Erhöhung der Drehgeschwindigkeit eines Motors unter einer vorbestimmten Batteriespannungsbedingung bekannt ist. Die Ausführung der Feldschwächungssteuerung kann bewirken, dass ein Magnetfeld, d.h. ein Entmagnetisierungsfeld, die Magnetkraft der Magneten des Motors schwächt. In einem IPM-Motor verwendet die Feldschwächungssteuerung eine Reduktanzdrehmomentkompomente in der q-Achse, wenn das Magnetdrehmoment auf der Grundlage des geschwächten Magnetflusses der Magneten reduziert wird. Aus diesem Grund ist es wahrscheinlich, dass das resultierende Drehmoment des Reduktanzdrehmoments und des Magnetdrehmoments zum Betrieb eines IPM-Motors unter Verwendung der Feldschwächungssteuerung höher als lediglich ein Magnetdrehmoment zum Betrieb desselben IPM-Motors ohne Verwendung der Feldschwächungssteuerung ist. IPM-Motoren tendieren daher dazu, positiv auf der Grundlage der Feldschwächungssteuerung justiert zu werden. Dies bedeutet, dass in dem IPM-Motor eingebaute Permanentmagnete häufig einem Entmagnetisierungsfeld ausgesetzt werden, sodass eine irreversible Entmagnetisierung der Permanentmagneten häufig erfolgt.

[0013] Um einer derartigen irreversiblen Entmagnetisierung der Permanentmagnete eines IPM-Motors zu begegnen, sind die nachfolgenden ersten bis dritten Merkmale in Betracht gezogen worden:

(i) Eine erste Maßnahme der Verwendung von kostspieligen schweren Seltene-Erden-Elementen, die ein Terbium- (Tb-) Element und ein Dysprosium- (Dy-) Element aufweisen, als Materialien für jeden Permanentmagneten.

(ii) Eine zweite Maßnahme der Erhöhung der Dicke jedes Permanentmagneten.

(iii) Eine dritte Maßnahme der Erhöhung des Volumens jedes Perma nentmag neten.

[0014] Jede der ersten bis dritten Maßnahmen kann jedoch zu einer Erhöhung der Herstellungskosten des Rotors führen.

[0015] Der Rotor eines IPM-Motors weist eine bekannte Struktur dahingehend auf, dass Permanentmagnete jedes Paars an beiden Seiten einer entsprechenden d-Achse vorgesehen sind, um eine V-Form aufzuweisen. In dem Rotor mit der vorstehend beschriebenen Struktur erzeugt jeder der Permanentmagneten, die an beiden Seiten jeder d-Achse vorgesehen sind, einen Magnetfluss, der in Bezug auf die entsprechende d-Achse schräg ausgerichtet ist, sodass eine gegenseitige Störung (Interferenz) zwischen dem durch einen der Permanentmagnete jedes Paars erzeugten Magnetflusses und dem durch den anderen davon erzeugten Magnetfluss zu einer Entmagnetisierung der Permanentmagnete des entsprechenden Paars führen kann.

[0016] Um dem vorstehend beschriebenen Problem zu begegnen, zielt die folgende Offenbarung darauf ab, magnetische Erzeugungsvorrichtungen für einen Motor, weichmagnetische Kerne und Verfahren zur Herstellung eines Magneten bereit zu stellen, wobei jeweils eine angemessene Reduktion einer Entmagnetisierung eines Magneten möglich ist.

[0017] Nachstehend sind Maßnahmen zur Begegnung der Probleme, wie die Maßnahmen arbeiten, und Wirkungen beschrieben, die durch die Maßnahmen erhalten werden.

[0018] Eine magnetische Erzeugungsvorrichtung für einen Motor gemäß einer ersten Maßnahme weist eine Vielzahl von Magneten auf, die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung zugewandt sind, und die in Bezug auf die Wicklung beweglich sind, wenn die Wicklung gespeist wird. Die Magnete sind in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet, während magnetische Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind. Jeder der Magnete weist ein erstes Magnetelement auf, das konfiguriert ist, einen Magnetfluss entsprechend einer entsprechenden der Polaritäten zu erzeugen. Das erste Magnetelement weist erste magnetische Ausrichtungen aufweist, die darin definiert sind. Jeder der Magnete weist ein zweites Magnetelement auf, das an einem q-Achsen-Seitenende des entsprechenden Magneten vorgesehen ist, das sich näher an einer Polbegrenzung befindet. Das zweite Magnetelement weist zweite magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind, wobei die zweiten magnetischen Ausrichtungen sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen schneiden.

[0019] In einem Motor, in dem Magnete derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung zugewandt sind und relativ zu der Wicklung bewegbar sind, agiert bei Speisung der Wicklung ein Speisungsmagnetfeld aus der Wicklung auf jeden Magnet als ein Entmagnetisierungsfeld. Zum Begegnen eines derartigen Punkts weist die erste Maßnahme für jeden Magneten das zweite Magnetelement auf, das an einem q-Achsen-Seitenende, d.h. einem Pol-Grenz-Seitenende des entsprechenden Magneten auf, wobei die zweiten magnetischen Ausrichtungen, die in dem zweiten Magnetelement definiert sind, sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen schneiden, die in dem ersten Magnetelement definiert sind.

[0020] Diese Konfiguration der ersten Maßnahme verstärkt einen Magnetfluss an dem q-Seitenende des ersten Magnetelements, um dadurch ein Entmagnetisierungswiderstandsverhalten gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld aus der Wicklung zu erhöhen. Dies reduziert in angemessener Weise eine Entmagnetisierung des ersten Magnetelements, das als ein Magnetpol-Magnet dient.

[0021] Es sei bemerkt, dass die zweiten magnetischen Ausrichtungen, die in dem zweiten Magnetelement definiert sind, vorzugsweise näher an einer Richtung senkrecht zu der q-Achse sind, als es die ersten magnetischen Ausrichtungen sind, die in dem ersten Magnetelement definiert sind. Dies ermöglicht eine Verstärkung des Magnetflusses an dem q-Achsen-Seitenende des ersten Magnetelements durch die zweiten magnetischen Ausrichtungen.

[0022] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zweiten Maßnahme ist der Motor als eine rotierende elektrische Maschine entworfen, der ein Wicklungselement, in dem die Wicklung gewickelt ist, und ein Magnethalteelement aufweist, der die Magnete aufweist und radial angeordnet ist, um dem Wicklungselement zugewandt zu sein. Die magnetische Erzeugungsvorrichtung wird als das Magnetelement verwendet. Das erste Magnetelement weist eine Vielzahl erster Magnetelemente auf, die in dem Magnetelement in einer Umlaufsrichtung des Magnetelements mit vorbestimmten Unterteilungen angeordnet sind, und das zweite Magnetelement weist eine Vielzahl zweiter Magnetelemente auf. Jedes der zweiten Magnetelemente ist für ein q-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente vorgesehen.

[0023] In der rotierenden elektrischen Maschine, die das Wicklungselement, wie einen Stator, in dem die Wicklung gewickelt ist, und das Magnethalteelement, wie einen Rotor, aufweist, der die Magnete aufweist und radial derart angeordnet ist, dass es dem Wicklungselement zugewandt ist, aufweist, kann ein Speisungsmagnetfeld aus dem Wicklungselement auf jedem Magneten als ein Entmagnetisierungsfeld einwirken. Dies kann Bedenken bezüglich einer Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes des entsprechenden Magneten verursachen.

[0024] Um einem derartigen Punkt zu begegnen, verbessert die vorstehend beschriebene Konfiguration der zweiten Maßnahme, die jedes der zweiten Magnetelemente auf dem q-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente anordnet, ein Entmagnetisierungswiderstandsverhalten auf dem q-Achsen-Seitenende jedes Magnetelements gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld aus dem Wicklungselement.

[0025] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer dritten Maßnahme weist das Magnethalteelement einen weichmagnetischen Kern auf, der Magneteinbauöffnungen aufweist, die quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind. Die ersten und zweiten Magnetelemente sind in jeder der Magneteinbauöffnungen eingebaut.

[0026] In dem Magnethaltelement wie einem Rotor, in dem die ersten und zweiten Magnetelemente in jeder der Magneteinbauöffnungen eingebaut sind, verstärkt jedes der zweiten Magnetelemente den Magnetfluss auf dem q-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente. Dies verbessert das Entmagnetisierungswiderstandsverhalten auf dem q-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement.

[0027] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer vierten Maßnahme weist das q-Achsen-Seitenende von jedem der ersten Magnetelemente einen ersten Flussverstärkungspunkt auf, der am nächsten zu dem Wicklungselement ist, und ist jedes der zweiten Magnetelemente konfiguriert, einen Magnetfluss an dem ersten Flussverstärkungspunkt des q-Achsen-Seitenendes des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente zu stärken.

[0028] Da ein Punkt des q-Achsen-Seitenendes jedes ersten Magnetelements, der sich am nächsten zu dem Wicklungselement befindet, einen maximalen Einfluss aus dem Entmagnetisierungsfeld aus dem Wicklungselement unterzogen werden kann, ist das Auftreten einer Entmagnetisierung an dem nächsten Punkt auf dem q-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement wahrscheinlich.

[0029] In dieser Hinsicht stellt die vierte Maßnahme den nächsten Punkt als den ersten Flussverstärkungspunkt ein, und stärkt in geeigneter Weise den Magnetfluss an dem ersten Flussverstärkungspunkt.

[0030] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer fünften Maßnahme weist jedes der ersten und zweiten Magnetelemente im Wesentlichen eine rechteckige Form in einem lateralen Querschnitt davon sowie ein Paar gegenüberliegender Flusswirkungsoberflächen auf. Die ersten magnetischen Ausrichtungen und die zweiten magnetischen Ausrichtungen der jeweiligen ersten und zweiten Magnetelemente sind senkrecht zu den gegenüberliegenden Flusswirkungsoberflächen des entsprechenden einen der ersten und zweiten Magnetelemente. Die ersten und zweiten Magnetelemente in dem weichmagnetischen Kern sind derart angeordnet, dass ein erster Winkel von zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse oder q-Achse sich von einem zweiten Winkel der zumindest einen der

zweiten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse oder q-Achse unterscheidet.

[0031] Magnete, von denen jeder eine rechteckige Form in dessen seitlichem Querschnitt aufweist, und magnetische Ausrichtungen aufweisen, die senkrecht zu einem Paar entgegengesetzter Flusswirkungsoberflächen davon gerichtet sind, sind am Vielseitigsten und Überlegensten im Hinblick auf Herstellung und Kosten. Die fünfte Maßnahme verwendet derartige Magnete, als die jeweiligen ersten und zweiten Magnetelemente und ist derart konfiguriert, dass der erste Winkel von zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse oder die q-Achse sich von dem zweiten Winkel und zumindest einer der zweiten magnetischen Ausrichtungen der entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse oder die q-Achse unterscheidet. Diese Konfiguration verstärkt effizient das q-Achsen-Seitenende des ersten Magnetelements, während das Magnethalteelement eine einfache Struktur aufweist.

[0032] Es sei bemerkt, dass in der vorstehend beschriebenen Konfiguration gemäß der fünften Maßnahme Magnete, die dieselben Abmessungen und dieselben Leistungsvermögen aufweisen, wie Magnete derselben Produktnummer, als die jeweiligen ersten und zweiten Magnetelemente verwendet werden können. Dies ermöglicht den Erhalt eines gewünschten Entmagnetisierungsleistungsvermögens.

[0033] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer sechsten Maßnahme ist ein Winkel, der zwischen zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente und zumindest einer der zweiten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente gebildet wird, derart eingestellt, dass er einen spitzen Winkel aufweist.

[0034] Dies stellt eine effiziente Struktur zur Verstärkung jedes der ersten Magnetelemente bereit. Insbesondere ist es möglich, weiterhin eine Verstärkung des Magnetflusses an dem ersten Flussverstärkungspunkt an dem q-Achsen-Seitenende jedes ersten Magnetelements durchzuführen, was am nächsten zu dem Wicklungselement ist, was als der erste Flussverstärkungspunkt eingestellt ist.

[0035] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer siebten Maßnahme sind die ersten Magnetelemente quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet, dass sie voneinander als ein Paar von Hauptmagneten getrennt sind. Die ersten magnetischen Ausrichtungen jedes ersten Magnetelements sind in Bezug auf die d-Achse geneigt und schneiden sich mit der d-Achse an einem Abschnitt des Kerns. Der Abschnitt des Kerns befindet sich näher an der Ankerwicklung als an einer Gegen-Ankerwicklungsseite. Die magnetische Erzeugungsvorrichtung weist weiterhin eine Vielzahl dritter Magnetelemente auf, die jeweils dritte magnetische Ausrichtungen aufweisen. Jedes der dritten Magnetelemente ist an einem d-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente derart vorgesehen, dass die dritten magnetischen Ausrichtungen sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente schneiden.

[0036] In der Struktur gemäß der siebten Maßnahme befinden sich die ersten Magnetelemente quer über der d-Achse für jeden Pol derart, dass sie voneinander als ein Paar von Hauptmagneten getrennt sind. Die ersten magnetischen Ausrichtungen jedes ersten Magnetelements sind in Bezug auf die d-Achse geneigt und schneiden sich mit der d-Achse an einem Abschnitt des Kerns. Dieser Abschnitt des Kerns ist derart angeordnet, dass er näher an der Ankerwicklung als an der Gegen-Anker-Wicklungsseite angeordnet ist.

[0037] Diese Struktur könnte jedoch Bedenken bezüglich von Magnetflusskomponenten aus dem Paar der Hauptmagnete, d.h. der ersten Magnetelemente verursachen, die sich gegenseitig an deren d-Achsen-Seitenende, d.h. Polmittenseitenenden stören (interferieren), was zu einer Entmagnetisierung, d.h. Selbstentmagnetisierung jedes ersten Magnetelements führt.

[0038] In dieser Hinsicht stellt die siebte Maßnahme jedes der dritten Magnetelemente an dem d-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente derart bereit, dass die dritten magnetischen Ausrichtungen die ersten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente schneiden. Dies ermöglicht eine Verstärkung des Magnetflusses an dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement. Das heißt, ein Stärken eines Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens an dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement oder da in der Nähe, wodurch es ermöglicht wird, in angemessener Weise eine Entmagnetisierung von jedem ersten Magnetelement zu reduzieren.

[0039] Es sei bemerkt, dass die dritten magnetischen Ausrichtungen vorzugweise näher an einer Richtung parallel zu der d-Achse sind, als es die ersten magnetischen Ausrichtungen sind, und das d-Achsen-Seitenende jedes ersten Magnetelements verstärken.

[0040] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer achten Maßnahme weist das d-Achsen-Seitenende von jedem der Hauptmagnete des Paars,

das sich über der d-Achse befindet, für jeden Pol einen zweiten Flussverstärkungspunkt auf, der sich am nächsten zu dem d-Achsen-Seitenende des anderen der Hauptmagnete des Paars befindet. Jedes der dritten Magnetelemente ist konfiguriert, den zweiten Flussverstärkungspunkt von jedem der Hauptmagnete des Paars zu stärken.

[0041] Der zweite Flussverstärkungspunkt auf dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement des Paars, das am nächsten zu dem d-Achsen-Seitenende des anderen davon ist, kann am stärksten entmagnetisiert werden. In dieser Hinsicht ist jedes der dritten Magnetelemente konfiguriert, den zweiten Magnetverstärkungspunkt von jedem der Hauptmagnete, d.h. der ersten Magnetelemente des Paars in angemessener Weise zu stärken.

[0042] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer neunten Maßnahme ist ein Winkel, der zwischen zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente und zumindest einer der dritten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der dritten Magnetelemente geformt ist, derart eingestellt, dass er ein spitzer Winkel ist.

[0043] Dies stellt eine effiziente Struktur zur Verstärkung von jedem der ersten Magnetelemente bereit. Insbesondere ist es möglich, eine Verstärkung des Magnetflusses an einem Punkt von jedem Hauptmagneten des Paars, der sich am nächsten zu dem d-Achsen-Seitenende des anderen davon befindet, der als der zweite Flussverstärkungspunkt eingestellt ist, weiter angemessen durchzuführen.

[0044] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zehnten Maßnahme weist jeder der Magneteinbauöffnungen einen d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt auf, der sich zwischen dem entsprechenden Paar der Magnete befindet und der einen Abschnitt verlängert, der sich zu der d-Achse hin erstreckt. Jedes der dritten Magnetelemente ist in dem d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt des entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen angeordnet. Jede der Magneteinbauöffnungen weist eine Flussbarriere auf, die sich näher der d-Achse als das entsprechende eine der dritten Magnetelemente sich befindet.

[0045] Da jedes der dritten Magnetelemente und die entsprechende Flussbarriere in dem d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen angeordnet ist, ist es möglich, die Menge von Magnetmaterialien in jedem der dritten Magnetelemente zu minimieren, die sich an dem d-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente befinden, und wodurch die Herstellungskosten der magnetischen Erzeugungsvorrichtung reduziert werden.

[0046] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer elften Maßnahme befinden sich die Magneteinbauöffnungen quer über der d-Achse für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und die Magnete sind über die d-Achse für jeden Pol derart angeordnet, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

[0047] Da die Magneteinbauöffnungen quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und die Magnete quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, ist es möglich, effizient eine Entmagnetisierung jedes Magneten unabhängig von der Drehrichtung der rotierenden elektrischen Maschine zu reduzieren.

[0048] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zwölften Maßnahme weist jedes der ersten und zweiten Magnetelemente einen Wert einer Koerzitivkraft auf. Der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements ist kleiner als der Wert der Koerzitivkraft des ersten Magnetelements.

[0049] Diese Konfiguration, dass der Wert der Koerzitivkraft (iHc) des zweiten Magnetelements kleiner als der Wert der Koerzitivkraft des ersten Magnetelements ist, ermöglicht den Erhalt einer gewünschten Verstärkung der ersten Magnetelemente, während die Verwendung eines kostengünstigen Magneten als jedes zweite Magnetelement ermöglicht wird.

[0050] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer dreizehnten Maßnahme weist jedes der ersten und zweiten Magnetelemente einen Wert einer Koerzitivkraft auf. Der Wert der Koerzitivkraft des ersten Magnetelements ist kleiner als der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements.

[0051] Diese Konfiguration, dass der Wert der Koerzitivkraft (iHc) des ersten Magnetelements kleiner als der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements ist, ermöglicht die Verwendung eines kostengünstigen Magneten als jedes erste Magnetelement, wobei es ermöglicht wird, die Herstellungskosten der rotierenden elektrischen Maschine zu reduzieren. Diese Konfiguration gemäß der dreizehnten Maßnahme ist im Hinblick auf die Kosten der magnetischen Erzeugungsvorrichtung sehr vorzuziehen, da die Oberflächen-Fläche jedes des ersten Magnetelements einen großen Teil des von jedem Magneten erzeugten Magnetflusses bestimmt.

[0052] Zusätzlich ist es, da die Koerzitivkraft (iHc) des zweiten Magnetelements größer als diejenige des ersten Magnetelements ist, möglich, ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen der magnetischen Erzeugungsvorrichtung zu erhöhen. Dies stellt somit die dreizehnte Maßnahme als eine

Maßnahme bereit, die für einen Fall geeignet ist, in dem die magnetische Erzeugungsvorrichtung einem starken Entmagnetisierungsfeld von der Wicklungsseite ausgesetzt wird.

[0053] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer vierzehnten Maßnahme weist jede der zweiten und dritten Magnetelemente einen Wert einer Koerzitivkraft auf. Der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements unterscheidet sich von dem Wert der Koerzitivkraft des dritten Magnetelements.

[0054] Es können auftreten:

1. ein erstes Bedenken bezüglich einer Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes von jedem ersten Magnetelement von einem Entmagnetisierungsfeld aus dem Wicklungselement,

2. ein zweites Bedenken bezüglich einer Entmagnetisierung an dem d-Achsen-Seitenende von jedem der ersten Magnetelemente von einer Magnetinterferenz aus dem entsprechend benachbarten ersten Magnetelement.

[0055] In dieser Situation kann der Grad einer Entmagnetisierungsmöglichkeit an dem q-Achsen-Seitenende und der Grad einer Entmagnetisierungsmöglichkeit an dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement sich voneinander unterscheiden.

[0056] In dieser Hinsicht ist die vierzehnte Maßnahme derart konfiguriert, dass der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements sich von dem Wert der Koerzitivkraft des dritten Magnetelements unterscheidet. Diese Konfiguration ermöglicht, dass der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements und der Wert der Koerzitivkraft des dritten Magnetelements bestimmt werden entsprechend mit:

1. dem Grad einer Entmagnetisierungsmöglichkeit an dem q-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement,

2. dem Grad einer Entmagnetisierungsmöglichkeit an dem d-Achsen-Seitenende des entsprechenden ersten Magnetelements.

[0057] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer fünfzehnten Maßnahme weist jedes der ersten Magnetelemente unterteilte Magnetsegmente in einer Richtung von der q-Achse zu der d-Achse auf. Jedes der Magnetsegmente weist zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen auf. Die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen von einem der Magnetsegmente unterscheidet sich von einer der zumindest einen der ersten magnetischen Ausrichtungen eines anderen der Magnetsegmente. Die Magnetsegmente weisen zumindest ein q-Achsen-Seitensegment und ein d-Achsen-Segment auf. Das q-Achsen-Seitensegment befindet sich näher an der q-Achse, als es das d-Achsen-Segment ist. Das d-Achsen-Seitensegment befindet sich näher an der d-Achse, als es das q-Achsen-Segment ist. Die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen des q-Achsen-Seitensegments ist näher an einer Richtung parallel zu der q-Achse, als es die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen des d-Achsen-Seitensegments ist.

[0058] Gemäß der fünfzehnten Maßnahme unterscheidet sich die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen von einem der Magnetsegmente von der zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen eines anderen der Magnetsegmente. Die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen des q-Achsen-Seitensegments ist näher an der Richtung parallel zu der q-Achse, als es die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen des d-Achsen-Seitensegments ist. Dies ermöglicht es, das Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen an dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld von der Wicklungsseite weiter zu stärken.

[0059] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer sechszehnten Maßnahme weisen die Magnetsegmente von jedem ersten Magnetelement jeweilige Enden auf, die einander zugewandt sind. Die Magnetsegmente von jedem ersten Magnet-element sind derart angeordnet, dass die Enden der jeweiligen Magnetsegmente eine konvexe Form zu der Wicklung hin aufweisen.

[0060] Die konvexe Anordnung der Enden der jeweiligen Magnetsegmente von jedem ersten Magnetelement zu der Wicklung hin ermöglicht es, dass das entsprechende erste Magnetelement näher an dem Wicklungselement als die andere Anordnung davon ist. Dies führt in jedem ersten Magnetelement dazu, dass es näher an dem Wicklungselement ist, wodurch es ermöglicht wird, ein größeres Drehmoment der rotierenden elektrischen Maschine zu erhalten. Obwohl das Entmagnetisierungsfeld sich aufgrund der Nähe von jedem ersten Magnetelement an das Entwicklungselement erhöhen kann, begegnen die zweiten Magnetelemente die Erhöhung des Entmagnetisierungsfeldes.

[0061] Die konvexe Anordnung der Enden der jeweiligen Magnetsegmente jedes ersten Magnetelements zu der Wicklung hin ermöglicht es, den Anteil einer Region des weichmagnetischen Kerns, die sich näher an dem Wicklungselement befindet, als es jeder Magnet ist, derart zu reduzieren, dass er kleiner wird, wobei die Region der Summe des Magnetflusses des Wicklungselements und des Magnetflusses des entsprechenden Magnets ausgesetzt wird. Dies reduziert in dem weichmagnetischen Kern eine Sättigungsregion, in der eine magnetische Sättigung auf der Grundlage des Magnetflusses des Wicklungsele-

ments und des Magnetflusses jedes Magneten auftreten kann, wobei somit das Leistungsvermögen von dem entsprechenden Magneten effizienter erhalten wird.

[0062] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer siebzehnten Maßnahme weist der weichmagnetische Kern eine äußere Oberfläche auf, die dem Wicklungselement zugewandt ist, und weist eine Nut auf, die in der äußeren Oberfläche derart geformt ist, dass sie sich entlang einer axialen Richtung des weichmagnetischen Kerns erstreckt.

[0063] Es können Bedenken bezüglich der äußeren Oberfläche des weichmagnetischen Kerns auftreten, die dem Wicklungselement zugewandt ist, wobei es wahrscheinlich ist, dass diese auf der Grundlage sowohl eines Speisungsmagnetflusses aus der Wicklung als auch des Magnetflusses jedes Magneten magnetisch gesättigt wird. In dieser Hinsicht justiert die Nut, die in der äußeren Oberfläche, derart geformt ist, dass sie sich entlang der axialen Richtung des weichmagnetischen Kerns erstreckt, die Ausrichtung und den Betrag des Magnetflusses um eine äußere Umfangsregion des weichmagnetischen Kerns nahe an dem Wicklungselement. Dies erhält das Leistungsvermögen von jedem Magneten effizienter.

[0064] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer achtzehnten Maßnahme ist der weichmagnetische Kern ein Rotorkern ist, der aufweist:

1. eine Durchgangsöffnung, die durch einen zentralen Abschnitt davon geformt ist, wobei eine Drehwelle drehbar in der Durchgangsöffnung angeordnet ist, und die Durchgangsöffnung eine innere umlaufende Oberfläche aufweist, und

2. einen Vorsprung, der an der inneren umlaufenden Oberfläche der Durchgangsöffnung geformt ist und sich auf d-Achse für jeden Pol befindet, wobei der Vorsprung sich derart erstreckt, dass er an einer äußeren umlaufenden Oberfläche der Drehwelle anstößt.

[0065] Während der weichmagnetische Kern, d.h. der Rotorkern, an die Drehwelle gemäß der achtzehnten Maßnahme angebaut wird, ist es für jeden Magneten möglich, eine Spannung zu empfangen, die aus der inneren Umlaufsoberfläche der Durchgangsöffnung des Rotorkerns in radial nach außen gerichteten Richtungen übertragen wird. Dies reduziert eine Fehlausfluchtung (Fehlausrichtung) der Magnete, was eine unbeabsichtigte Änderung der Charakteristiken der Magneten verhindert.

[0066] Eine magnetische Erzeugungsvorrichtung gemäß einer neunzehnten Maßnahme weist eine Vielzahl von Magneten auf, die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung zugewandt sind, und die in Bezug auf die Wicklung beweglich sind, wenn die Wicklung gespeist wird. Die Magneten sind in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet, während die magnetischen Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind. Jeder der Magnete weist eine Vielzahl erster Magnetelemente auf, die sich quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart befinden, dass sie getrennt voneinander sind. Jedes der ersten Magnetelemente weist erste magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind. Die ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente sind in Bezug auf die d-Achse geneigt und schneiden sich mit der d-Achse an einer vorbestimmten Position. Die vorbestimmte Position befindet sich näher an der Ankerwicklung als an einer Gegen-Ankerwicklungsseite. Jeder der Magnete weist eine Vielzahl zweiter Magnetelemente auf, die jeweils an einem d-Achsen-Seitenende eines entsprechenden der ersten Magnetelemente vorgesehen sind. Jedes der zweiten Magnetelemente weist zweite magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind, wobei die zweiten magnetischen Ausrichtungen von jedem der zweiten Magnetelemente sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente schneiden.

[0067] Es sei angenommen, dass in dem Motor die ersten Magnetelemente sich über der d-Achse für jeden Pol getrennt voneinander als ein Paar von Hauptmagneten befinden, und die ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem ersten Magnetelement in Bezug auf die d-Achse geneigt sind und sich mit der d-Achse an einem Abschnitt des Kerns schneiden. Der Abschnitt des Kerns befindet sich näher an der Ankerwicklung als an einer Gegen-Ankerwicklungsseite.

[0068] Unter dieser Ausnahme kann der Motor Bedenken verursachen, dass Magnetflusskomponenten aus dem Paar der Hauptmagneten, d.h. den ersten Magnetelementen, sich gegenseitig an ihren d-Achsen-Seitenenden, d.h. den Polmittenseitenenden stören, was zu einer Entmagnetisierung, d.h. einer Selbstentmagnetisierung von jedem ersten Magnetelement führt.

[0069] In dieser Hinsicht stellt die neunzehnte Maßnahme jedes der zweiten Magnetelemente an dem d-Achsen-Seitenende, d.h. dem Polmittenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente derart bereit, dass die zweiten magnetischen Ausrichtungen sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente schneiden. Dies ermöglicht eine Verstärkung des Magnetflusses an dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement. Das heißt, dass ein Stärken eines Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens an dem d-Achsen-Seitenende von jedem der ersten Magnetelemente oder dort in der Nähe ermöglicht, eine Entmagnetisie-

rung von jedem ersten Magnetelement angemessen zu reduzieren.

[0070] Es sei bemerkt, dass die dritten magnetischen Ausrichtungen, die in einem dritten Magnetelement definiert sind, vorzugsweise näher an einer Richtung senkrecht zu der d-Achse sind, als es die in dem ersten Magnetelement definierten ersten magnetischen Ausrichtungen sind. Dies ermöglicht eine Verstärkung des Magnetflusses an dem d-Achsen-Seitenende des ersten Magnetelements durch die dritten magnetischen Ausrichtungen.

[0071] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zwanzigsten Maßnahme ist der Motor als eine rotierende elektrische Maschine entworfen, die ein Wicklungselement, in dem eine Wicklung gewickelt ist, und ein Magnethaltelement aufweist, das die Magneten aufweist und das radial angeordnet ist, um dem Wicklungselement zugewandt zu sein. Die magnetische Erzeugungseinrichtung wird als ein Magnetelement verwendet. Das Magnethalteelement weist einen weichmagnetischen Kern auf, der Magneteinbauöffnungen aufweist, die quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind. Die ersten und zweiten Magnetelemente sind in jeder der Magneteinbauöffnungen eingebaut.

[0072] Eine rotierende elektrische Maschine, die das Wicklungselement wie einen Stator, in dem die Wicklung gewickelt ist, und das Magnethalteelement, wie einen Rotor aufweist, der die Magnete aufweist und radial angeordnet ist, um dem Wicklungselement zugewandt zu sein, weist einen weichmagnetischen Kern mit Magneteinbauöffnungen auf, die über eine d-Achse für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse sich befinden. In der vorstehend beschriebenen rotierenden elektrischen Maschine, d.h. der rotierenden elektrischen Innen-Magnet-Maschine sind die ersten und zweiten Magnetelemente in jeder der Magneteinbauöffnungen eingebaut. In der vorstehend beschriebenen rotierenden elektrischen Innen-Magnet-Maschine ist es möglich, das Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen an dem d-Achsen-Seitenende von jedem ersten Magnetelement, d.h. jedem der Hauptmagnete gegenüber der Flussstörung (Flussinterferenz) aus dem entsprechend benachbarten ersten Magnetelement zu verbessern.

[0073] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer einundzwanzigsten Maßnahme befinden sich die Magneteinbauöffnungen über der d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind. Die Magnete sind quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

[0074] Da die Magneteinbauöffnungen quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und die Magnete quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, ist es möglich, eine Entmagnetisierung jedes Magneten unabhängig von der Drehrichtung der rotierenden elektrischen Maschine effizient zu reduzieren.

[0075] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zweiundzwanzigsten Maßnahme weist jede der Magneteinbauöffnungen einen d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt auf, der sich zwischen dem entsprechenden Paar der Magneten befindet und der einen Abschnitt verlängert, der sich zu der d-Achse hin erstreckt. Jedes der zweiten Magnetelemente ist in dem d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen angeordnet. Jede der Magneteinbauöffnungen weist eine Flussbarriere auf, die sich näher an der d-Achse als das entsprechende eine der zweiten Magnetelemente befindet.

[0076] Da jedes der zweiten Magnetelemente und die entsprechende Flussbarriere in dem d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen angeordnet sind, ist es möglich, die Menge von Magnetmaterialien in jedem zweiten Magnetelement zu minimieren, das sich an dem d-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente befindet, wobei somit die Herstellungskosten der magnetischen Erzeugungsvorrichtung reduziert werden.

[0077] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer dreiundzwanzigsten Maßnahme weist jedes der ersten Magnetelemente des Paars, das sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol befindet, einen Flussverstärkungspunkt auf, der sich am nächsten zu dem anderen der ersten Magnetelemente befindet. Jedes der zweiten Magnetelemente ist konfiguriert, den Flussverstärkungspunkt des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente zu stärken.

[0078] Da ein Punkt des d-Achsen-Seitenendes von jedem ersten Magnetelement, der sich am nächsten zu dem entsprechend benachbarten ersten Magnetelement befindet, einem maximalen Einfluss von einer Flussunterbrechung unterzogen werden kann, was dazu führt, dass eine Entmagnetisierung wahrscheinlich an dem nächsten Punkt des d-Achsen-Seitenendes jedes ersten Magnetelements auftritt.

[0079] Im Hinblick darauf stellt die dreiundzwanzigste Maßnahme den nächsten Punkt als den Flussverstärkungspunkt ein und stärkt den Magnetfluss an dem Flussverstärkungspunkt in angemessener Weise.

[0080] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer vierundzwanzigsten Maßnahme ist ein Winkel, der zwischen zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente und zumindest einer der zweiten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente gebildet wird, derart eingestellt, dass er einen spitzen Winkel aufweist.

[0081] Dies stellt eine effiziente Struktur zur Verstärkung jedes der ersten Magnetelemente bereit. Insbesondere ist es möglich, weiterhin angemessen eine Verstärkung des Magnetflusses an dem Punkt des ersten Magnetelements des Paars, durchzuführen, der am nächsten an dem d-Achsen-Seitenende des anderen davon ist, der als der Flussverstärkungspunkt eingestellt ist.

[0082] Ein weichmagnetischer Kern gemäß einer fünfundzwanzigsten Maßnahme ist derart anzuordnen, dass er einer Wicklung einer rotierenden elektrischen Maschine mit Innenmagnet zugewandt ist, um einer Vielzahl von Magneten zu halten. Der weichmagnetische Kern weist eine Vielzahl von Magneteinbauöffnungen auf, die darin definiert sind, in denen jeweils ein entsprechender der Magnete einzubauen ist. Die Magneteinbauöffnungen weisen ein Paar von Magneteinbauöffnungen auf, die quer über die d-Achse für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind. Die Magneteinbauöffnungen des Paars weisen im Wesentlichen eine V-Form derart auf, dass ein Gegenüberliegungsabstand zwischen den Magneteinbauöffnungen zu der Wicklungsseite hin länger wird. Jede der Magneteinbauöffnungen des Paars weist ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende auf. Der Zwischenabschnitt ist derart angeordnet, dass er konvex zu der Wicklungsseite hin ist.

[0083] Gemäß der fünfundzwanzigsten Maßnahme weisen die Magneteinbauöffnungen ein Paar von Magneteinbauöffnungen auf, die sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse befinden. Die Magneteinbauöffnungen des Paars weisen im Wesentlichen eine V-Form auf. Jede der Magneteinbauöffnungen des Paars weist ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende auf. Der Zwischenabschnitt ist derart angeordnet, dass er zu der Wicklungsseite hin konvex ist.

[0084] Diese Konfiguration gemäß der fünfundzwanzigsten Maßnahme ermöglicht es, während die Magnete in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen eingebaut sind, dass jedes erste Magnetelement näher an dem Wicklungselement ist, wodurch es ermöglicht wird, ein größeres Drehmoment der rotierenden elektrischen Maschine zu erhalten. Obwohl das Entmagnetisierungsfeld aufgrund der Nähe von jedem ersten Magnetelement zu dem Wicklungselement sich erhöhen kann, bewältigen die zweiten Magnetelemente die Erhöhung des Entmagnetisierungsfelds.

[0085] Dies reduziert den Anteil einer Region des weichmagnetischen Kerns, die sich näher an dem Wicklungselement befindet, als es jeder Magnet ist, derart, dass er kleiner wir; die Region wird der Summe des Magnetflusses des Wicklungselements und des Magnetflusses des entsprechenden Magneten ausgesetzt. Dies reduziert in dem weichmagnetischen Kern eine Sättigungsregion, in der eine magnetische Sättigung aufgrund des Magnetflusses des Wicklungselements und des Magnetflusses jedes Magneten auftreten kann, wobei somit effizienter das Leistungsvermögen aus dem entsprechenden Magneten erhalten wird.

[0086] In dem weichmagnetischen Kern gemäß einer sechsundzwanzigsten Maßnahme weist die rotierende elektrische Maschine einen ringförmigen Stator, in dem die Wicklung gewickelt ist, und einen Rotor auf, der radial innerhalb des Stators angeordnet ist, um dem Stator zugewandt zu sein, wobei der Rotor die Magneten aufweist. Der weichmagnetische Kern ist als ein Rotorkern zu verwenden, der den Rotor bildet. Der Zwischenabschnitt ist derart angeordnet, dass er zu der Statorseite hin konvex ist.

[0087] Die Konvexkonfiguration des Magneten in der radial nach außen gerichteten Richtung in der rotierenden elektrischen Innen-Rotor-Maschine ermöglicht eine Verkleinerung des Anteils des radial nach außen gerichteten Abschnitts des Rotorkerns in Bezug auf die Magneteinbauöffnungen. Dies reduziert den Spannungskonzentrationsfaktor des Rotorkerns gegenüber Zentrifugalkraft, was es ermöglicht, die mechanische Festigkeit des Rotorkerns zu stärken.

[0088] In dem weichmagnetischen Kern gemäß einer siebenundzwanzigsten Maßnahme befinden sich die Magneteinbauöffnungen quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart, dass sie symmetrisch um die d-Achsen sind.

[0089] Da die Magneteinbauöffnungen sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart befinden, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, ist es möglich, zuverlässig die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen eingebauten Magnete zu halten, unabhängig von der Drehrichtung der rotierenden elektrischen Maschine.

[0090] Eine magnetische Erzeugungsvorrichtung für einen Motor weist eine Vielzahl von Magneten auf, die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung zugewandt sind, und die in Bezug auf die Wicklung bei Speisung der Wicklung beweglich sind. Die Ma-

gnete sind in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet sind, während magnetische Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind. Jeder der Magnete weist Flusswirkungsoberflächen auf, die an jeweiligen Wicklungs- und Gegen-Wicklungsseiten angeordnet sind, um Magnetfluss zu erzeugen. Jeder der Magnete weist magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind, die sich mit zumindest einer der Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel schneiden.

[0091] In einem Motor, in dem Magnete derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung zugewandt sind und in Bezug auf die Wicklung beweglich sind, wenn die Wicklung gespeist wird, kann ein Speisungsmagnetfeld aus der Wicklung auf jeden Magneten als ein Entmagnetisierungsfeld einwirken. Dies kann Bedenken bezüglich einer Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes jedes Magneten verursachen.

[0092] Um einem derartigen Punkt zu begegnen, weist jeder der Magnete, der Flusswirkungsoberflächen aufweist, die sich an jeweiligen Wicklungs- und Gegen-Wicklungs-Seiten zur Erzeugung von Magnetfluss befinden, die darin definierten magnetischen Ausrichtungen derart auf, dass sie sich mit zumindest einer der Flusswirkungsoberflächen zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge von jedem Magnetpfad, d.h. die Länge von jeder inneren Magnetlinie in jedem Magneten länger ist, wodurch der Magnetfluss jedes Magneten gestärkt wird. Das heißt, dass diese Konfiguration von jedem Magneten ermöglicht, dass die Länge jedes Magnetpfads länger als ein Magnet ist, bei dem die magnetischen Ausrichtungen derart definiert sind, dass sie senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen sind. Dies erhöht ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld aus der Wicklung. Dies reduziert in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung jeden Magneten.

[0093] Es sei bemerkt, dass alle in jedem Magneten definierten magnetischen Ausrichtungen unterschiedlich zueinander sein können. Die in jedem Magneten definierten magnetischen Ausrichtungen weisen zumindest eine magnetische Ausrichtung auf, die senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ist, zusätzlich zu einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die nicht-rechtwinklig zu den Flusswirkungsoberflächen sind.

[0094] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer neunundzwanzigsten Maßnahme ist der Motor als eine rotierende elektrische Maschine entworfen, der ein Wicklungselement, in dem die Wicklung gewickelt ist, und ein Magnethalteelement aufweist, der die Magnete aufweist und radial angeordnet ist, um dem Wicklungselement zugewandt zu sein. Die magnetische Erzeugungsvorrichtung wird als das Magnetelement verwendet. Das Magnethalteelement weist einen weichmagnetischen Kern auf, der Magneteinbauöffnungen aufweist, die quer über eine d-Achse für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind. Die Magnete sind in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen eingebaut.

[0095] In dem Motor, der als ein Innen-Magnet-Motor (IPM-Motor) entworfen ist, schneiden sich die magnetischen Ausrichtungen, die in jedem Magneten definiert sind, der in einer entsprechenden der Magneteinbauöffnungen installiert ist, mit zumindest einer der Flusswirkungsoberflächen zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel. Dies erhöht ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen des Innen-Magnet-Motors gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld.

[0096] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer dreizigsten Maßnahme befinden sich die Magneteinbauöffnungen quer über der d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und sind die Magneten quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

[0097] Da die Magneteinbauöffnungen quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und die Magneten quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, ist es möglich, eine Entmagnetisierung jedes Magneten unabhängig von der Drehrichtung der rotierenden elektrischen Maschine effizient zu reduzieren.

[0098] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer einunddreißigsten Maßnahme sind die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete derart geändert, dass die magnetischen Ausrichtungen eine erste Ausrichtung an einer wicklungsseitigen Flussoberfläche sowie eine zweite Ausrichtung an einer gegen-wicklungsseitigen Flussoberfläche aufweisen, wobei die erste Ausrichtung sich von der zweiten Ausrichtung unterscheidet.

[0099] Da die erste Ausrichtung auf der wicklungsseitigen Flussoberfläche und die zweite Ausrichtung auf der gegen-wicklungsseitigen Flussoberfläche sich voneinander unterscheiden, ist es möglich, die Länge jedes Magnetpfades, d.h. die Länge jeder inneren Magnetlinie in jedem Magneten derart zu erhöhen, dass sie länger wird. Dies erzeugt effizient einen Magnetfluss, der gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld von der Wicklungsseite widerstandsfähig ist, wodurch eine Entmagnetisierung jedes Magneten in geeigneter Weise reduziert wird.

[0100] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zweiunddreißigsten Maßnahme sind die magnetischen Ausrichtungen für jeden der Magnete von der q-Achse zu der d-Achse derart geändert, dass die magnetischen Ausrichtungen eine orthogonale Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen aufweisen, die näher an einer Richtung orthogonal zu der q-Achse ist, und eine parallele Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen aufweisen, die näher an einer Richtung parallel zu der d-Achse sind, so dass sich eine nicht-linear konvexe Form zu der Gegen-Wicklungsseite hin ergibt.

[0101] Die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete werden von der q-Achse zu der d-Achse derart geändert, dass die magnetischen Ausrichtungen eine orthogonale Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen, die näher an der Richtung orthogonal zu der q-Achse sind, und eine parallele Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen näher an einer Richtung parallel zu der d-Achse aufweisen, sodass sie eine nicht-lineare konvexe Form zu der Gegen-Wicklungsseite hin aufweisen. Dies erzeugt effizient einen Magnetfluss, der gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld aus der Wicklungsseite widerstandsfähig ist, wodurch eine Entmagnetisierung jedes Magneten in geeigneter Weise reduziert wird.

[0102] Zusätzlich reduziert die parallele Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen, die in jedem Magneten definiert sind, die näher an der Richtung parallel zu der d-Achse ist, eine Entmagnetisierung des d-Achsen-Seitenendes oder in der Nähe davon von jedem Magneten aufgrund der Flussinterferenz aus dem Magnetfluss des anderen Magneten in angemessener Weise.

[0103] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer dreiunddreißigsten Maßnahme werden die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete von der d-Achse zu der q-Achse derart geändert, dass die magnetischen Ausrichtungen eine orthogonale Ausrichtung näher an einer Richtung orthogonal zu der d-Achse und eine parallele Ausrichtung näher an einer Richtung parallel zu der q-Achse aufweisen, so dass sie eine nicht-lineare konvexe Form zu der Gegen-Wicklungsseite hin aufweisen.

[0104] Die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete werden von der d-Achse zu der q-Achse derart geändert, dass die magnetischen Ausrichtungen eine orthogonale Ausrichtung näher an einer Richtung orthogonal zu der d-Achse und eine parallele Ausrichtung näher an einer Richtung parallel zu der q-Achse aufweisen, so dass sie eine nicht-lineare konvexe Form zu der Gegen-Wicklungsseite hin aufweisen. Dies erhöht die Länge von jedem Magnetpfad, d.h. die Länge jeder inneren magnetischen Linie, die in jedem Magneten definiert ist, um dadurch einen Magnetfluss des entsprechenden Magneten zu verstärken. Dies erzeugt daher effizient den Magnetfluss, der gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld von der Wicklungsseite widerstandsfähig ist, wodurch eine Entmagnetisierung jedes Magneten in angemessener Weise reduziert wird.

[0105] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer vierunddreißigsten Maßnahme weist jeder der Magnete ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern auf. Das q-Achsen-Seitenende befindet sich in dem weichmagnetischen Kern derart, dass es radial näher an der Wicklung ist, als es das d-Achsen-Seitenende ist. Der Zwischenabschnitt ist derart angeordnet, dass er konvex zu der Wicklungsseite hin ist.

[0106] Dies führt dazu, dass jeder Magnet näher an einer äußeren Oberfläche des weichmagnetischen Kerns ist, die der Wicklung zugewandt ist. Dies ermöglicht es, ein größeres Drehmoment der rotierenden elektrischen Maschine zu erhalten. Obwohl das Entmagnetisierungsfeld sich aufgrund der Nähe von jedem Magneten zu der Wicklung erhöhen kann, bewältigen die nicht-linearen magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten die Erhöhung des Entmagnetisierungsfeldes.

[0107] Dies reduziert den Anteil einer Region des weichmagnetischen Kerns, die sich näher an der Wicklung als jeder Magnet, d.h. jede Magneteinbauöffnung befindet, derart, dass er kleiner wird, wobei die Region der Summe des Magnetflusses aus der Wicklung und des Magnetflusses aus dem entsprechenden Magneten unterzogen wird. Dies reduziert in dem weichmagnetischen Kern eine Sättigungsregion, in der eine magnetische Sättigung auf der Grundlage des Magnetflusses der Wicklung und des Magnetflusses jedes Magneten auftreten kann, wodurch das Leistungsvermögen aus dem entsprechenden Magneten effizienter erhalten werden kann.

[0108] Wenn die magnetische Erzeugungsvorrichtung als ein Rotor einer rotierenden elektrischen Innen-Rotor-Maschine verwendet wird, ist jeder der Magnete derart konfiguriert, dass er zu der radial nach außen gerichteten Richtung konvex ist. Dies ermöglicht, dass der Anteil des radial nach außen gerichteten Abschnitts des Rotorkerns in Bezug auf die Magneteinbauöffnungen kleiner ist. Dies reduziert den Spannungskonzentrationsfaktor des Rotorkerns gegenüber Zentrifugalkraft, was es ermöglicht, die mechanische Festigkeit des Rotorkerns zu stärken.

[0109] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer fünfunddreißigsten Maßnahme schneidet jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten sich mit jeder der Flusswirkungsober-

flächen bei dem nicht-orthogonalen Winkel. Jeder der Magnete weist Endoberflächen auf, die parallel zu den magnetischen Ausrichtungen sind und die sich mit den Flusswirkungsoberflächen schneiden. Jede der Magneteinbauöffnungen weist eine Flussbarriere auf, die sich an einer äußeren Seite eines d-Achsen-Seitenendes und/oder eines q-Achsen-Seitenendes des entsprechenden Magneten befindet.

[0110] Jeder Magnet ist derart konfiguriert, dass die magnetischen Ausrichtungen nicht-linear zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende geändert werden, wodurch die Länge jedes Magnetpfads, der in den entsprechenden Magneten definiert ist, länger gemacht wird. Jedoch können relativ kürzere magnetische Pfade sich an jedem Ende des Magneten befinden.

[0111] In dieser Hinsicht ist jede der Endoberflächen des Magneten, die sich mit Flusswirkungsoberflächen schneiden, derart gerichtet, dass sie parallel zu den magnetischen Ausrichtungen des Magneten ist. Dies reduziert kürzere Magnetpfade, die lokal an jedem Ende des Magneten vorhanden sind. Zusätzlich verhindert die Flussbarriere, die sich an der äußeren Seite des d-Achsen-Seitenendes und/oder des q-Seitenendes des Magneten befindet, einen Selbstkurzschluss des Magnetflusses in dem Rotorkern, während eine Entmagnetisierung an dem entsprechenden Ende der d- und q-Achsen-Seitenenden des Magneten reduziert wird.

[0112] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer sechsunddreißigsten Maßnahme ist jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten in Bezug auf die d-Achse geneigt, und schneidet sich mit den Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel.

[0113] Jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten ist in Bezug auf die d-Achse geneigt, und schneiden sich mit den Flusswirkungsoberflächen bei dem nicht-orthogonalen Winkel. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge von jedem Magnetpfad, d.h. die Länge von jeder inneren Magnetlinie in jedem Magneten länger ist als bei einem Magneten, bei dem die magnetischen Ausrichtungen derart definiert sind, dass sie senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen sind. Dies erhöht ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld aus der Wicklung. Dies reduziert in geeigneter Weise die Entmagnetisierung jedes Magneten.

[0114] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer siebenunddreißigsten Maßnahme sind die Magneten quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol angeordnet, so dass sie sich an beiden Seiten der d-Achse befinden. Die magnetischen Ausrichtungen der jeweiligen Magneten, die quer über die d-Achse hinweg angeordnet sind, sind in Bezug auf die d-Achse geneigt und schneiden sich miteinander an einem Abschnitt des weichmagnetischen Kerns, wobei der Abschnitt sich näher an der Wicklung befindet, als es die Magneteinbauöffnung ist.

[0115] Die Magnete sind quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol angeordnet, so dass sie sich an beiden Seiten der d-Achse befinden. Dies stärkt einen Magnetfluss an dem d-Achsen-Seitenende jedes Magneten, wohingegen ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld aus der Wicklung erhöht wird.

[0116] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer achtunddreißigsten Maßnahme schneidet sich jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten mit jeder der Flusswirkungsoberflächen bei dem nicht-orthogonalen Winkel. Jeder der Magnete weist Endoberflächen auf, und zumindest eine der Endoberflächen ist parallel zu den magnetischen Ausrichtungen und schneidet sich mit den Flusswirkungsoberflächen.

[0117] Jeder Magnet ist derart konfiguriert, dass die magnetischen Ausrichtungen sich nicht-orthogonal mit den Flusswirkungsoberflächen schneiden, was die Länge von jedem magnetischen Pfad, der in dem entsprechenden Magneten definiert ist, länger macht als im Vergleich zu einem Magneten, dessen magnetische Ausrichtungen sich derart schneiden, dass sie senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen sind. Jedoch können sich relativ kürzere magnetische Pfade an jedem Ende des Magneten lokal befinden.

[0118] In dieser Hinsicht ist zumindest eine der Endoberflächen des Magneten, die sich mit den Flusswirkungsoberflächen schneidet, derart gerichtet, dass sie parallel zu den magnetischen Ausrichtungen des Magneten ist. Dies reduziert kürzere Magnetpfade, die lokal an jedem Ende des Magneten vorhanden sind.

[0119] Es sei bemerkt, dass zumindest eine der d-Achsen- und q-Achsen-Seitenendoberflächen des Magneten, die sich mit der Flusswirkungsoberfläche schneidet, derart gerichtet sein kann, dass sie parallel zu den magnetischen Ausrichtungen des Magneten ist.

[0120] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer neununddreißigsten Maßnahme weist jeder der Magnete eine erste Länge von zumindest einer Endausrichtung der magnetischen Ausrichtungen, die in einer der Endoberflächen definiert sind, die sich mit der Flusswirkungsoberfläche schneidet, und eine zweite Länge von zumindest einer Mittelausrichtung der magnetischen Ausrichtungen auf, die in einem Mittelabschnitt zwischen den Endoberflächen definiert sind. Die erste Länge der zumindest einen

Endausrichtung ist länger als die zweite Länge der zumindest einen Mittelausrichtung.

[0121] In jedem Magneten, dessen magnetische Ausrichtungen sich jeweils mit den Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel schneiden, um die darin definierten magnetischen Ausrichtungen länger zu machen, ist es möglich, die Länge von jedem Magnetpfad an einer der Endoberflächen des entsprechenden Magneten weiter zu verlängern. Dies erhöht weiter ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen jedes Magneten.

[0122] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer vierzigsten Maßnahme weist jeder der Magnete einen d-Achsen-näheren Abschnitt und einen q-Achsen-näheren Abschnitt auf. Der d-Achsen-nähere Abschnitt ist näher an der d-Achse, als es der q-Achsen-nähere Abschnitt ist. Der q-Achsen-nähere Abschnitt ist näher an der a-Achse, als es der d-Achsen-nähere Abschnitt ist. Zumindest eine d-Achsen-nähere Ausrichtung der magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind, unterscheiden sich von zumindest einer q-Achsen-näheren Ausrichtung der magnetischen Ausrichtungen, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind.

[0123] Dies ermöglicht es, magnetische Flusskomponenten zu einer Region des Kerns zu sammeln, die sich näher an der Wicklung als an den Magneten befinden, wie einer vorbestimmte Region des Kerns auf der d-Achse, wobei somit der Magnetfluss jedes Magneten weiter verbessert wird.

[0124] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer einundvierzigsten Maßnahme ist die zumindest eine d-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, näher an einer Richtung, die parallel zu der d-Achse ist, als die zumindest eine q-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt des entsprechenden Magneten definiert ist, ist.

[0125] Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge der zumindest einen q-Achsen-näheren Ausrichtung länger als die d-Achsen-nähere Ausrichtung ist. Dies stärkt einen Magnetfluss an dem q-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten, um dadurch eine Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes jedes Magneten aufgrund eines Entmagnetisierungsfeldes zu begegnen.

[0126] Zusätzlich ist die d-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, parallel zu oder nahe an der Richtung, die parallel zu der d-Achse ist. Aus diesem Grund ist es, wenn die d-Achsen-näheren Ausrichtungen der Magneten, die sich quer über die d-Achse hinweg befinden, derart geneigt sind, dass sie einander zugewandt sind, es möglich ist, eine gegenseitige Interferenz zwischen den Magnetflusskomponenten aus dem jeweiligen Magneten zu reduzieren, die sich quer über der d-Achse hinweg befinden.

[0127] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer zweiundvierzigsten Maßnahme ist eine Neigung der zumindest einen q-Achsen-näheren Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, in Bezug auf eine Richtung senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen größer als eine Neigung der zumindest einen d-Achsen-näheren Ausrichtung, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt des entsprechenden Magneten definiert ist, in Bezug auf die Richtung senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen.

[0128] Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die zumindest eine q-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, am längsten wird, wobei somit ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen des q-Seitenendes des entsprechenden Magneten gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld gestärkt wird. Dies erzielt sowohl eine Reduktion bei der Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes jedes Magneten als auch eine Erhöhung des Drehmoments auf der Grundlage jedes Magneten.

[0129] Beispielsweise kann, wie es in **Fig. 27** veranschaulicht ist, die zweiundvierzigste Maßnahme die Konfiguration verwenden, dass jede Magneteinbauöffnung **12** sich linear in einer Richtung senkrecht zu der entsprechenden d-Achse erstreckt. Zusätzlich sind eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in dem Magneten **101**, die näher an dem d-Achsen-Seitenende ist, stärker parallel zu der d-Achse als eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in dem Magneten **101** gerichtet, die näher an dem q-Achsen-Seitenende sind. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Neigung der zumindest einen magnetischen Ausrichtung, die näher an dem q-Achsen-Seitenende ist, in Bezug auf die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als die Neigung der zumindest einen magnetischen Ausrichtung, die näher an der d-Achse ist, in Bezug auf die orthogonale Richtung ist, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist.

[0130] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer dreiundvierzigsten Maßnahme ist die zumindest eine q-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, näher an einer Richtung, die parallel zu der q-Achse ist, als es die zumindest eine d-Achsen-nähere Ausrichtung ist, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt des entsprechenden Magneten definiert ist.

[0131] Da die zumindest eine q-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, näher an der Richtung ist, die parallel zu der q-Achse ist, ist es möglich, Magnetflusskomponenten zu stärken, die derart ausgerichtet sind, dass sie senkrecht zu der äußeren Oberfläche des weichmagnetischen Kerns sind, die der Wicklung zugewandt ist. Das heißt, dass es möglich ist, Magnetflusskomponenten zu stärken, die derart ausgerichtet sind, dass sie einem Entmagnetisierungsfeld widerstehen. Dies begegnet in angemessener Weise eine Entmagnetisierung an dem d-Achsen-Seitenende jedes Magneten gegen ein Entmagnetisierungsfeld.

[0132] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer vierundvierzigsten Maßnahme weisen die Magneteinbauöffnungen ein Paar von Magneteinbauöffnungen auf, die sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse befinden. Die Magneteinbauöffnungen des Paars weisen im Wesentlichen eine V-Form derart auf, dass ein Gegenüberliegungsabstand zwischen den Magneteinbauöffnungen zu der Wicklungsseite hin länger wird. Jeder der Magnete weist einen ersten Magnetabschnitt und einen zweiten Magnetabschnitt quer über der d-Achse auf. Der erste Magnetabschnitt weist ein d-Achsen-Seitenende auf, und der zweite Magnetabschnitt weist ein q-Achsen-Seitenende auf. Zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen, die in dem zweiten Magnetabschnitt definiert sind, ist näher an einer Richtung, die senkrecht zu der q-Achse ist, als es zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen ist, die in dem ersten Magnetabschnitt definiert sind.

[0133] Dies stärkt weiter ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen jedes Magneten gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld aus der Wicklung.

[0134] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer fünfundvierzigsten Maßnahme ist zumindest eine der in dem ersten Magnetabschnitt definierten magnetischen Ausrichtungen parallel zu der d-Achse.

[0135] Da die zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen, die in dem ersten Magnetabschnitt definiert sind, parallel zu der d-Achse ist, ist die zumindest eine der in dem zweiten Magnetabschnitt definierten magnetischen Ausrichtungen näher an der Richtung, die senkrecht zu der q-Achse ist, als es die zumindest eine der in dem ersten Magnetpol definierten magnetischen Ausrichtungen ist. Diese Konfiguration führt zu einer Erhöhung des Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens jedes Magneten, während eine Entmagnetisierung an dem d-Achsen-Seitenende aufgrund einer gegenseitigen Flussinterferenz, d.h. eine Selbstentmagnetisierung des entsprechenden Magneten reduziert wird.

[0136] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer sechsundvierzigsten Maßnahme weist jeder der Magnete ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern auf. Das q-Achsen-Seitenende ist in dem weichmagnetischen Kern derart angeordnet, dass es radial näher an der Wicklung ist, als es das d-Achsen-Seitenende ist. Der Zwischenabschnitt ist derart angeordnet, dass er konvex zu der Wicklungsseite hin ist.

[0137] Diese sechsundvierzigste Maßnahme ermöglicht es, dass jeder Magnet näher an einer äußeren Oberfläche des weichmagnetischen Kerns ist, die der Wicklung zugewandt ist, was zu dem magnetischen Widerstandswert auf der d-Achse des Kerns führt. Dies erhöht das Drehmoment der rotierenden elektrischen Maschine. Obwohl das Entmagnetisierungsfeld sich aufgrund der Nähe von jedem Magnet an der Wicklung erhöhen kann, bewältigen die längeren magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten die Erhöhung des Entmagnetisierungsfeldes.

[0138] Dies reduziert den Anteil einer Region des weichmagnetischen Kerns, die sich näher an der Wicklung befindet, als es jeder Magnet ist, derart, dass sie kleiner wird, wobei die Region der Summe des Magnetflusses der Wicklung und des Magnetflusses des entsprechenden Magneten ausgesetzt wird. Dies reduziert in dem weichmagnetischen Kern eine Sättigungsregion, in der eine Sättigung auf der Grundlage des Magnetflusses der Wicklung und des Magnetflusses jedes Magneten auftreten kann, wobei somit effizienter das Leistungsvermögen von dem entsprechenden Magneten erhalten wird.

[0139] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer siebenundvierzigsten Maßnahme weist jeder der Magnete ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern auf. Das q-Achsen-Seitenende ist in dem weichmagnetischen Kern derart angeordnet, dass es radial näher an der Wicklung ist, als es das d-Achsen-Seitenende ist. Der Zwischenabschnitt ist derart angeordnet, dass er konvex zu der Gegen-Wicklungsseite hin ist.

[0140] Je breiter die Region des weichmagnetischen Kerns ist, die sich näher an der Wicklung befindet, als es jeder Magnet ist, führt dies zu einer Erhöhung in den Magnetfluss durch die breite Region auf der Grundlage der Magneten.

[0141] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer achtundvierzigsten Maßnahme weist jeder der Magnete einen d-Achsen-näheren Abschnitt und einen q-Achsen-näheren Abschnitt auf. Der d-Achsen-nähere Abschnitt ist näher an der d-Achse, als es der q-Achsen-nähere Abschnitt ist. Der q-Achsen-nähere Abschnitt ist näher an der q-Achse, als es der d-Achsen-nähere Abschnitt ist. Zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind, unterscheidet sich von zumindest einer der magnetischen Ausrichtungen, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind.

[0142] Dies ermöglicht es, Magnetflusskomponenten zu einer Region des Kerns zu sammeln, die sich näher an den Wicklungen als an den Magneten befindet, so wie eine vorbestimmte Region des Kerns auf der d-Achse, wobei somit der Magnetfluss jedes Magneten weiter verbessert wird.

[0143] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer neunundvierzigsten Maßnahme weisen die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete jeweils eine Kreisbogenform auf.

[0144] Dies verlängert die Länge jedes Magnetpfades, der in jedem Magneten definiert ist, wobei somit der Magnetfluss jedes Magneten weiter verbessert wird.

[0145] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer fünfzigsten Maßnahme weisen die Magnete ein Paar eines erstseitigen Magneten und eines zweitseitigen Magneten auf, die sich quer über einen d-Achsen-Kernabschnitt des weichmagnetischen Kerns befinden. Jeder der erst- und zweitseitigen Magnete weist ein wicklungsseitiges Ende und eines gegen-wicklungsseitiges Ende, die einander gegenüberliegen, auf. Der weichmagnetische Kern weist ein nicht-magnetisches Element für jeden der erst- und zweitseitigen Magnete auf. Das nicht-magnetische Element erstreckt sich von dem wicklungsseitigen Ende des entsprechenden der erst- und zweitseitigen Magnete bis zu der Gegen-Wicklungsseite quer über den d-Achsen-Kernabschnitt hinweg.

[0146] Das nicht-magnetische Element bewirkt eine Erhöhung des magnetischen Widerstandswerts des d-Achsen-Kernabschnitts, der sich zwischen dem Paar des erstseitigen Magneten und des zweitseitigen Magneten befindet. Dies reduziert einen Kurzschluss zwischen dem erstseitigen Magneten und des zweitseitigen Magneten, wodurch es ermöglicht wird, die Magnetkraft jedes Magneten effektiver zu verwenden.

[0147] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer einundfünfzigsten Maßnahme weist das nicht-magnetische Element für jeden der erst- und zweitseitigen Magneten ein nicht-magnetisches Material auf, das in einem Teil der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen eingebaut ist.

[0148] In der einundfünfzigsten Maßnahme unterteilen die Magneteinbauöffnungen jeweils eine entsprechende Region des weichmagnetischen Kerns zwischen einer d-Achsen-Seiten-Region und einer q-Achsen-Seiten-Region, und das nicht-magnetische Element erstreckt sich zu der Gegen-Wicklungsseite hin. Dies ermöglicht es, einen Magnetfluss von jedem der erst- und zweitseitigen Magnete zu entwerfen, während eine gegenseitige Interferenz zwischen einem Magnetfluss des ersten-Seiten-Magneten und einem Magnetfluss des zweiten-Seiten-Magneten reduziert wird.

[0149] In der magnetischen Erzeugungsvorrichtung gemäß einer einundfünfzigsten Maßnahme ist der weichmagnetische Kern ein Rotorkern, der eine Durchgangsöffnung aufweist, die durch einen zentralen Abschnitt davon geformt ist, wobei eine Drehwelle durch die Durchgangsöffnung drehbar angeordnet ist. Die Durchgangsöffnung weist eine innere Umlaufsoberfläche auf. Das nicht-magnetische Element für jeden der erst- und zweitseitigen Magnete springt zu der q-Achsen-Seite über einer virtuellen Linie hinaus vor. Die virtuelle Linie ist derart definiert, dass sie einen radial innersten Punkt des entsprechenden einen der erst- und zweitseitigen Magnete und eine Mitte des Rotorkerns verbindet.

[0150] Diese Konfiguration der zweiundfünfzigsten Maßnahme reduziert das Trägheitsmoment des Rotors auf so klein wie möglich. Es sei bemerkt, dass die Länge des nicht-magnetischen Elements in der Umlaufsrichtung des Rotors vorzugsweise entsprechend der Größe eines q-Achsen-Magnetflusses und der Umlaufsbreite eines q-Achsen-Abschnitts bestimmt werden, der sich zwischen jedem Paar von Magneten in der Umlaufsrichtung befindet. Das heißt, dass das nicht-magnetische Element zu einer virtuellen Linie vorspringen kann, die ein q-Achsen-Seitenende der Magneteinbauöffnung und die Drehmitte des Rotorkerns verbindet, oder kann über die virtuelle Linie hinaus vorspringen, um mehr zu der q-Achse zu sein, um eine vorbestimmte Länge.

[0151] Ein Verfahren gemäß einer dreiundfünfzigsten Maßnahme zur Herstellung eines Magneten, der für eine rotierende elektrische Maschine zu verwenden ist, weist auf:

1. Einfüllen eines magnetischen Pulverelements in eine Gussform, die in einem durch eine Magnetfeldspule erzeugtes Magnetfeld anzuordnen ist,

2. Anlegen einer vorbestimmten magnetischen Ausrichtung an das in die Gussform gefüllte magnetische Pulverelement auf der Grundlage des

Magnetfeldes, während das durch die Magnetfeldspule erzeugte Magnetfeld auf der Grundlage eines Ausrichtungskerns (**62**, **82**) gebogen wird, und

3. Sintern des magnetischen Pulverelements, das in die Gussform gefüllt ist.

[0152] Dieses Verfahren ermöglicht es, leicht bereitzustellen:

1. die erste Konfiguration eines Magneten, der in einer rotierenden elektrischen Maschine einzubauen ist, bei dem die magnetischen Ausrichtungen des Magneten sich von Ausrichtungen nahe an einer q-Achsen-Seitenausrichtung ändert, die senkrecht zu der q-Achse ist, zu Ausrichtungen, die nahe an eine d-Achsen-Seitenausrichtung sind, die parallel zu der d-Achse sind, von den q-Achsen-Seitenenden zu den d-Achsen-Seitenenden ändern, wobei jede magnetische Ausrichtung konvex zu der Gegen-Statorrichtung konvex gekrümmt ist, die entgegengesetzt zu der Wicklung ist.

2. die zweite Konfiguration eines Magneten, der in einer rotierenden elektrischen Maschine einzubauen ist, bei dem die magnetischen Ausrichtungen des Magneten sich von Ausrichtungen nahe an einer d-Achsen-Seitenausrichtung ändert, die senkrecht zu der d-Achse ist, zu Ausrichtungen, die nahe an eine q-Achsen-Seitenausrichtung sind, die parallel zu der q-Achse sind, von den d-Achsen-Seitenenden zu den q-Achsen-Seitenenden ändern, wobei jede magnetische Ausrichtung konvex zu der Gegen-Statorrichtung konvex gekrümmt ist, die entgegengesetzt zu der Wicklung ist.

Figurenliste

[0153] Andere Ausgestaltungen der vorliegenden Offenbarung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen deutlich.

Fig. 1 zeigt eine Längsquerschnittansicht einer rotierenden elektrischen Maschine,

Fig. 2 eine seitliche Querschnittsansicht eines Rotors und eines Stators der rotierenden elektrischen Maschine,

Fig. 3 zeigt eine Teildraufsicht des Rotors und des Stators der rotierenden elektrischen Maschine,

Fig. 4 zeigt eine Teildraufsicht des Rotors und des Stators der rotierenden elektrischen Maschine,

Fig. 5 zeigt eine Darstellung, die einen Einfluss eines Entmagnetisierungsfeldes in Bezug auf Magnete veranschaulicht,

Fig. 6 zeigt eine Darstellung, die eine gegenseitige Interferenz zwischen Magnetflusskomponenten veranschaulicht,

Fig. 7 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer ersten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 8 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer zweiten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 9 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer dritten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 10 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer vierten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 11 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer fünften Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 12 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer sechsten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 13 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer siebten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 14 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer zweiten Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 15 zeigt eine erläuternde Darstellung zur Erläuterung, wie ein Magnet unter Verwendung eines ausgerichteten Magnetfeldes magnetisiert wird,

Fig. 16 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer ersten Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 17 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer zweiten Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 18 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer dritten Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 19 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer vierten Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 20 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 21 zeigt eine erläuternde Darstellung zur Erläuterung, wie ein Magnet unter Verwendung eines ausgerichteten Magnetfeldes magnetisiert wird,

Fig. 22 zeigt eine erläuternde Darstellung zur Erläuterung, wie ein Magnet unter Verwendung

eines ausgerichteten Magnetfeldes magnetisiert wird,

Fig. 23 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,

Fig. 24 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer ersten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 25 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer zweiten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 26 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer dritten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 27 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer vierten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 28 zeigt eine Darstellung, die eine magnetische Ausrichtung eines Magneten ausführlich veranschaulicht,

Fig. 29 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer fünften Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 30 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer sechsten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 31 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer siebten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 32 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer achten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 33 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer neunten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 34 zeigt eine Darstellung, die verschiedene Konfigurationen von Magneten veranschaulicht,

Fig. 35 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer zehnten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 36 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß der zehnten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 37 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß der zehnten Modifikation des vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 38 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel,

Fig. 39 zeigt eine erläuternde Darstellung zur Erläuterung, wie ein Magnet unter Verwendung eines ausgerichteten Magnetfeldes magnetisiert wird,

Fig. 40 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einer Modifikation des fünften Ausführungsbeispiels,

Fig. 41 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 42 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 43 zeigt eine erläuternde Darstellung zur Erläuterung, wie ein Magnet unter Verwendung eines ausgerichteten Magnetfeldes gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel magnetisiert wird, und

Fig. 44 zeigt eine Teildraufsicht eines Rotors gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0154] Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf beiliegende Zeichnungen beschrieben. Die vorliegende Offenbarung verkörpert rotierende elektrische Maschinen, die jeweils als ein Motor dienen, wobei diese rotierenden elektrischen Maschinen beispielsweise als eine Leistungsquelle für Fahrzeuge verwendet werden. In Bezug auf andere Anwendungen kann jede der rotierenden elektrischen Maschinen gemäß der vorliegenden Offenbarung weiter Anwendung für industrielle Verwendung, Verkehr, Haushaltsgeräte, Büroautomationsausrüstung und Spielemaschinen finden.

[0155] Beschreibung von Elementen von jedem Ausführungsbeispiel können auf entsprechende Elemente anderer Ausführungsbeispiele, denen gleiche Bezugszeichen zugeordnet sind, angewendet werden.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0156] Nachstehend ist eine schematische Struktur einer rotierenden elektrischen Maschine **1** gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben, die als ein Innenrotor-Innenpermanentmagnet- (IPM-) Motor entworfen ist, unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben. **Fig. 1** zeigt eine Längsquerschnittsansicht einer rotierenden elektrischen Maschine, die entlang der Richtung einer Drehwelle **2** der rotierenden elektrischen Maschine als genommen ist, und **Fig. 2** zeigt eine seitliche Querschnittsansicht eines Rotors **10** und eines Stators **30**, die entlang einer Richtung genommen ist, die senkrecht zu der Drehwelle **2** ist. Nachstehend ist eine Erstreckungsrichtung der Drehwelle **2** als eine axiale Richtung definiert, und sind Richtungen, die sich radial um die Drehwelle **2** erstrecken, als radiale Richtungen definiert. Nachstehend ist ebenfalls eine Richtung, die sich umlaufend um die Drehwelle **2** erstreckt, als eine Umlaufsrichtung definiert.

[0157] Die rotierende-elektrische Maschine **1** weist den Rotor **10**, den Stator **30** und ein Gehäuse **4** auf. Der Rotor **10** ist an die Drehwelle **2** montiert, und der Stator **30** weist eine ringförmige Form auf, und ist derart angeordnet, dass er den Rotor **10** umgibt. In dem Gehäuse **4** sind der Rotor **10** und der Stator **30** untergebracht. Der Rotor **10** und der Stator **30** sind derart angeordnet, dass sie koaxial zueinander sind. Der Rotor **10** befindet sich an einer inneren Seite des Stators **30** in einer radialen Richtung des Stators **30**, um dem Stator **30** zugewandt zu sein. Ein Luftspalt ist zwischen der äußeren umlaufenden Oberfläche des Rotors **10** und der inneren umlaufenden Oberfläche des Stators **30** vorgesehen.

[0158] Das Gehäuse **4** weist ein Paar röhrenförmiger Gehäuseelemente **4a** und **4b** auf, die jeweils eine Öffnung und einen Boden aufweisen. Die Gehäuseelemente **4a** und **4b** sind miteinander mit Bolzen **5** integriert, während die Öffnung des Gehäuseelements **4a** mit der Öffnung des Gehäuseelements **4b** zusammengesetzt ist. Lager **6** und **7** sind an dem Gehäuse **4** montiert, und die Drehwelle **2** und der Rotor **10** werden drehbar durch die Lager **6** und **7** gestützt.

[0159] Gemäß **Fig. 2** weist der Rotor **10** einen Rotorkern **11** mit einer hohlen zylindrischen Form und einer inneren umlaufenden Oberfläche auf, an der die Drehwelle **2** montiert ist. Der Rotorkern **11** weist geformte Magneteinbauöffnungen **12** auf, die in der Umlaufsrichtung angeordnet sind. Magnete **13** wie Permanentmagnete **13** sind in den jeweiligen Einbauöffnungen **12** eingebaut. Ausführliche Beschreibungen der Magneteinbauöffnungen **12** erfolgen später.

[0160] Der Stator **30** weist einen Statorkern **31** mit einer im Wesentlichen zylindrischen Form auf und weist einen Stapel vieler elektromagnetischer Stahlbleche auf. Der Statorkern **31** weist Nuten **32** auf, die dadurch in dessen axialer Richtung geformt sind, und die Nuten **32** sind in Umlaufsrichtung mit regelmäßigen Abständen dazwischen angeordnet. Beispielsweise sind Drei-Phasen-Statorwicklungen **33** in den Nuten **32** gewickelt. Der Statorkern **31** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel weist 48 Nuten **32** auf, die umlaufend mit regelmäßigen Abständen angeordnet sind, wobei die 48 Nuten **32** ermöglichen, dass die Drei-Phasen-Wicklungen **33**, die darin gewickelt sind, mit einer vorbestimmten Anzahl von Magnetpolen, d.h. Polen des Rotors **10** übereinstimmen.

[0161] Nachstehend sind die Magneteinbauöffnungen **12** des Rotorkerns **11** und die Magnete **13** ausführlich unter Bezugnahme auf **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben. Es sei bemerkt, dass **Fig. 3** und **Fig. 4** jeweils einen Teil der rotierenden elektrischen Maschine **1** veranschaulichen, der einem Pol in den Polen, beispielsweise 8 Polen insgesamt der rotierenden elektrischen Maschine **1** entspricht.

[0162] Der Rotorkern **11** weist viele elektromagnetische Stahlbleche auf, die gestapelt sind, um eine im Wesentlichen zylindrische Form aufzuweisen, und weist einen durch einen zentralen Abschnitt des Rotorkerns **11** geformte Durchgangsöffnung **14** auf. Ein Einpassen der Drehwelle **2** in die Durchgangsöffnung **14** führt dazu, dass der Rotorkern **11** an die Drehwelle **2** montiert wird.

[0163] Es sei bemerkt, dass die elektromagnetischen Stahlbleche, die den Rotorkern **11** bilden, miteinander in ihrer axialen Richtung unter Verwendung von Befestigungseinrichtungen wie Kaltverformung oder Schweißen fixiert sind.

[0164] Wie es in **Fig. 3** veranschaulicht ist, weist der Rotorkern **11** eine d-Achse und eine q-Achse auf, und befindet sich die Befestigungseinrichtung vorzugsweise auf einem q-Achsen-Magnetpfad des Rotorkerns **11**. Der Rotorkern **11** kann an die Drehwelle **2** unter Verwendung von Klebemitteln, unter Verwendung konkavkonvexen Strukturen wie Nutenkeil- und Keilnuten-Strukturen oder Kerbverzahnungsstrukturen an dem Rotorkern und der Drehwelle oder Presspassung befestigt sein. Es sei bemerkt, dass die d-Achse eine zentrale Achse einer magnetomotorischen Kraft, d.h. einen Magnetfluss repräsentiert, und die q-Achse eine Achse repräsentiert, die magnetisch senkrecht zu der d-Achse ist. Anders ausgedrückt weist die q-Achse üblicherweise keine magnetischen Polaritäten, d.h. Nord- und Südpolaritäten auf.

[0165] Die innere Umlaufsoberfläche der Durchgangsöffnung **14** weist geformte konvexe Abschnitte **14a** auf, die sich jeweils auf der entsprechenden d-Achse befinden, wobei jeder konvexe Abschnitt **14a** nach innen in der entsprechenden radialen Richtung vorspringt, um an die äußere Umlaufsoberfläche der Drehwelle **2** anzustoßen. Jeder konvexe Abschnitt **14a** kann eine beliebige Form aufweisen, wie eine Rechteckform, eine Trapezform oder eine dreieckige Kammform aufweisen. Das heißt, dass die innere Umlaufsoberfläche **14b** der Durchgangsöffnung **14b** die konvexen Abschnitte **14a** und konkave Abschnitte geformt aufweist, die jeweils zwischen einem entsprechenden benachbarten Paar der konvexen Abschnitte **14a** angeordnet sind, wobei die konvexen Abschnitte **14a** konfiguriert sind, gegen die äußere Umlaufsoberfläche der Drehwelle **2** anzustoßen.

[0166] Es sei bemerkt, dass anstelle des Bereitstellens der konvexen Abschnitte **14a** an der inneren Umlaufsoberfläche der Durchgangsöffnung **14** konvexe Abschnitte für die äußere Umlaufsoberfläche der Drehwelle **2** bereitgestellt werden können.

[0167] Die Magneteinbauöffnungen **12**, wie sechzehn Magneteinbauöffnungen **12** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, wurden durch einen Umfangs-

abschnitt des Rotorkerns **11** in der axialen Richtung davon geformt, wobei der Umfangsabschnitt benachbart zu der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** angeordnet ist, die der inneren Umlaufsoberfläche des Stators **30** zugewandt ist. Die Magneteinbauöffnungen **12** sind mit regelmäßigen Abständen in der Umlaufsrichtung angeordnet.

[0168] Die Magneteinbauöffnungen weisen mehrere Paare von Magneteinbauöffnungen **12** auf, wobei jedes Paar aus zwei Magneteinbauöffnungen **12** besteht. Die zwei Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars weisen im Wesentlichen eine V-Form derart auf, dass ein Abstand zwischen den zwei Magneteinbauöffnungen **12** zu der radialen Außenseite des Rotorkerns **11** hin größer wird. Anders ausgedrückt wird ein Abstand von jeder Magneteinbauöffnung **12** in Bezug auf den Stator **30** zu der d-Achse hin größer. Die Magneteinbauöffnungen **12** von jedem Paar weisen ein symmetrisches Profil in Bezug auf die d-Achse, das heißt die zentrale Magnetpolachse auf. Das erste Ausführungsbeispiel stellt insgesamt acht Paare der Magneteinbauöffnungen **12** in dem Rotorkern **11** bereit, sodass sie regelmäßig in der Umlaufsrichtung angeordnet sind.

[0169] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bildet ein Paar von Magneten **13**, die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut sind, einen Magnetpol. Das heißt, dass die Magnete **13** von acht Paaren mehrere Magnetpole, d.h. acht Pole gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bereitstellen, wobei deren Polaritäten sich abwechselnd in der Umlaufsrichtung ändern. Die Magnete **13** von jedem Paar, das einen Magnetpol bildet, sind derart angeordnet, dass sie symmetrisch in Bezug auf die entsprechende d-Achse sind.

[0170] Nachstehend ist die Form jeder Magneteinbauöffnung **12** ausführlich beschrieben. **Fig. 4** veranschaulicht den Rotorkern **11** mit jedem Paar der Magneteinbauöffnungen **12**, ohne dass der entsprechende Magnet **13** eingebaut ist. In **Fig. 4** ist eine Achse, die sich radial zwischen den Magneteinbauöffnungen **12** eines Paars erstreckt, als die d-Achse definiert, und sind Achsen, die sich an beiden äußeren Seiten der Magneteinbauöffnungen **12** befinden, um sich radial zu erstrecken, und die magnetisch senkrecht zu der d-Achse sind, als die q-Achsen definiert.

[0171] Gemäß **Fig. 4** weist jede Magneteinbauöffnung **12** einen q-Achsen-Seitenabschnitt **12a**, einen d-Achsen-Seitenabschnitt **12b** und einen Zwischenabschnitt **12c** auf. Der q-Achsen-Seitenabschnitt **12a** befindet sich benachbart zu der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** und benachbart zu der entsprechenden q-Achse. Der d-Achsen-Seitenabschnitt **12b** befindet sich näher an der inneren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **12** und der d-Achse, als es der q-Achsen-Seitenabschnitt **12a** ist. Der Zwischenabschnitt **12c** verbindet die q-Achsen und d-Achsen-Seitenabschnitte **12a** und **12b** miteinander.

[0172] Der q-Achsen-Seitenabschnitt **12a** ist angeordnet, sich entlang der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** zu erstrecken, und der d-Achsen-Seitenabschnitt **12b** ist angeordnet, sich entlang der d-Achse zu erstrecken. Der Zwischenabschnitt **12c** ist angeordnet, linear die d-Achsen- und q-Achsen-Öffnungsabschnitte **12a** und **12b** miteinander zu verbinden.

[0173] Die d-Achsen-Seitenabschnitte **12b** eines Paars der Magneteinbauöffnungen **12** sind quer über die d-Achse hinweg benachbart zueinander, wobei eine Zwischenbrücke **15** des Rotorkerns **11** sich zwischen den d-Achsen-Seitenabschnitten **12b** befindet, um sich radial zu erstrecken. Die Zwischenbrücke **15**, die eine enge Breite aufweist, bewirkt eine Magnetflusssättigung auf der d-Achse, um dadurch die Bildung eines Magnetkreises zu unterbinden oder zu blockieren.

[0174] Zusätzlich weist der q-Achsen-Seitenabschnitt **12a** der Magneteinbauöffnung **12** eine radial äußere Wandoberfläche, die sich benachbart zu der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** befindet, was zu einer äußeren Brücke **16** zwischen dem q-Achsen-Seitenabschnitt **12a** und der äußeren Umlaufsoberfläche des Kerns **11** führt.

[0175] Wie es in **Fig. 3** veranschaulicht ist, ist als der Magnet **13** ein Hauptmagnet **21** in dem Zwischenabschnitt **12c** jeder Magneteinbauöffnung **12** angeordnet, und sind Hilfsmagneten **22** und **23** jeweils in den d-Achsen- und q-Achsen-Öffnungsabschnitten **12a** und **12b** angeordnet. Das heißt, dass die Hilfsmagnete **22** und **23** in jeder Magneteinbauöffnung **12** derart eingebaut sind, dass sie jeweils benachbart zu beiden Enden des Hauptmagnete **21** sind.

[0176] Der Hauptmagnet **21** weist eine Rechteckform in dessen Querschnitt senkrecht zu der axialen Richtung des Rotorkerns **11** auf.

[0177] Der Hauptmagnet **21** ist derart angeordnet, dass

(1) eine Ausrichtung leichter Achsen der Magnetisierung, d.h. Leicht-Magnetisierungs-Achsen, die darin geformt sind, oder Magnetisierungsrichtungen, das heißt, innere magnetische Linien, die Magnetpfade bilden, in Bezug auf die d-Achse geneigt ist,

(2) die Ausrichtung der leichten Achse der Magnetisierung sich mit der d-Achse an dem Stator-Seitenabschnitt des Rotorkerns **11** in Bezug auf die Magneteinbauöffnung **12** schneidet.

Der Hauptmagnet **21** dient
als erstes Magnetelement.

[0178] Die Hilfsmagnete **22** und **23** sind derart angeordnet, dass sie jeweils an die d-Achsen- und q-Achsen-Seitenenden des Hauptmagneten **21** anstoßen oder benachbart dazu sind. Die d-Achsen- und q-Achsen-Seitenenden des Hauptmagneten **21** repräsentieren Enden des Hauptmagneten **21** in einer Richtung, die sich mit den magnetischen Ausrichtungen des Hauptmagneten **21** schneiden. Jeder der Hilfsmagnete **22** und **23** weist die leichte Achse der Magnetisierung darin auf; wobei die leichten Achsen der Magnetisierung derart definiert sind, dass sie eine Ausrichtung aufweisen, die sich mit den leichten Achsen der Magnetisierung des Hauptmagneten **21** schneiden. Beispielsweise können Seltene-Erden-Magnete wie gesinterte Neodym-Magnete für die Haupt- und Hilfsmagnete **21**, **22** und **23** verwendet werden.

[0179] Diese Magnete **21** bis **23** sind vorzugsweise derart angeordnet, dass sie jeweils an die jeweiligen inneren Wandoberflächen der Magneteinbauöffnung **12** anstoßen, jedoch können diese Magnete **21** bis **23** derart angeordnet sein, dass sie den jeweiligen inneren Wandoberflächen der Magneteinbauöffnung **12** mit vorbestimmten sehr kleinen Freiräumen unter Berücksichtigung der Differenz im linearen Expansionskoeffizienten zwischen den Magneten **21** bis **23** und dem Rotorkern **11** zugewandt sind. Beispielsweise kann ein Harzmaterial oder ein Klebemittel in jedem der Freiräume zwischen den Magneten **21** bis **23** und den jeweiligen entsprechenden inneren Wandoberflächen der Magneteinbauöffnung **12** gefüllt werden, um dadurch die Magnete **21** bis **23** zu fixieren. Das Fixieren der Magnete **21** bis **23** unter Verwendung eines Harzmaterials oder eines Klebemittels reduziert Geräusche aufgrund von Vibrationen und reduziert Ungleichgewichte zwischen den Phasen von elektrischem Strömen, die dem Stator **30** in Bezug auf den Rotor **10** zugeführt werden.

[0180] Die Hauptmagnete **21** weisen die höchste Größe aller Magnete **21** bis **23** auf, und jedes Paar der Hauptmagnete **21** ist für die Polarität des entsprechenden Pols vorgesehen. Jeder der Hauptmagnete **21** weist eine Rechteckform in dessen seitlichem Querschnitt auf.

[0181] Wie es vorstehend beschrieben worden ist, weisen die Hauptmagnete **21** eines Paars, die einen entsprechenden Pol bilden, jeweils die leichten Achsen der Magnetisierung auf. Während der Hauptmagnet **21** in die Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, sind die leichten Achsen der Magnetisierung zu der d-Achse hin gerichtet, während sie in Bezug auf die d-Achse geneigt sind. In **Fig. 1** sind N-Magnetpole veranschaulicht, und sind magnetische Ausrichtungen in jedem der Magnete **21** eines Paars derart gerichtet, dass sie nahe an der d-Achse sind und zu der äußeren Umlaufsseite des Rotorkerns **11** hin gerichtet sind.

[0182] Der Hauptmagnet **21** weist einen höheren Wert des Ausrichtungsverhältnisses für jede der Seiten auf, die jeweils die langen Seiten des seitlichen Querschnitts davon bilden. Die Ausrichtung des Hauptmagneten **21** ist derart bestimmt, dass sie senkrecht zu den langen Seiten ist. Es sei bemerkt, dass, wenn der Hauptmagnet **21** eine magnetisch ausgefluchtete Komponente aufweist, die derart gerichtet ist, dass sie senkrecht zu der langen Seite ist, der Hauptmagnet **21** eine Funktion der Ausgabe eines Magnetflusses in der Richtung, die senkrecht zu den langen Seiten ist, aufweisen kann.

[0183] Die Hilfsmagnete **22** und **23** sind in den jeweiligen Räumen der Magneteinbauöffnung **12** eingebaut, in denen der Hauptmagnet **21** nicht angeordnet ist, so dass sie jeweils benachbart zu den Endoberflächen des Hauptmagneten **21** in dessen Längsrichtung sind. Die magnetischen Ausrichtungen jeder der Hilfsmagneten **22** und **23** unterscheiden sich von denjenigen des Hauptmagneten **21**. Insbesondere sind die Magnetisierungsrichtungen oder ausgefluchtete Ausrichtungen von jedem der Hilfsmagnete **22** und **23** derart definiert, dass sie sich mit den Endoberflächen des Hauptmagneten **21** in dessen Längsrichtung schneiden.

[0184] In der in **Fig. 1** veranschaulichten Struktur sind die leichten Achsen der Magnetisierung von jedem der Hilfsmagneten **22** und **23** derart definiert, dass sie zu den Endoberflächen des Hauptmagneten **21** ausgerichtet sind, so dass Magnetisierungsausrichtungen ebenfalls entlang den jeweiligen leichten Achsen der Magnetisierung definiert sind.

[0185] Ein Winkel, der zwischen der Ausrichtung der leichten Achsen der Magnetisierung des Hauptmagneten **21** an dem q-Achsen-Seitenende und der Ausrichtung der leichten Achsen der Magnetisierung des Hilfsmagneten **22** geformt ist, ist auf einen spitzen Winkel eingestellt, der kleiner als 90 Grad ist. Anders ausgedrückt ist ein Winkel zwischen der Fahrtrichtung der Magnetpfade des Hauptmagneten **21** und der Fahrtrichtung der Magnetpfade des Hilfsmagneten **22** auf einen spitzen Winkel eingestellt, der kleiner als 90 Grad ist.

[0186] Gleichermaßen ist ein Winkel, der zwischen der Ausrichtung der leichten Achse der Magnetisierung des Hauptmagneten **21** an dem d-Achsen-Seitenende und der Ausrichtung der leichten Achsen der Magnetisierung des Hilfsmagneten **23** geformt ist, auf einen spitzen Winkel eingestellt, der kleiner als 90 Grad ist. Anders ausgedrückt ist ein Winkel zwischen der Fahrtrichtung der Magnetpfade des Hauptmagneten **21** und der Fahrtrichtung der Magnetpfade

des Hilfsmagneten **23** auf einen spitzen Winkel eingestellt, der kleiner als 90 Grad ist.

[0187] Das erste Ausführungsbeispiel ist derart konfiguriert, dass die Hilfsmagnete **22** und **23** derart vorgesehen sind, dass sie jeweils benachbart zu den jeweiligen Enden des Hauptmagneten **21** in dessen Längsrichtung sind. Diese Konfiguration ermöglicht ein Positionieren des Hauptmagneten **21**, während der Hauptmagnet **21** durch die Hilfsmagneten **22** und **23** gestützt wird. Diese Konfiguration beseitigt daher ein Formen von Positionsvorsprüngen an Wänden des Rotorkerns **11**, die die Magneteinbauöffnungen **12** umgeben, um den Hauptmagneten **21** zu fixieren. Dies ermöglicht es, die Notwendigkeit zu beseitigen, den Rotorkerns **11** und den Hauptmagneten **21** unter Berücksichtigung der Differenz des linearen Expansionskoeffizienten zwischen den Positioniervorsprüngen des Rotorkerns **11** und des Hauptmagneten **21** zu entwerfen.

[0188] Wie es vorstehend beschrieben worden ist, ist die radial äußere Wandoberfläche des q-Achsen-Seitenabschnitts **12a** der Magneteinbauöffnung **12** derart angeordnet, dass sie benachbart zu der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** ist, was zu der äußeren Brücke **16** zwischen dem q-Achsen-Seitenabschnitt **12a** und der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** führt. Die äußere Brücke **16**, die eine enge Breite aufweist, verhindert einen Selbstkurzschluss des Magnetflusses des Hilfsmagneten **22** in der Nähe der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11**.

[0189] Dass zur Bildung des in der Magneteinbauöffnung **12** angeordneten Magneten **13** zusätzlich zu dem Hauptmagneten **21** die Hilfsmagnete **22** und **23** verwendet werden, führt zu einer Verbesserung des Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens an den jeweiligen beiden Enden, d.h. an den q-Achsen- und q-Achsen-Seitenenden des Hauptmagneten **21** in dessen Längsrichtung. Das heißt, dass die Hilfsmagnete **22** und **23** die Magnetpfade in der Magneteinbauöffnung **12** erweitern (erstrecken), um dadurch die magnetische Permeanz der magnetischen Anordnung **13** zu erhöhen, wodurch es ermöglicht wird, die Widerstandsfähigkeit der magnetischen Anordnung **13** gegenüber einem entgegengesetzten Magnetfeld wie einem Entmagnetisierungsfeld zu stärken. Dies ist nachstehend ausführlich beschrieben.

[0190] Insbesondere sind nachstehend Merkmale des Rotors **10** beschrieben, wobei ein Rotor mit Magneten, die derart angeordnet sind, dass sie eine V-Form aufweisen, die in den **Fig. 5** und **Fig. 6** veranschaulicht sind, als ein Vergleichsbeispiel beschrieben wird.

[0191] In dem in **Fig. 5** und **Fig. 6** veranschaulichten Rotor sind rechteckige Magneteinbauöffnungen **202** in einem Rotorkern **201** derart geformt, dass sie symmetrisch in Bezug auf die d-Achse sind, wobei die Magneteinbauöffnungen **202** derart angeordnet sind, dass sie eine V-Form aufweisen. Ein Paar von Permanentmagneten **203** sind jeweils in den Magneteinbauöffnungen **202** eingebaut, während die leichten Achsen der Magnetisierung von jedem der Permanentmagneten **203** in Bezug auf die d-Achse geneigt sind.

[0192] **Fig. 5(a)** und **Fig. 5(b)** veranschaulichen jeweils, dass Speisungsleiter **204** der Statorwicklungen bewirken, dass der Stator ein rotierendes Magnetfeld erzeugt, das als ein Entmagnetisierungsfeld dient.

[0193] Insbesondere veranschaulicht **Fig. 5(a)** einen ersten Speisungszustand, in dem der Leiter **204**, der sich auf der q-Achse befindet, gespeist wird, und veranschaulicht **Fig. 5(b)** einen zweiten Speisungszustand, in dem der Leiter **204**, der sich auf der d-Achse befindet, gespeist wird. In jedem der ersten und zweiten Speisungszustände wirkt das entsprechende rotierende Magnetfeld, das durch den Stator erzeugt wird, auf den Rotor als ein Entmagnetisierungsfeld ein. In dem Vergleichsbeispiel kann das Entmagnetisierungsfeld eine Ecke **P1** auf einem q-Achsen-Seitenende von jedem der Permanentmagneten **203** entmagnetisieren.

[0194] Um einem derartigen Punkt zu begegnen, weist der Hilfsmagnet **22**, der derart vorgesehen ist, dass er benachbart zu dem q-Achsen-Seitendende des Hauptmagneten **21** ist oder daran anstößt, die folgenden Funktionen auf.

[0195] Wie es in **Fig. 3** veranschaulicht ist, ist der Hilfsmagnet **22** derart konfiguriert, dass die leichten Achsen der Magnetisierung davon derart ausgerichtet sind, dass sie näher an dem rechten Winkel zu der q-Achse als diejenigen des Hauptmagneten **21** sind, wobei somit der Magnetfluss des q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** durch den Magnetfluss des Hilfsmagneten **22** gestärkt wird. Dies bewirkt daher ein Anlegen des Magnetflusses von dem Hilfsmagneten **22** an das q-Seitenende des Hauptmagneten **21**, wobei der angelegte Magnetfluss gegen den Entmagnetisierungsfluss aus dem Stator **30** wirkt. Dies führt zu einer Verbesserung des Widerstands des Rotors um die q-Achse gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld.

[0196] Der Hilfsmagnet **22** ist derart vorgesehen, dass er der Oberfläche des q-Achsen-Seitendendes des Hauptmagneten **21** zugewandt ist. Dies erhöht die Länge eines Sollmagnetpfads in dem Hilfsmagneten **22**, der durch eine naheseitige Ecke **P1** des Hauptmagneten **21** zu dem Stator **30** verläuft, der aus Magnetpfaden in dem Hilfsmagneten **22** extrahiert

ist, die zu der Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** ausgerichtet sind, so dass er länger als die Länge der Magnetpfade in dem Hilfsmagneten **22** ist, die durch die anderen Punkte des Hauptmagneten **21** verlaufen.

[0197] Diese Konfiguration reduziert effizient eine Entmagnetisierung der Ecke **P1** des q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21**, wobei die Ecke **P1** die höchste Wahrscheinlichkeit einer Entmagnetisierung an allen Punkten des q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** aufweist. Es sei bemerkt, dass die Länge des Magnetpfades in den Hilfsmagneten **22**, der durch irgendeinen Punkt verläuft, auf eine konstante Länge eingestellt werden kann.

[0198] Gemäß **Fig. 6** sind die leichten Achsen der Magnetisierung von jedem Permanentmagneten **203** in Bezug auf die d-Achse geneigt, und schneidet sich eine Erstreckungsrichtung von jeder leichten Achse der Magnetisierung mit der d-Achse. Diese Konfiguration kann für den Nordpol bewirken, dass der aus dem rechten und linken Permanentmagneten **203** ausgegebene Magnetfluss zu der d-Achse hin ausgerichtet ist, so dass die Magnetflüsse einander stören (interferieren). Dies kann zu einer Entmagnetisierung der Permanentmagnete **203** führen.

[0199] Insbesondere weist der aus jedem der rechten und linken Permanentmagnete **203** ausgegebene Magnetfluss Magnetflussvektoren, die senkrecht zu der d-Achse sind, und Magnetflussvektoren auf, die parallel zu der d-Achse sind. Die Magnetflussvektoren, die senkrecht zu der d-Achse sind, stören (interferieren) einander. Dies kann zu einer Entmagnetisierung einer d-Achsen-Seitenecke **P2** jedes Permanentmagneten **203** führen.

[0200] Gegenüber diesen Punkten führt der Hilfsmagnet **23**, der derart angeordnet ist, dass er benachbart zu dem d-Achsen-Seitenende jedes Hauptmagneten **21** ist, die nachfolgenden Funktionen durch. Insbesondere weist, wie es in **Fig. 3** veranschaulicht ist, der Hilfsmagnet **23** die leichten Achsen der Magnetisierung auf, die parallel zu der d-Achse sind, so dass der Magnetfluss des Hilfsmagneten **23** den Magnetfluss des d-Achsen-Seitenendes jedes Magneten **21** stärkt. Das heißt, dass der Magnetfluss des Hilfsmagneten **23** einen entgegengesetzten Magnetfluss der rechten und linken Hauptmagnete **21** unterstützt, um dadurch ein Widerstand des Rotors um die d-Achse gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld zu verbessern.

[0201] Zum Bestimmen des Drehmoments der rotierenden elektrischen Maschine **1** wird durch Multiplizieren der effektiven Flussdichte eines Magneten mit der Oberflächenfläche des Magneten die Magnetkraft des Magneten berechnet. Eine Magnetkraft des Magneten, der in der Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, hängt von einem Neigungswinkel der Magnetkraft des Magneten in Bezug auf die d-Achse ab. Aus diesem Grund ist, je kleiner ein Winkel der V-förmigen Magneteinbauöffnung **12** ist, d.h. je kleiner der Neigungswinkel der Längsrichtung des Hauptmagneten **21** in Bezug auf die d-Achse ist, die Wirkung des Hilfsmagneten **23** umso größer.

[0202] Der Hilfsmagnet **23** ist derart angeordnet, dass er der Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** zugewandt ist. Die Länge zumindest eines Magnetpfades, der durch die Ecke **P2** verläuft, die näher an dem Stator **30** ist, unter den Magnetpfaden, die zu der Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** gerichtet sind, ist länger als die Längen der anderen Magnetpfade. Dies reduziert effizient eine Entmagnetisierung der Ecke **P2**, die die höchste Wahrscheinlichkeit für eine Entmagnetisierung in dem d-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** aufweist. Es sei bemerkt, dass die Länge des Magnetpfades in dem Hilfsmagneten **23**, der durch irgendeinen Punkt verläuft, auf eine konstante Länge eingestellt werden kann.

[0203] Es sei bemerkt, dass in einer herkömmlichen Technik jede Magneteinbauöffnung **12** Räume aufweist, in denen kein Hauptmagnet eingebaut ist, oder ein nicht-magnetisches Material oder ein Fixierungsklebemittel aufweist, die in jedem der Räume gefüllt sind, so dass die Räume als unbenutzte Räume dienen.

[0204] Im Gegensatz dazu sind die Hilfsmagnete **22** und **23** in den jeweiligen unbenutzten Räumen angeordnet, was es ermöglicht, den Magnetfluss ohne Erhöhung der Größe des Magneten **13** zu verstärken.

[0205] Obwohl es nicht gezeigt ist, sind für den Magneten **13**, der als der Südpol dient, die leichten Achsen der Magnetisierung des Hauptmagneten **21** und der Hilfsmagneten **22** und **23** in den entgegengesetzten Richtungen im Vergleich zu den leichten Achsen der Magnetisierung des Hauptmagneten **21** und der Hilfsmagneten **22** und **23** des Magneten **13** gerichtet, der als Nordpol dient.

[0206] Ein Abschnitt der Magneteinbauöffnung **12**, in dem keine Magnetanordnung **13** angeordnet ist, dient als eine Flussbarriere, die einen Selbstkurzschluss von Magnetfluss in dem Rotor **10** reduziert. In der in **Fig. 3** veranschaulichten Struktur ist eine äußere Flussbarriere **24** in einer äußeren Umfangsregion des q-Achsen-Seitenabschnitts **12a** der Magneteinbauöffnung **12** vorgesehen. Die äußere Flussbarriere **24** reduziert einen Selbstkurzschluss des Magnetflusses an dem äußeren Umfangsabschnitt des Rotorkerns **11**, der benachbart zu der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** ist, die dem Stator **30** zugewandt ist, wobei der äußere Umfangsabschnitt

derart angeordnet ist, dass er nahe an dem Hilfsmagneten **22** ist.

[0207] Zusätzlich reduziert die äußere Flussbarriere **24** eine Entmagnetisierung des Hilfsmagneten **22** aufgrund des Entmagnetisierungsfelds aus dem Stator **30**. Ein Raum in der äußeren Umfangsregion des q-Achsen-Seitenabschnitts **12a** der Magneteinbauöffnung **12**, in dem keine magnetische Anordnung **13** angeordnet ist, kann als die äußere Flussbarriere **24** dienen, oder ein nicht-magnetisches Material, das in dem Raum gefüllt ist, kann als die äußere Flussbarriere **24** dienen.

[0208] In einer Region in dem d-Achsen-Seitenabschnitt **12b** jeder Magneteinbauöffnung **12**, die benachbart zu dem Hilfsmagneten **23** und zu der d-Achse ist, ist eine innere Flussbarriere **25** vorgesehen. Das heißt, dass jeder der d-Achsen-Seitenabschnitte **12b** als ein d-Achsen-Seitenausdehnungsabschnitt dient. In jeder der zweiten Öffnungen **12b** ist der Hilfsmagnet **23** vorgesehen, und die innere Flussbarriere **25** ist derart vorgesehen, dass sie näher an der d-Achse ist, als es der Hilfsmagnet **23** ist.

[0209] Die inneren Flussbarrieren **25** reduzieren Magnetflusskomponenten, die derart ausgerichtet sind, dass sie senkrecht zu der d-Achse aus den Hilfsmagneten **22** und **23** sind, und die auf beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind. Die inneren Flussbarrieren **25** reduzieren ebenfalls eine Induktivität auf der d-Achse, um dadurch Reduktanzdrehmomente effektiv zu erzeugen. Ein Leerraum oder Raum in der Region in dem d-Achsen-Seitenabschnitt **12b** jeder Magneteinbauöffnung **12**, die benachbart zu den Hilfsmagneten **23** und zu der d-Achse ist, kann als die innere Flussbarriere **25** dienen, oder ein nicht-magnetisches Material, dass in dem Raum gefüllt ist, kann als die innere Flussbarriere **25** dienen.

[0210] Eine Entmagnetisierung von jedem der Hilfsmagnete **22** und **23** ist grundsätzlich annehmbar. Dies liegt daran, dass eine Oberfläche des Hauptmagneten **21**, die gegen den Rotorkern **11** anstößt, hauptsächlich zur Abgabe von Magnetfluss in den Magneten **13** dient, und die Hilfsmagnete **22** und **23** zur Verbesserung der magnetischen Permeanz des Magneten **13** dienen. Aus diesem Grund verwendet das erste Ausführungsbeispiel Neodym-Magnete als die jeweiligen Hilfsmagneten **22** und **23**, wobei die Neodym-Magneten eine Zusammensetzung aufweisen mit:

1. einem höheren Wert der Remanenz-Flussdichte Br als den des Hauptmagneten **21**,

2. einem kleineren Wert der Koerzitivkraft iHc als derjenige des Hauptmagneten **21**.

[0211] Eine Kombination unterschiedlicher Arten von Materialien wie Neodym-Magnete und Ferrit-Magnete kann als das Material für jeden der Hilfsmagnete **22** und **23** ausgewählt werden.

[0212] Magnete, die einen kleineren Wert der Koerzitivkraft als Neodym-Magnete aufweisen, weisen Samarium-Magnete, Ferrit-Magnete, FCC-Magnete und Alnico-Magnete in der Reihenfolge einer sich verringernden Koerzitivkraft auf. Das heißt, dass, wenn ein Samarium-Magnet als der Hauptmagnet **21** ausgewählt wird, es möglich ist, ein Ferrit-Magnet als das Material von jedem der Hilfsmagnete **22** und **23** auszuwählen, was die gewünschten Effekte gemäß dem Ausführungsbeispiel ausreichend erhält.

[0213] Es sei bemerkt, dass zur Vermeidung einer Entmagnetisierung eine herkömmliche Technik Magnete verwendet kann, die jeweils konfiguriert sind,

1. einen Abschnitt mit einer größeren Dicke aufzuweisen, wobei dieser Abschnitt einem großen Entmagnetisierungsfeld unterzogen wird,

2. einen höheren Anteil von schweren seltenen-Erden-Elementen zu enthalten, und/oder

3. ein feineres Design aufzuweisen.

[0214] Im Gegensatz dazu ist die rotierende elektrische Maschine **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel konfiguriert, das Entmagnetisierungsfeld im Wesentlichen zu halbieren, was es ermöglicht, die rotierende elektrische Maschine **1** ohne Verwendung von Seltene-Erden-Magneten zu konstruieren. Eine Beseitigung der Verwendung von schweren Seltene-Erden-Elementen, die wertvoll in gegenwärtigen Fahrzeugprodukten sind, ermöglicht eine Erhöhung des Anteils von Neodym-Elementen mit höherer Flussdichte in den Magneten. Dies führt dazu, dass die rotierende elektrische Maschine **1** ein u7m dreißig Prozent höheres Ausgangsdrehmoment als das Ausgangsdrehmoment einer rotierenden elektrischen Maschine gemäß der herkömmlichen Technik aufweist, wobei

1. die Gesamtgröße der Magneten, die durch die Maschine **1** verwendet werden, beibehalten wird, die dieselbe wie diejenige ist, die durch die rotierende elektrische Maschine der herkömmlichen Technik verwendet wird,

2. die Kosten der rotierenden elektrischen Maschine **1** im Vergleich zu den Kosten der rotierenden elektrischen Maschine der herkömmlichen Technik beibehalten oder reduziert werden.

[0215] Das vorstehend beschriebene erste Ausführungsbeispiel erzielt die nachfolgenden hervorragenden Wirkungen.

[0216] Jeder Magnet **13** des Rotors **10** weist den Hilfsmagneten **22** zusätzlich zu dem Hauptmagneten **21** auf, der einen Magnetfluss auf der Grundlage

einer vorbestimmten Polarität erzeugt. Der Hilfsmagnet **22** ist derart vorgesehen, dass er gegen das q-Achsen-Seitenende, d.h. einem Polgrenzenseitenende jedes Hauptmagneten **21** anstößt oder benachbart dazu ist, so dass die leichten Achsen der Magnetisierung in dem Hilfsmagneten **22** sich mit der leichten Achsen der Magnetisierung des entsprechenden Hauptmagneten **21** schneiden.

[0217] Diese Konfiguration ermöglicht ein Stärken eines Magnetflusses des q-Achsen-Seitenendes durch den Hilfsmagneten **22**. Dies führt zu einer Verbesserung des Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens an dem q-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld, wodurch in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung des Hauptmagneten **21**, der als ein Magnet zur Erzeugung des entsprechenden Magnetpols dient, führt.

[0218] Der Hilfsmagnet **23** ist derart vorgesehen, dass er an das d-Achsen-Seitenende jedes Hauptmagneten **21** anstößt oder benachbart dazu ist, so dass die leichten Achsen der Magnetisierung in dem Hilfsmagneten **23** sich mit den leichten Achsen der Magnetisierung des entsprechenden Hauptmagneten **21** schneiden.

[0219] Diese Konfiguration ermöglicht ein Stärken des Magnetflusses des d-Achsen-Seitenendes durch den Hilfsmagneten **23**. Dies führt zu einer Verbesserung des Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens gegenüber gegenseitigen Flussinterferenzen in der Nähe der d-Achse, wobei somit in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung des Hauptmagneten **21** reduziert wird.

[0220] Es gibt eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Entmagnetisierung an der Ecke **P1** der Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21**, wobei die Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes der q-Achse zugewandt ist. Die Ecke **P1** ist näher an dem Stator **30** als die entgegengesetzte Ecke der Endoberfläche des q-Achsen-Seitenendes. In dieser Hinsicht ist der Hilfsmagnet **22** derart vorgesehen, dass er der Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes zugewandt ist. Dies erhöht die Länge eines Sollmagnetpfads in dem Hilfsmagneten **22**, der durch die Ecke **P1** des Hauptmagneten **21** verläuft, so dass er länger ist als die Längen der Magnetpfade in dem Hilfsmagneten **22**, die durch die anderen Punkte des Hauptmagneten **21** verlaufen. Das heißt, dass diese Konfiguration die Ecke **P1** als einen Magnetflussstärkungspunkt auswählt, und bewirkt, dass der Hilfsmagnet **22** den Magnetflussstärkungspunkt verstärkt. Diese Konfiguration reduziert effizient eine Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes des Statormagneten **21**.

[0221] Es kann ebenfalls eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Entmagnetisierung an der Ecke **P2** der Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** vorhanden sein; wobei die Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes der d-Achse zugewandt ist. Die Ecke **P2** ist näher an dem Stator **30** als die entgegengesetzte Ecke der Endoberfläche des d-Achsen-Seitenendes. In dieser Hinsicht ist der Hilfsmagnet **23** derart vorgesehen, dass er der Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes zugewandt ist. Dies erhöht die Länge eines Sollmagnetpfades in dem Hilfsmagneten **23**, der durch die Ecke **P2** des Hauptmagneten **21** verläuft, so dass er länger als die Längen der Magnetpfade in dem Hilfsmagneten **23**, die durch die anderen Punkte des Hauptmagneten **21** verlaufen, ist. Das heißt, dass diese Konfiguration die Ecke **P2** als einen Magnetflussstärkungspunkt auswählt und bewirkt, dass der Hilfsmagnet **23** den Magnetflussstärkungspunkt verstärkt. Diese Konfiguration reduziert effizient eine Entmagnetisierung des d-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21**.

[0222] Der Hilfsmagnet **23** und die innere Flussbarriere **25** sind in der zweiten Öffnung **12b**, d.h. in dem d-Achsen-Seitenerweiterungsabschnitt in jeder Magneteinbauöffnung **12** vorgesehen. Diese Konfiguration erzielt die vorstehend beschriebenen Wirkungen, während die Menge von Magnetmaterial in dem Hilfsmagneten **23** auf dem d-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** reduziert wird, was zu einer Reduktion der Kosten des Rotors **10** führt.

[0223] Jeder der Hilfsmagnete **22** und **23** kann einen kleineren Wert der Koerzitivkraft iHc als der Hauptmagnet **21** aufweisen. Diese Konfiguration ermöglicht es, den Hauptmagneten **21** magnetisch zu stärken, während ein kostengünstiger Magnet für jeden der Hilfsmagneten **22** und **23** verwendet wird.

[0224] Es sei bemerkt, dass jeder Hauptmagnet **21** einen kleineren Wert der Koerzitivkraft iHc als jeder der Hilfsmagnete **22** und **23** aufweisen kann. Diese Konfiguration ermöglicht es, einen kostengünstigen Magneten für jeden Hauptmagneten **21** zu verwenden, wodurch die Kosten der Magneten des Rotors **10** reduziert werden. Diese Konfiguration reduziert effizient die Kosten des Rotors **10**, da der Magnetfluss im Wesentlichen durch die Gesamtoberflächen-Fläche alle Hauptmagneten **21** bestimmt ist.

[0225] Die Konfiguration, bei der jeder der Hilfsmagneten **22** und **23** einen kleineren Wert der Koerzitivkraft iHc als der Hauptmagnet **21** aufweist, erhöht die Widerstandsfähigkeit der magnetischen Anordnung **13** gegenüber einer Entmagnetisierung. Diese Konfiguration des Rotors **10** kann daher vorzugsweise verwendet werden, wenn der Rotor **10** einem starken Entmagnetisierungsfeld von dem Stator **30** unterzogen wird.

[0226] Die Hilfsmagnete **22** und **23**, die sich jeweils an beiden Enden des Hauptmagneten **21** befinden, können unterschiedliche Werte der Koerzitivkraft iHc aufweisen. Dies ermöglicht es, selbst wenn das erste Ausmaß des Einflusses von einem Entmagnetisierungsfeld an dem d-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** sich von einem zweiten Ausmaß des Einflusses von einem Entmagnetisierungsfeld an dem q-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** unterscheidet, in geeigneter Weise Werte der Koerzitivkraft iHc für die jeweiligen Hilfsmagneten **22** und **23** entsprechend den ersten und zweiten Ausmaßen des Einflusses von dem Entmagnetisierungsfeld an den jeweiligen d-Achsen- und q-Achsen-Seitenenden des Hauptmagneten **21** einzustellen.

[0227] Die innere Umlaufsoberfläche der Durchgangsöffnung **14** weist die konvexen Abschnitte **14a** geformt auf, die sich jeweils auf der entsprechenden d-Achse befinden, wobei jeder konvexe Abschnitt **14a** nach innen in die entsprechende radiale Richtung vorspringt, um an die äußere Umlaufsoberfläche der Drehwelle **40** anzustoßen.

[0228] Während der Rotorkern **11** mit der Drehwelle **40** zusammengebaut wird, wird jede magnetische Anordnung **13** einer entsprechenden Spannung von der inneren Umlaufsoberfläche der Durchgangsöffnung **14** des Rotorkerns **11** radial nach außen ausgesetzt. Dies reduziert die Menge einer Abweichung jeder magnetischen Anordnung **13** von deren festgelegter Position, was es ermöglicht, einen Nachteil wie eine unbeabsichtigte Änderung der magnetischen Charakteristiken der entsprechenden magnetischen Anordnung **13** zu reduzieren.

[0229] Nachstehend sind Modifikationen des Rotors **10** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei zumindest ein Teil des Rotors **10** in jeder Modifikation modifiziert ist. Nachstehend sind hauptsächlich die unterschiedlichen Punkte zwischen der Struktur des Rotors **10** gemäß jeder Modifikation und der Struktur des in **Fig. 1** veranschaulichten Rotors **10** beschrieben. Es sei bemerkt, dass in den nachfolgenden Figuren andere Komponenten außer den Rotoren **10** der jeweiligen Modifikationen in der Darstellung weggelassen sind. In jeder Modifikation ist der entsprechende Rotor **10** in der radial inneren Seite des Stators **30** angeordnet, um dem Rotor **30** zugewandt zu sein.

Erste Modifikation

[0230] Der Rotor **10** gemäß der ersten Modifikation, die in **Fig. 7** veranschaulicht ist, weist den Hilfsmagneten **22** auf, der lediglich an dem q-Achsen-Seitenende von jedem Hauptmagneten **21** angeordnet ist, ohne dass der Hilfsmagnet **23** verwendet wird. Beispielsweise ist es möglich, wenn die Hauptmagneten **21** jedes Paars relativ kleine Magnetkräfte aufweisen, die sich gegenseitig entmagnetisieren, die d-Achsen-seitigen Hilfsmagnete **23** wegzulassen.

Zweite Modifikation

[0231] In dem Rotor **10** gemäß der zweiten Modifikation, der in **Fig. 8** veranschaulicht ist, befindet sich jede Magneteinbauöffnung **12** quer über die entsprechende d-Achse, die die Mitte des entsprechenden Magnetpols ist, und ist derart angeordnet, dass sie senkrecht zu der entsprechenden d-Achse ist.

[0232] Jeder der Hauptmagneten **21**, der eine Rechteckform in dessen seitlichem Querschnitt aufweist, ist in der entsprechenden Magneteinbauöffnung **12** eingebaut. Die Magneteinbauöffnung **12** weist q-Achsen-Seitenenden auf, und jedes der q-Achsen-Seitenenden ist derart gebogen, dass es sich zu der Mitte des Rotorkerns **11** hin erstreckt. In jedem der q-Achsen-Seitenenden ist der entsprechende Hilfsmagnet **22** eingebaut. Das heißt, wie in dem Fall mit dem in **Fig. 7** veranschaulichten Rotor **10** sind die Hilfsmagneten **22** derart vorgesehen, dass sie benachbart zu den jeweiligen q-Achsen-Seitenenden des Hauptmagneten **21** sind.

Dritte Modifikation

[0233] Der Rotor **10** gemäß der dritten Modifikation, der in **Fig. 9** veranschaulicht ist, weist den Hilfsmagneten **23**, der lediglich an dem q-Achsen-Seitenende von jedem Hauptmagneten **21** angeordnet ist, ohne Verwendung des Hilfsmagneten **22** auf. Wenn beispielsweise das Entmagnetisierungsfeld von dem Stator **30** relativ klein ist, ist es möglich, die q-Achsenseitigen Hilfsmagneten **22** wegzulassen.

Vierte Modifikation

[0234] Der Rotor **10** gemäß der vierten Modifikation, der in **Fig. 10** veranschaulicht ist, ist derart konfiguriert, dass die d-Achsen-Seitenabschnitte **12b** der jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars miteinander zusammengesetzt sind. Dies führt zu integrierten Magneteinbauöffnungen **12**, die durchgehend auf der d-Achse in der Umlaufsrichtung des Rotors **10** angeordnet sind.

[0235] Ein Hilfsmagnet **41** ist in der integrierten Kombination der d-Achsen-Seitenabschnitte **12b** der integrierten Kombination der Magneteinbauöffnungen **12** vorgesehen. Der Hilfsmagnet **41** ist zwischen dem Paar der rechten und linken Hauptmagnete **21** angeordnet, die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** der integrierten Kombination eingebaut sind.

[0236] Der Hilfsmagnet **41** ist derart angeordnet, dass er an die zweiten Enden **12b** der jeweiligen Hauptmagneten **21** anstößt oder benachbart dazu ist,

und die magnetischen Ausrichtungen des Hilfsmagneten **41** parallel zu der d-Achse sind.

[0237] Der Rotor **10** gemäß der vierten Modifikation verstärkt den Magnetfluss des d-Achsen-Seitenendes von jedem der Hauptmagneten **21**. Das heißt, wie der beispielsweise in **Fig. 1** veranschaulichte Hilfsmagnet **23**, unterstützt der Magnetfluss des Hilfsmagneten **41** einen entgegengesetzten Magnetfluss der rechten und linken Hauptmagneten **21**, um dadurch die Widerstandsfähigkeit des Rotors um die d-Achse gegen das Entmagnetisierungsfeld zu verbessern.

Fünfte Modifikation

[0238] In dem Rotor **10** gemäß der fünften Modifikation, der in **Fig. 11** veranschaulicht ist, weist jeder Magnet **21** Magnetsegmente **27** und **27b** auf, die erhalten wurden, indem der entsprechende Hauptmagnet **21** in der Längsrichtung, d.h. in der Richtung von der q-Achse zu der d-Achse geteilt wird. Die magnetischen Ausrichtungen des Magnetsegments **27a** unterscheiden sich von den magnetischen Ausrichtungen des Magnetsegments **27b**.

[0239] Jedes der Magnetsegmente **27a** und **27b** weist einen Permanentmagneten auf, der eine im Wesentlichen rechteckige Form in dessen seitlichem Querschnitt aufweist. Das Magnetsegment **27a**, das derart angeordnet ist, dass es näher an der d-Achse als das Magnetsegment **27b** dazu ist, ist derart konfiguriert, dass die magnetischen Ausrichtungen des Magnetsegments **27a** derart gerichtet sind, dass sie näher an einer Richtung parallel zu der q-Achse sind als die magnetischen Ausrichtungen des Magnetsegments **27b** dazu.

[0240] Entsprechend der Konfiguration des Rotors **10** gemäß der fünften Modifikation unterscheiden sich die magnetischen Ausrichtungen des Magnetsegments **27a**, die näher an der entsprechenden q-Achse sind, von denjenigen des Magnetsegments **27b**. Dies führt zu einer Verbesserung des Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens an dem d-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld, wobei somit in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung des Hauptmagneten **21** reduziert wird, der als ein Magnet zur Erzeugung des entsprechenden Magnetpols dient.

[0241] Die Magnetsegmente **27a** und **27b** sind derart angeordnet, dass deren benachbarte Ecken einander zugewandt sind, und die benachbarten Ecken konvex zu dem Stator **30** hin vorspringen.

[0242] Das heißt, dass die Magnetsegmente **27a** und **27b** nicht in einem Einzel-LinienSegment angeordnet sind, sondern angeordnet sind, um jeweils in Zwei-Linien-Segmente gebogen zu werden, so dass die Magnetsegmente **27a** und **27b** konvex zu dem Stator **30** hin vorspringen.

[0243] Dies ermöglicht es, dass der Hauptmagnet **21**, d.h. die Magnetsegmente **27a** und **27b**, näher an der äußern Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** sind. Dies verkleinert den minimalen Abstand zwischen dem Stator **30** und dem Hauptmagneten **21**, wodurch ein Drehmoment der rotierenden elektrischen Maschine **1** erhöht wird. Eine Verkürzung des minimalen Abstands zwischen dem Stator **30** und dem Hauptmagneten **21** kann eine Erhöhung eines Entmagnetisierungsfeldes bewirken. Die Hilfsmagneten **22** und **23** gemäß der fünften Modifikation reduzieren jedoch den Einfluss der Erhöhung des Entmagnetisierungsfeldes.

[0244] Diese Anordnung der Magnetsegmente **27a** und **27b** ermöglicht es, die Fläche einer Region des Rotorkerns **11**, die sich näher an dem Stator **30** befindet, als es jeder Magnet **13**, d.h. jede Magneteinbauöffnung **12** ist, kleiner zu sein, wobei die Region der Summe des Magnetflusseses des Stators **30** und des Magnetflusses des entsprechenden Magneten **13** ausgesetzt ist. Dies reduziert daher in dem Rotor **10** eine Sättigungsregion, in der magnetische Sättigung auf der Grundlage des Magnetflusses des Stators **30** und des Magnetflusses jedes Magneten **13** auftreten kann, wodurch effizienter das Leistungsvermögen von jedem Magneten **13** erhalten (erzielt) wird.

Sechste Modifikation

[0245] In dem Rotor **10** gemäß der sechsten Modifikation, der in **Fig. 12** veranschaulicht ist, weist jeder Magnet **13** den Hauptmagneten **21** und den Hilfsmagneten **22** auf, der derart angeordnet ist, dass er benachbart zu dem q-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21** ist oder daran anstößt. Jeder des Hauptmagneten **21** und des Hilfsmagneten **22** weist eine Rechteckform in dessen lateralem Querschnitt auf.

[0246] Die leichten Achsen der Magnetisierung des Hauptmagneten **21** sind senkrecht zu den entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen **21a** und **21b**, und die magnetischen Ausrichtungen des Hilfsmagneten **22** sind senkrecht zu den entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen **22a** und **22b**. Der Hauptmagnet **21** und der Hilfsmagnet **22** sind in der Magneteinbauöffnung **12** des Rotorkerns **11** derart angeordnet, dass ein Winkel jeder magnetischen Ausrichtung des Hauptmagneten **21** in Bezug auf die d-Achse oder die q-Achse sich von einem Winkel von jeder magnetischen Ausrichtung des Hilfsmagneten **22** in Bezug auf die d-Achse oder die q-Achse unterscheidet.

[0247] Der Hauptmagnet **21** und der Hilfsmagnet **22** sind derart angeordnet, dass sie getrennt voneinander sind. Insbesondere ist der Hilfsmagnet **22** derart angeordnet, dass er einer Oberfläche eines q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** quer über einem Abschnitt des Rotorkerns **11** zugewandt ist. Die magnetischen Ausrichtungen des Hauptmagneten **21** sind parallel oder geneigt zu der d-Achse, und der Winkel von jeder der magnetischen Ausrichtungen des Hilfsmagneten **22** in Bezug auf die d-Achse ist näher an 90 Grad, als es der Winkel von jeder der magnetischen Ausrichtungen des Hauptmagneten **21** in Bezug auf die d-Achse ist.

[0248] Die Ecke **P1** des Hauptmagneten **21**, die ein Flussstärkungspunkt ist, der am nächsten zu dem Stator **30** in allen Punkten des q-Achsen-Seitenendes des Hauptmagneten **21** ist, befindet sich an einer Verlängerung einer entsprechenden magnetischen Ausrichtung des Hilfsmagneten **22**. Der Magnetfluss des Hilfsmagneten **22** stärkt die Ecke **P1** des Hauptmagneten **21**.

[0249] Magnete, von denen jeder eine Rechteckform in dessen seitlichen Querschnitt aufweist und magnetische Ausrichtungen aufweist, die senkrecht zu einem Paar von entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen davon sind, sind im Hinblick auf Herstellung und Kosten am vielseitigsten und überlegensten. Die sechste Modifikation verwendet derartige Magnete jeweils als den Hauptmagneten **21** und den Hilfsmagneten **22**, und ist derart konfiguriert, dass ein Winkel jeder magnetischen Ausrichtung des Hauptmagneten **21** in Bezug auf die d-Achse oder die q-Achse sich von einem Winkel jeder magnetischen Ausrichtung des Hilfsmagneten **22** in Bezug auf die d-Achse oder q-Achse unterscheidet.

[0250] Diese Konfiguration verstärkt effizient das q-Achsen-Seitenende des Hauptmagneten **21**, wohingegen der Rotor **10** eine einfachere Struktur aufweist.

[0251] Es sei bemerkt, dass in der vorstehenden beschriebenen Konfiguration gemäß der sechsten Modifikation Magnete, die dieselben Abmessungen und dieselben Leistungsvermögen aufweisen, wie die Magnete derselben Produktnummer als der jeweilige Hauptmagnet **21** und der Hilfsmagnet **23** verwendet werden können. Dies ermöglicht den Erhalt eines gewünschten Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens. Der Hauptmagnet **21** und der Hilfsmagnet **22** können jedoch jeweils unterschiedliche Abmessungen in deren seitlichen Breite aufweisen, wobei die seitliche Breite des Hauptmagneten **21** und des Hilfsmagneten **22** jeweils senkrecht zu dessen magnetischer Ausrichtung ist. Der Hauptmagnet **21** und der Hilfsmagnet **22** können jeweils unterschiedliche Abmessungen in deren Längslänge aufweisen, wobei die Längsrichtung von dem Hauptmagneten **21** und dem Hilfsmagneten **22** jeweils parallel zu deren magnetischer Ausrichtung ist.

Siebte Modifikation

[0252] Der Rotorkern **11** des Rotors **10** gemäß der siebten Modifikation, der in **Fig. 13(a)** veranschaulicht ist, weist geformte Nuten **42** an dessen äußerer Umlaufsoberfläche auf, die dem Stator **30** zugewandt ist, wobei jede der Nuten **42** sich in der axialen Richtung des Rotorkerns **11** erstreckt. Jede der Nuten **42** ist an der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns derart angeordnet, dass sie radial benachbart zu dem entsprechenden Hilfsmagneten **22** ist. Jeder der Hilfsmagnete **22** und die entsprechende eine der Nuten **42** definieren die entsprechende äußere Brücke **16** dazwischen.

[0253] Der Rotorkern **11** des Rotors **10** gemäß der siebten Modifikation, die in **Fig. 13(b)** veranschaulicht ist, weist geformte Nuten **43** an der äußeren Umlaufsoberfläche davon auf, wobei jede der Nuten **43** sich in der axialen Richtung des Rotorkerns erstreckt. Jede der Nuten **43** ist auf der entsprechenden d-Achse der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** angeordnet. Nuten **43** können an der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** derart geformt sein, dass sie auf den jeweiligen q-Achsen angeordnet sind.

[0254] Es ist wahrscheinlich, dass die äußere Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11**, die dem Stator **30** zugewandt ist, aufgrund des rotierenden Magnetflusses aus dem Stator **30** und des Magnetflusses des Rotors **10** magnetisch gesättigt wird. In dieser Hinsicht ermöglichen die Nuten **42** und/oder **43**, die auf der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** geformt sind, die dem Stator **30** zugewandt ist, und die sich in der axialen Richtung des Rotorkerns **11** erstrecken, eine Justierung der Ausrichtungen der Linien des Magnetflusses in der äußeren umlaufenden Kante des Rotorkerns **11** um den Stator **30**, und ebenfalls eine Justierung der Menge des Magnetflusses in der äußeren umlaufenden Kante des Rotorkerns **11** um den Stator **30**. Dies ermöglicht es daher, ein exzellentes Leistungsvermögen aus jedem Magneten **13** effizient zu erhalten.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0255] Nachstehend ist ein zweites Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich auf einen oder mehrere unterschiedliche Punkte des zweien Ausführungsbeispiels gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel konzentriert wird. Das zweite Ausführungsbeispiel verwendet Magnete mit jeweils leichten Achsen der Magnetisierung, die sich mit zumindest einer von Flusswirkungsoberflächen des entsprechenden Magneten bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden.

[0256] Insbesondere ist die Ausrichtung jeder der leichten Achsen der Magnetisierung des Magneten von einer vorbestimmten ersten Ausrichtung durch eine der entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen auf eine vorbestimmte zweite Ausrichtung durch die äußere der entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen geändert, wobei die erste Ausrichtung sich von der zweiten Ausrichtung unterscheidet.

[0257] **Fig. 14** veranschaulicht schematisch einen Rotor **10** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0258] Gemäß **Fig. 14** weist der Rotorkern **11** ein Paar von Magneteinbauöffnungen **12** für jede d-Achse geformt auf, wobei jede der Magneteinbauöffnungen **22** eine kreisförmige Bogenform, d.h. eine Bogenform aufweist. Wie die beispielsweise in **Fig. 3** veranschaulichte Struktur weisen die zwei Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars im Wesentlichen eine V-Form derart auf, dass ein Abstand zwischen den zwei Magneteinbauöffnungen **12** zu der radial äußeren Seite des Rotorkerns **11** hin größer wird. Die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars weisen ein symmetrisches Profil in Bezug auf die d-Achse, d.h. die zentrale Magnetpolachse auf. Anders ausgedrückt wird ein Abstand jeder Magneteinbauöffnung **12** in Bezug auf den Stator **30** zu der d-Achse hin größer.

[0259] Jede Magneteinbauöffnung **12** ist durch kreisförmig gebogen gekrümmte Oberflächen **52a** und **52b** mit einem regelmäßigen Abstand dazwischen definiert und flachen Verbindungsoberflächen **52c** und **52d**, wobei die Verbindungsoberfläche **52c** beide Enden der kreisförmig gebogen gekrümmten Oberfläche **52a** verbindet und die Verbindungsoberfläche **52b** beide Enden der kreisförmig gebogen gekrümmten Oberfläche **52b** verbindet. Das heißt, dass jede Magneteinbauöffnung **12** durch die kreisförmig gebogen gekrümmten Oberfläche **52a** und **52b** und Verbindungsoberflächen **52c** und **52d** umgeben ist.

[0260] Die Verbindungsoberfläche **52c**, die näher an der q-Achse ist, als es die Verbindungsoberfläche **52d** ist, befindet sich im Wesentlichen parallel zu der q-Achse, und die Verbindungsoberfläche **52d**, die näher an der d-Achse ist, als es die Verbindungsoberfläche **52c** ist, befindet sich im Wesentlichen senkrecht zu der d-Achse.

[0261] In jeder Magneteinbauöffnung **12** ist ein Magnet **51**, der eine Form aufweist, die mit der Form der entsprechenden Magneteinbauöffnung **12** übereinstimmt, eingebaut. Das heißt, dass die Magneten **51**, die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars gefüllt sind, einen Magnetpol bilden.

[0262] Wie es in **Fig. 14** veranschaulicht ist, weist jeder Magnet **51** entgegengesetzte Enden in dessen Längsrichtung auf, und jeder Magnet **51** weist magnetische Ausrichtungen, d.h. Ausrichtungen der inneren magnetischen Linien darin auf (siehe Pfeile).

[0263] Jeder Magnet **51** ist derart angeordnet, dass die magnetischen Ausrichtungen von Ausrichtungen, die nahe an einer q-Achsen-Seitenausrichtung sind, die senkrecht zu der q-Achse ist, auf Ausrichtungen, die nahe an einer d-Achsen-Seitenausrichtung sind, die parallel zu der d-Achse ist, von dem Ende, das näher an der q-Achse ist, zu dem Ende, das näher an der d-Achse ist, geändert werden, wobei jede magnetische Ausrichtung konvex zu einer Gegen-Statorrichtung entgegengesetzt zu dem Stator **30** gekrümmt ist.

[0264] Das heißt, dass jeder Magnetpfad des Magneten **51** eine kreisförmige Bogenform aufweist, die durch den Magneten **51** in dessen lateraler Richtung verläuft, und die Ausrichtung jedes Magnetpfads des Magneten **51** konvex zu der zentralen Achse des Rotorkerns **11** hin gekrümmt ist.

[0265] Der Magnet **51** mit den magnetischen Ausrichtungen, die vorstehend definiert worden sind, stärkt dessen Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld auf der Grundlage des drehenden Magnetfeldes des Stators **30**, wobei somit in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung des Magneten **51** reduziert wird.

[0266] Insbesondere ist der Magnet **51** derart konfiguriert, dass

1. die magnetischen Ausrichtungen des Endes, das näher an der q-Achse ist, die derart ausgerichtet sind, dass sie nahe an der q-Achsen-Seitenausrichtung sind, die senkrecht zu der q-Achse ist, und die magnetischen Ausrichtungen des Endes, das näher an der d-Achse ist, derart ausgerichtet sind, dass sie nahe an der d-Achsen-Seitenausrichtung sind, die parallel zu der d-Achse ist,

2. jede magnetische Ausrichtung konvex zu der Gegen-Statorrichtung entgegengesetzt zu dem Stator **30** gekrümmt ist.

[0267] Diese Konfiguration verlängert jeden der Magnetpfade in den Magneten **51**, um dadurch den Magnetfluss des Magneten **51** zu erhöhen, und erzeugt einen Magnetfluss effizient, der dem Entmagnetisierungsfeld aus dem Stator **30** begegnet.

[0268] Zusätzlich ist jede der magnetischen Ausrichtungen des d-Achsen-Seitenendes des Magneten **51** derart ausgerichtet, dass sie näher an der Richtung parallel zu der d-Achse ist. Dies reduziert eine Entmagnetisierung des Magneten **51** aufgrund gegenseitiger Flussinterferenzen in der Nähe der d-Achse.

[0269] Das q-Achsen-Seitenende des Magneten **51** ist derart angeordnet, dass es radial näher an dem Stator **30** ist, als es das d-Achsen-Seitenende des Magneten **51** ist, und ein Zwischenabschnitt des Magneten **51** zwischen beiden Enden davon ist derart angeordnet, dass er konvex zu dem Stator **30** hin ist. Das heißt, dass die Magneten **51** jedes Paars quer über die entsprechende d-Achse im Wesentlichen eine V-Form aufweisen, und jeder der Magnete **51** des entsprechenden Paars weist eine kreisförmig gebogene Form auf, die konvex zu dem Stator **30**, d.h. die obere Richtung in **Fig. 14**, hin ist. Die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars sind derart geformt, dass sie in Übereinstimmung mit den jeweiligen Magneten **51** des entsprechenden Paars sind.

[0270] Anders ausgedrückt ist die gekrümmte Oberfläche **52a**, die eine wirksame Flussaustrittsoberfläche ist, die näher an dem Stator **30** ist, als es die gekrümmte Oberfläche **52** ist, von jedem Magneten **51** derart geformt, dass sie konvex zu dem Stator **30** von einem Liniensegment vorspringt, das beide Enden der gekrümmten Oberfläche **52a** verbindet.

[0271] Jeder Magnet **51** der vorstehend beschriebenen Konfiguration des Rotors **10** ist angeordnet, näher an der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** zu sein, um den Abstand zwischen dem Stator **30** und dem entsprechenden Magneten **51** zu verkürzen, wodurch Drehmomente der rotierenden elektrischen Maschine **1** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erhöht wird. Obwohl ein Verkürzen des Abstands zwischen dem Stator **30** und dem entsprechenden Magneten **51** ein Entmagnetisierungsfeld als eine Gegenreaktion des kürzeren Abstands erhöhen kann, reduzieren die gekrümmten magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten **51** negative Wirkungen des erhöhten Entmagnetisierungsfeldes.

[0272] Die vorstehende beschriebene Konfiguration des Rotors **10** ermöglicht, dass der Anteil einer Region des Rotorkerns **11**, die sich näher an dem Stator **30** befindet, als es jeder Magnet **51**, d.h. jede Magneteinbauöffnung **12**, ist, kleiner wird, wobei die Region der Summe des Magnetflusses des Stators **30** und des Magnetflusses des entsprechenden Magneten **51** ausgesetzt ist. Dies reduziert daher in dem Rotor **10** eine Sättigungsregion, in der eine magnetische Sättigung aufgrund des Magnetflusses des Stators **30** und des Magnetflusses jedes Magneten **51** auftreten kann, wodurch das Leistungsvermögen von jedem Magneten **51** effizienter erhalten wird.

[0273] Jeder Magnet **51** ist konfiguriert, konvex in einer radialen nach außen gerichteten Richtung zu sein. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass eine Region in dem Rotorkern **11**, die sich radial nach außen gerichtet von den Magneteinbauöffnungen **12** befindet, kleiner wird. Diese Konfiguration reduziert den Spannungskonzentrationsfaktor des Rotors **10** gegenüber Zentrifugalkraft, wodurch die mechanische Festigkeit des Rotors **10** erhöht wird.

[0274] Es sei die Struktur des Rotors **10** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mit der Struktur des Rotors **10** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, die in **Fig. 3** veranschaulicht ist, verglichen, der die Hilfsmagneten **22** und **23** aufweist, die an den jeweiligen Enden des Hauptmagneten **21** angeordnet sind. Als Ergebnis des Vergleichs führt der Magnet **51** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel beide Funktionen der jeweiligen Hilfsmagneten **22** und **23** aus.

[0275] Es sei bemerkt, dass **Fig. 14** das Paar der Magneten **51** veranschaulicht, die die d-Achse bilden, jedoch sind, wenn das Paar der Magneten **51** die q-Achse bilden, die magnetischen Ausrichtungen von jedem Magneten **51** derart ausgerichtet, dass sie entgegengesetzt zu den Ausrichtungen der jeweiligen in **Fig. 14** veranschaulichten magnetischen Ausrichtungen sind.

[0276] Zusätzlich kann jeder in **Fig. 14** veranschaulichte Magnet **51** in mehrere Magnetsegmente unterteilt werden. Das heißt, dass jeder Magnet **51** in mehrere Magnetsegmente in der Längsrichtung des entsprechenden Magneten **51** unterteilt werden kann, und dass die Magnetsegmente derart angeordnet werden können, dass die einander zugewandten Endoberflächen der Magnetsegmente von jedem benachbarten Paar derart angeordnet sind, dass sie einander anstoßen. Gemäß dieser Modifikation sind die unterteilten Magnetsegmente vorzugsweise in jeder Magneteinbauöffnung **12** angeordnet. Diese Anordnung verhindert beispielsweise einen Überstromverlust aufgrund einer Änderung in der Flussverkettung mit den Magneten **51**, während die rotierende elektrische Maschine **1** in Betrieb ist.

[0277] Wie es in **Fig. 13(a)** und **Fig. 13(b)** veranschaulicht ist, kann der Rotorkern **11** des in **Fig. 14** veranschaulichten Rotors **10** geformte Nuten **42** und/oder **43** aufweisen. Diese modifizierte Konfiguration ermöglicht eine Justierung der Ausrichtungen der Linien des Magnetflusses in der Region des Rotorkerns **11**, die benachbart um den Stator **30** ist, und eine Justierung der Menge des Magnetflusses in der Region des Rotorkerns **11**, die benachbart um den Stator **30** ist. Dies ermöglicht es daher, ein hervorragendes Leistungsvermögen von jedem Magneten **51** effizient zu erhalten.

[0278] Nachstehend ist die Herstellung eines gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendeten Magneten **51** beschrieben. **Fig. 15** zeigt eine erläuternde Ansicht, die zur Erläuterung verwendet wird, wie der Magnet **51** unter Verwendung eines ausgerichteten magnetischen Feldes magnetisiert wird.

[0279] Wie es in **Fig. 15** gezeigt ist, weist ein Ausrichtungsgerät **60** eine Magnetfeldspule **61**, einen Ausrichtungskern **62** und eine Form **63** auf, die als eine Magnetproduktionsform dient. Der Ausrichtungskern **62** und die Form **63** sind in der Magnetfeldspule **61** angeordnet.

[0280] Die Magnetfeldspule **61** ist konfiguriert, ein Magnetfeld zu erzeugen, das durch das Innere der Spule **61** gelangt, wenn sie gespeist wird.

[0281] Der Ausrichtungskern **62** dient zum Krümmen des Magnetfeldes, das durch die Magnetfeldspule **61** erzeugt wird, in eine vorbestimmte Richtung. Die Form **63** ist eingerichtet, um zu ermöglichen, dass das gekrümmte Magnetfeld hindurch gelangt.

[0282] Das heißt, dass die Magnetfeldspule **61** lineare Magnetfeldlinien erzeugt, und der Ausrichtungskern **62** ermöglicht, dass die linearen Magnetfeldlinien als gekrümmte Magnetfeldlinien gekrümmt werden. Die Form **63** ist aus einem nichtmagnetischen Material zusammengesetzt, und weist darin geformt eine Gusskammer **63a** auf, die in Übereinstimmung mit der Form des Magneten **51** geformt ist.

[0283] Nachstehend ist ein Verfahren zur Herstellung des Magneten **51** beschrieben.

[0284] Zunächst werden Magnetmaterialien in magnetische Pulver oder ein magnetpulvriges Element pulverisiert, und die magnetischen Pulver werden in die Gussformkammer **63a** der Gussform **63** gefüllt.

[0285] Danach werden die magnetischen Pulver in der Gussform **63** verdichtet, um die vorbestimmte Form, die vorstehend beschrieben worden ist, aufzuweisen. Danach ermöglicht der Ausrichtungskern **62** die Erzeugung gekrümmter Magnetfeldlinien. Die gekrümmten Magnetfeldlinien bewirken, dass die Magnetfeldlinien der verdichteten Magnetpulver in der Gussformkammer **63a** ausgerichtet werden. Das heißt, dass während des Ausrichtungsprozesses die Magnetpulver derart ausgefluchtet werden, dass ihre magnetischen Ausrichtungen ausgerichtet werden, und werden verdichtet, um als Gusskörper fixiert zu werden.

[0286] Danach wird der Gusskörper gesintert und danach magnetisiert. Die vorstehend beschriebene Abfolge von Verarbeitungen führen zu der Herstellung des Magneten **51**.

[0287] Die vorstehend beschriebene Abfolge von Verarbeitungen führt dazu, dass die magnetischen Ausrichtungen des Magneten **51** auf nicht-lineare, d.h. kreisbogenförmige magnetische Ausrichtungen davon geändert werden.

[0288] Dann wird der Magnet **51** in die Magneteinbauöffnung **12** derart eingebaut, dass, wie es in **Fig. 14** veranschaulicht ist, die magnetischen Ausrichtungen von dem q-Achsen-Seitenende zu dem d-Achsen-Seitenende von Ausrichtungen, die nahe an der q-Achsen-Seitenausrichtung sind, die senkrecht zu der q-Achse ist, zu Ausrichtungen geändert werden, die nahe an der d-Achsen-Seitenausrichtung sind, die parallel zu der d-Achse ist, wobei jede magnetische Ausrichtung konvex zu der Gegen-Statorrichtung entgegengesetzt zu dem Stator **30** gekrümmt ist.

[0289] Nachstehend sind Modifikationen des Rotors **10** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei zumindest ein Teil des Rotors **10** in jeder Modifikation modifiziert ist. Nachstehend sind hauptsächlich die unterschiedlichen Punkte zwischen der Struktur des Rotors **10** gemäß jeder Modifikation und der Struktur des in **Fig. 15** veranschaulichten Rotors **10** beschrieben.

Erste Modifikation

[0290] Jeder Magnet **51** des Rotors **10** gemäß der ersten Modifikation, die in **Fig. 16** veranschaulicht ist, weist ein d-Achsen-Seitenende mit einer ersten Oberfläche und ein q-Achsen-Seitenende mit einer zweiten Oberfläche, die einander entgegengesetzt sind, auf, und jede der ersten und zweiten Oberflächen der d- und q-Achsen-Seitenenden ist derart ausgerichtet, dass sie in Übereinstimmung mit den magnetischen Ausrichtungen des Magnetes **51** sind. In der Magneteinbauöffnung **12** ist eine Flussbarriere **53** derart vorgesehen, dass sie sich an der äußeren Seite der zweiten Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes befindet, und ist eine Flussbarriere **54** derart vorgesehen, dass sie sich an der äußeren Seite der ersten Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes befindet.

[0291] Insbesondere ermöglicht ein Abschneiden einer ersten Ecke des q-Achsen-Seitenendes des Magneten **51**, der in **Fig. 14** veranschaulicht ist, die näher an dem Stator **30** als eine entgegengesetzte zweite Ecke ist, ein Formen der Flussbarriere **53** in der Magneteinbauöffnung **12**, die in **Fig. 16** veranschaulicht ist. Gleichermaßen ermöglicht, zum Formen der Flussbarriere **54**, ein Abschneiden einer ersten Ecke des d-Achsen-Seitenendes des Magneten **51**, der in **Fig. 14** veranschaulicht ist, die näher an der d-Achse ist, als es eine gegenüberliegende zweite Ecke ist, ein Formen der Flussbarriere **54** in der Magneteinbauöffnung **12**, die in **Fig. 16** veranschaulicht ist. Es sei bemerkt, dass die Oberfläche von jedem des d-Achsen-Seitenendes und des q-Achsen-Seitenendes des Magneten **51** flach oder gekrümmt sein kann.

[0292] Jede magnetische Ausrichtung des Magneten **51** zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem

d-Achsen-Seitenende gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist derart konfiguriert, dass sie nichtlinear ist. Diese Konfiguration ermöglicht, dass die Länge jedes Magnetpfades, d.h. die Länge einer entsprechend inneren Magnetlinie, länger als die Länge jedes linearen Magnetpfades eines Magneten ist, der senkrecht zu der Längsrichtung des Magneten ist. Relativ kürzere Magnetpfade befinden sich jedoch lokal an jedem Ende des Magneten **51**. Da die Länge von jedem Magnetpfad an jedem Ende des Magneten **51** proportional zu der magnetischen Permeanz an dem entsprechenden Ende des Magneten **51** ist, ist es wünschenswert, eine Reduktion der Länge eines jeden Magnetpfades an jedem Ende des Magneten **51** zu verhindern.

[0293] In dieser Hinsicht ist jede der ersten und zweiten Oberflächen, die sich mit den Flusswirkungsoberflächen schneiden, der d- und q-Achsen-Seitenenden des Magneten **51** derart ausgerichtet, dass sie in Übereinstimmung mit den magnetischen Ausrichtungen des Magneten **51** ist. Dies reduziert kürzere Magnetpfade, die lokal in jedem Ende des Magneten **51** vorhanden sind. Zusätzlich ist jede der Flussbarrieren **53** und **54** derart vorgesehen, dass sie sich an der äußeren Seite der entsprechenden einen der zweiten und ersten Oberflächen der q- und d-Achsen-Seitenenden befindet. Dies reduziert eine Entmagnetisierung an beiden d- und q-Achsen-Seitenenden des Magneten **51**.

[0294] Es sei bemerkt, dass irgendeine beliebige der ersten und zweiten Oberflächen der d- und q-Achsen-Seitenenden derart ausgerichtet sein kann, dass sie in Übereinstimmung mit den magnetischen Ausrichtungen des Magneten **51** ist.

Zweite Modifikation

[0295] In dem Rotor **10** gemäß der zweiten Modifikation, die in **Fig. 17** veranschaulicht ist, erstrecken sich die d-Achsen-Flussbarrieren **54** für jedes Paar der Magneten **51** über die jeweiligen radial inneren Enden der jeweiligen Magnete **51** hinaus zu der Mitte der Drehachse hin entlang der d-Achse. Die Flussbarrieren **54**, die derart angeordnet sind, dass sie einander über die d-Achse hinweg zugewandt sind, stellen einen d-Achsen-Kernabschnitt **55** dazwischen bereit. Das heißt, dass die Magneten **51** jedes Paars in dem Rotorkern **11** quer über den entsprechenden d-Achsen-Kernabschnitten **55** angeordnet sind. Die Flussbarrieren **54** sind derart vorgesehen, dass sie quer über den d-Achsen-Kernabschnitt **55** in dem Rotorkern **11** angeordnet sind, um sich von den Gegen-Statorseitenenden der jeweiligen Magneten **51** zu der Gegen-Statorrichtung hin entgegengesetzt zu dem Stator **30** erstrecken. Jede der Flussbarrieren **54** ist als ein Teil der entsprechenden Magneteinbauöffnungen **12** konfiguriert. Eine Lücke oder ein Raum in einem Teil in jeder Magneteinbauöffnung **12** kann als die entsprechende Flussbarriere **54** dienen, oder ein nicht-magnetisches Material, das in der Lücke oder dem Raum in dem Teil jeder Magneteinbauöffnung **12** gefüllt ist, kann als die entsprechende Flussbarriere **54** dienen. Die Flussbarriere **54** jeder Magneteinbauöffnung **12** dient als ein nicht-magnetisches Element.

[0296] Jeder Magnet **51** weist einen radial innersten Punkt **P11** und einen q-Achsen-Kernabschnitt auf, der sich auf jeder q-Achse befindet, und es ist eine virtuelle Linie **L1**, die den radial innersten Punkt **P11** und eine Drehmitte **P10** des Rotorkerns **11** verbindet, definiert. Dabei springt die Flussbarriere **54** für jeden Magneten **51** über die virtuelle Linie **L1** zu der q-Achsen-Seite vor. Die Länge jeder Flussbarriere **54** in der Umlaufsrichtung des Rotorkerns **11** kann vorzugsweise entsprechend der Größe des q-Achsen-Magnetflusses und der Umlaufsbreite eines q-Achsen-Kernabschnitts **56** bestimmt werden, der sich zwischen jedem Paar von Magneten **51** in der Umlaufsrichtung befindet. Das heißt, dass die Flussbarriere **54** hoch zu einer virtuellen Linie **L2** vorspringen kann, die ein q-Achsen-Seitenende **P12** der Magneteinbauöffnung**12** und die Drehmitte **P10** des Rotorkerns **11** verbindet, oder kann über die virtuelle Linie **L2** hinaus vorspringen, um um eine vorbestimmte Länge näher an der q-Achse zu sein.

[0297] Die vorstehend beschriebene Konfiguration ermöglicht es, dass die Flussbarrieren **54** jedes Paars den magnetischen Widerstand des entsprechenden d-Achsen-Kernabschnitts **55** erhöhen. Dies verhindert daher einen Kurzschluss zwischen dem Paar der Magneten **51**, um dementsprechend die Magnetkraft effizient zu verwenden.

[0298] Der d-Achsen-Kernabschnitt **55** für jedes Paar der Magneten **51** bildet einen dünnen Abschnitt des Rotorkerns **11**, der sich auf der entsprechenden d-Achse befindet, die sich entlang der entsprechenden d-Achse erstreckt. Der d-Achsen-Kernabschnitt **55** für die Magneten **51** jedes Paars stärkt den entsprechenden Kernabschnitt, um dadurch zu verhindern, dass die Magneten **51** aus dem Rotorkern **11** aufgrund einer Zentrifugalkraft herausfallen.

[0299] Es sei bemerkt, dass der d-Achsen-Kernabschnitt **55** für die Magnete **51** jedes Paars als ein Widerstand für einen Magnetkreis dadurch dient. Das heißt, dass eine Erhöhung des d-Achsen-Kernabschnitts in der d-Achse eine Erhöhung des magnetischen Widerstands des d-Achsen-Kernabschnitts **55** ermöglicht. Dies ermöglicht es, dass der Betrag jedes Magnetflussvektors, der zu der d-Achse von jedem der Magneten **51** fließt, kleiner wird. Das heißt, dass der Rotor **10** gemäß der zweiten Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels konfiguriert ist, einer Entmagnetisierung der Magneten **51** zu widerstehen und ein Drehmoment der rotierenden elektri-

schen Maschine **1** gemäß der zweiten Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels zu verbessern.

[0300] Die Flussbarrieren, nicht-magnetische Elemente, **54** für jedes Paar der Magneteinbauöffnungen **12** sind derart vorgesehen, dass sie sich zu der Gegen-Statorseite in dem Rotorkern **11** erstrecken, während der Rotorkern **11** teilweise in einen q-Achsen-näher-Abschnitt und einen d-Achsen-näher-Abschnitt getrennt ist. Dies reduziert gegenseitige Interferenzen von sowohl (i) einem Magnetfluss, der von einem der gepaarten Magneten **51** erzeugt wird, als auch (ii) einem Magnetfluss, der von dem anderen der gepaarten Magneten **51** erzeugt wird, während angemessen der Magnetfluss jeder der gepaarten Magneten **51** gestaltet wird.

[0301] Jede Flussbarriere **54** springt zu der q-Achsen-Seite über die virtuelle Linie **L1** vor, wobei somit das Trägheitsmoment des Rotors **10** auf so klein wie möglich reduziert wird.

Dritte Modifikation

[0302] Der Rotor **10** gemäß der dritten Modifikation, die in **Fig. 18** veranschaulicht ist, weist unterschiedliche Punkte im Vergleich zu dem in **Fig. 14** veranschaulichten Rotor **10** auf, wobei jede der Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars eine Rechteckform in deren seitlichen Querschnitt senkrecht zu der axialen Richtung des Rotorkerns **11** aufweist, und jeder der Magnete **51**, der in der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut ist, ebenfalls eine Rechteckform in dessen lateralem Querschnitt aufweist. Die rechten und linken Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars weisen im Wesentlichen eine V-Form quer über die d-Achse hinweg auf, so dass die rechten und linken Magneten **51** jedes Paars, die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut sind, ebenfalls im Wesentlichen eine V-Form quer über die d-Achse hinweg aufweisen.

[0303] Insbesondere ist jeder der magnetischen Ausrichtungen, die in jedem der Magneten **51** geformt ist, linear von der q-Achsen-Seitenausrichtung an dem q-Achsen-Seitenende zu der d-Achsen-Seitenausrichtung an dem d-Achsen-Seitenende geändert.

Vierte Modifikation

[0304] Der Rotor **10** gemäß der vierten Modifikation, die in **Fig. 19** veranschaulicht ist, weist unterschiedliche Punkte im Vergleich zu dem in **Fig. 14** veranschaulichten Rotor **10** dahingehend auf, dass jede der Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars eine Rechteckform in deren lateralem Querschnitt senkrecht zu der axialen Richtung des Rotorkerns **11** aufweist, und jeder der Magnete **51**, der in der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut ist, ebenfalls eine Rechteckform in dessen lateralem Querschnitt aufweist.

[0305] Die rechten und linken Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars sind derart angeordnet, dass sie in einer Richtung senkrecht zu der d-Achse quer über die d-Achse hinweg ausgefluchtet sind, so dass die rechten und linken Magnete **51** jedes Paars, die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut sind, ebenfalls derart angeordnet sind, das sie in der Richtung senkrecht zu der d-Achse quer über die d-Achse hinweg ausgefluchtet sind.

[0306] Insbesondere wird jede der magnetischen Ausrichtungen, die in jedem der Magneten **51** geformt ist, von der q-Achsen-Seitenausrichtung an dem q-Achsen-Seitenende zu der d-Achsen-Seitenausrichtung an dem d-Achsen-Seitenende geändert.

[0307] Es sei bemerkt, dass die rechten und linken Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars derart angeordnet sind, dass sie in der Richtung senkrecht zu der d-Achse quer über die d-Achse hinweg ausgefluchtet sind, wie es in **Fig. 19** veranschaulicht ist. Anders ausgedrückt ist ein minimaler Trennungsabstand zwischen der d-Achsen-Seitenecke und dem Stator **30** länger als ein minimaler Trennungsabstand zwischen der entsprechenden q-Achsen-Seitenecke und dem Stator **30**.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0308] Nachstehend ist das dritte Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich auf einem oder mehreren unterschiedlichen Punkte des dritten Ausführungsbeispiels gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel konzentriert wird. Wie das zweite Ausführungsbeispiel verwendet das dritte Ausführungsbeispiel Magnete jeweils mit magnetischen Ausrichtungen, wobei die Ausrichtung von jeder der magnetischen Ausrichtungen des Magneten von einer vorbestimmten ersten Ausrichtung durch eine der entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen auf eine vorbestimmte zweite Ausrichtung durch die andere der entgegengesetzten Flusswirkungsoberflächen geändert wird, wobei die erste Ausrichtung sich von der zweiten Ausrichtung unterscheidet.

[0309] **Fig. 20** veranschaulicht schematisch einen Rotor **10** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

[0310] Gemäß **Fig. 20** weist der Rotorkern **11** ein Paar von Magneteinbauöffnungen **12** für jede d-Achse geformt auf, wobei jede der Magneteinbauöffnungen **12** eine kreisbogenförmige Form aufweist, d.h. eine gewölbte Form. Da die Form von jeder der Magneteinbauöffnungen **12**, die in **Fig. 20** veranschaulicht sind, im Wesentlichen identisch zu der Form der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen **12**, die in **Fig. 14** veranschaulicht sind, entfällt die

Beschreibung von jeder der Magneteinbauöffnungen **12**, die in **Fig. 20** veranschaulicht sind.

[0311] In jeder Magneteinbauöffnung **12** ist ein Magnet **71**, der eine Form aufweist, die mit der Form der entsprechenden Magneteinbauöffnung **12** übereinstimmt, eingebaut. Das heißt, dass die Magneten **71**, die in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars eingefüllt sind, einen Magnetpol bilden.

[0312] Wie es in **Fig. 20** veranschaulicht ist, weist jeder Magnet **71** magnetische Ausrichtungen, d.h. Ausrichtungen von magnetischen Linien, darin auf (siehe Pfeile). Jeder Magnet **71** weist entgegengesetzte Enden in dessen Längsrichtung auf.

[0313] Jeder Magnet **71** ist derart angeordnet, dass die magnetischen Ausrichtungen von Ausrichtungen nahe an einer d-Achsen-Seitenausrichtung, die senkrecht zu der d-Achse ist, zu Ausrichtungen nahe einer q-Achsen-Seitenausrichtung, die parallel zu der q-Achse ist, von dem Ende, das näher an der d-Achse ist, bis zu dem Ende, das näher an der q-Achse ist, geändert werden, wobei jede magnetische Ausrichtung konvex zu einer Gegen-Statorrichtung entgegengesetzt zu dem Stator **30** hin gekrümmt ist.

[0314] Das heißt, dass jeder magnetische Pfad des Magneten **71** derart konfiguriert ist, dass die Ausrichtung von jedem Magnetpfad des Magneten **71** konvex zu der zentralen Achse des Rotorkerns **11** hin gekrümmt ist.

[0315] Der Magnet **71** mit den magnetischen Ausrichtungen, die wie vorstehend beschrieben definiert sind, stärkt dessen Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld auf der Grundlage des drehenden Magnetfeldes des Stators **30**, wobei somit in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung des Magneten **71** reduziert wird.

[0316] Insbesondere ist der Magnet **71** derart konfiguriert, dass

1. die magnetischen Ausrichtungen des Endes, das näher an der d-Achse ist, derart gerichtet sind, dass sie nahe an der d-Achsen-Seitenausrichtung sind, die senkrecht zu der d-Achse ist, und die magnetischen Ausrichtungen des Endes, das näher an der q-Achse ist, derart gerichtet sind, dass sie nahe an der q-Achsen-Seitenausrichtung sind, die parallel zu der d-Achse ist,

2. jede magnetische Ausrichtung konvex zu der Gegen-Statorrichtung entgegengesetzt zu dem Stator **30** hin gekrümmt ist.

[0317] Diese Konfiguration verlängert jeden der magnetischen Pfade in dem Magneten **71**, um dadurch den Magnetfluss des Magneten **71** zu erhöhen, und erzeugt effizient einen Magnetfluss, der dem Entmagnetisierungsfeld von dem Stator **30** begegnet.

[0318] Zusätzlich ist jede der magnetischen Ausrichtungen des d-Achsen-Seitenendes des Magneten **71** derart ausgerichtet, dass sie näher an der Richtung ist, die parallel zu der d-Achse ist. Dies reduziert eine Entmagnetisierung des Magneten **71** aufgrund gegenseitiger Flussinterferenzen in der Nähe der d-Achse.

[0319] Das q-Achsen-Seitenende des Magneten **71** ist derart angeordnet, dass es näher an dem Stator **30** ist, als es das d-Achsen-Seitenende des Magneten **71** ist, und ein Zwischenabschnitt des Magneten **71** zwischen beiden Enden davon ist derart angeordnet, dass er konvex zu dem Stator **30** hin ist. Das heißt, dass die Magneten **71** jedes Paars quer über die entsprechende d-Achse im Wesentlichen eine V-Form aufweisen, und jeder der Magnete **71** des entsprechenden Paars eine Kreisbogenform aufweist, die konvex zu dem Stator **30**, d.h. die obere Richtung in **Fig. 20**, ist. Die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars sind derart geformt, dass sie in Übereinstimmung mit dem jeweiligen Magneten **71** des entsprechenden Paars sind.

[0320] Anders ausgedrückt ist die gekrümmte Oberfläche **52a**, die eine wirksame Flussaustrittsoberfläche ist, die näher an dem Stator **30** ist, als es die gekrümmte Oberfläche **52b** ist, jedes Magneten **71** derart geformt, dass sie konvex zu dem Stator **30** von dem Liniensegment vorspringt, das beide Enden der gekrümmten Oberfläche **52a** verbindet.

[0321] Jeder Magnet **71** der vorstehend beschriebenen Konfiguration des Rotors **10** ist angeordnet, nahe an der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** zu sein, um den Abstand zwischen dem Stator **30** und dem entsprechenden Magneten **71** zu verkürzen, wodurch ein Drehmoment der rotieren elektrischen Maschine **1** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erhöht wird. Obwohl die Verkürzung des Abstands zwischen dem Stator **30** und jedem Magneten **71** ein Entmagnetisierungsfeld als eine Gegenreaktion des kürzeren Abstands erhöhen kann, reduzieren die gekrümmten magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten **71** negative Wirkungen des erhöhten Entmagnetisierungsfeldes.

[0322] Die vorstehend beschriebene Konfiguration des Rotors **10** ermöglicht es, dass der Anteil eine Region des Rotorkerns **11**, die sich nähe an dem Stator **30** befindet, als es jeder Magnet **71**, d.h. jede Magneteinbauöffnung **12**, ist, kleiner wird, wobei die Region der Summe des Magnetflusses des Stators **30** und des Magnetflusses des entsprechenden Magneten **71** ausgesetzt wird. Dies reduziert daher in dem Rotor **10** eine Sättigungsregion, in der eine magnetische Sättigung auf der Grundlage des Magnetflusses

des Stators **30** und des Magnetflusses jedes Magneten **71** auftreten kann, wobei somit das Leistungsvermögen von jedem Magneten **71** effizienter erhalten wird.

[0323] Jede Magnet **71** ist konfiguriert, in einer radial nach außen gerichteten Richtung konvex zu sein. Diese Konfiguration ermöglicht, dass eine Region in dem Rotorkern **11**, die sich radial nach außen gerichtet von den Magneteinbauöffnungen **12** befindet, kleiner wird. Diese Konfiguration reduziert den Spannungskonzentrationsfaktor des Rotors **10** gegenüber einer Zentrifugalkraft, wodurch die mechanische Festigkeit des Rotors **10** erhöht wird.

[0324] Es sei bemerkt, dass **Fig. 20** das Paar der Magneten **71** veranschaulicht, die die d-Achse bilden, jedoch sind, wenn das Paar der Magneten **71** die q-Achse bildet, die magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten **71** derart ausgerichtet sind, dass sie entgegengesetzt zu den Ausrichtungen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen sind, die in **Fig. 20** veranschaulicht sind.

[0325] Es ist vorzuziehen, dass eine Magneteinbauöffnung **12** mit einer oder mehreren Flussbarrieren zwischen den Magneten **71** jedes Paars bereitgestellt werden kann, die in **Fig. 20** veranschaulicht sind. Dies reduziert Linien des Magnetflusses, die durch die d-Achse verlaufen.

[0326] Zusätzlich kann jeder in **Fig. 20** veranschaulichte Magnet **71** in mehrere Magnetsegmente unterteilt werden. Das heißt, dass jeder Magnet **71** in mehrere Magnetsegmente in der Längsrichtung des entsprechenden Magneten **71** unterteilt werden kann, und die Magnetsegmente derart angeordnet werden können, dass deren einander zugewandte Endoberflächen der Magnetsegmente jedes benachbarten Paars derart angeordnet sind, dass sie einander anstoßen. In dieser Modifikation sind die unterteilten Magnetsegmente vorzugsweise in jeder Magneteinbauöffnung **12** angeordnet. Diese Anordnung verhindert beispielsweise einen Überstromverlust aufgrund einer Änderung der Flussverkettung mit dem Magneten **71**, während die rotierende elektrische Maschine **1** in Betrieb ist.

[0327] Nachstehend ist die Herstellung eines gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendeten Magneten **71** beschrieben. **Fig. 21** zeigt eine erläuternde Darstellung, die zur Erläuterung verwendet wird, wie der Magnet **71** unter Verwendung eines ausgerichteten Magnetfeldes magnetisiert wird.

[0328] Wie es in **Fig. 21** veranschaulicht ist, weist ein Ausrichtungsgerät **60** eine Magnetfeldspule **61**, einen Ausrichtungskern **62** und eine Gussform **63** auf, die als eine Magnetproduktionsgussform dient. Der Ausrichtungskern **62** und die Gussform **63** sind in der Magnetfeldspule **61** angeordnet. Diese Komponenten **60** bis **63** sind in **Fig. 15** beschrieben worden.

[0329] Nachstehend ist ein Verfahren zur Herstellung des Magneten **71** beschrieben.

[0330] Zunächst werden Magnetmaterialien in Magnetpulver pulverisiert, und die Magnetpulver werden in die Gussformkammer **63a** der Gussform **63** gefüllt. Danach werden die magnetischen Pulver in der Gussform **63** verdichtet, um die vorstehend beschriebene vorbestimmte Form aufzuweisen. Danach ermöglicht der Ausrichtungskern **62** die Erzeugung gekrümmter Magnetfeldlinien. Die gekrümmten Magnetfeldlinien bewirken eine Ausrichtung von magnetischen Feldlinien der verdichteten Magnetpulver in der Gussformkammer **63a**, das heißt, dass während des Ausrichtungsprozesses die magnetischen Pulver derart ausgefluchtet werden, dass ihre magnetischen Ausrichtungen ausgerichtet werden, und verdichtet werden, um als einen Gusskörper fixiert zu werden.

[0331] Danach wird der Gusskörper gesintert und danach magnetisiert. Die vorstehend beschriebene Abfolge von Prozessen führt zur Herstellung des Magneten **71**.

[0332] Die vorstehend beschriebene Abfolge von Prozessen führt dazu, dass die magnetischen Ausrichtungen des Magneten **71** auf nicht-lineare, d.h. kreisbogenförmige magnetische Ausrichtungen geändert werden.

[0333] Dann wird der Magnet **71** in die Magneteinbauöffnung **12** derart eingebaut, dass, wie es in **Fig. 20** veranschaulicht ist, die magnetischen Ausrichtungen von Ausrichtungen nahe an der d-Achsen-Seitenausrichtung, die senkrecht zu der d-Achse ist, zu Ausrichtungen nahe der q-Achsen-Seitenausrichtung, die parallel zu der q-Achse ist, von dem d-Achsen-Seitenende zu dem q-Achsen-Seitenende geändert werden, wobei jede magnetische Ausrichtung konvex zu der Gegen-Statorrichtung entgegengesetzt zu dem Stator **30** hin gekrümmt ist.

Modifikation des Magnetherstellungsverfahren

[0334] Es ist möglich, dass nachfolgende Verfahren als ein Verfahren zur Herstellung eines Magneten zu verwenden, in dem gekrümmte magnetische Ausrichtungen definiert sind.

[0335] Gemäß jeder der **Fig. 22(a)** und **Fig. 22(b)** weist ein Ausrichtungsgerät **80** eine Magnetfeldspule **81**, einen Ausrichtungskern **82** und eine Gussform **83** auf, die als eine Magnetproduktionsgussform dient. Der Ausrichtungskern **82** und die Gussform **83** sind in der Magnetfeldspule **81** angeordnet. Die Struktur des Ausrichtungsgeräts **80** ist im Wesentlichen identisch zu der Struktur des Ausrichtungsgeräts **60** mit der

Ausnahme, dass die Form des Ausrichtungskerns **82** sich von der Form des Ausrichtungskerns **62** unterscheidet.

[0336] Der Ausrichtungskern **82** ist an einer radial zentralen Position der Magnetfeldspule **81** angeordnet. Der Ausrichtungskern **82** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel weist einen kreisförmigen Querschnitt auf, so dass ausgerichtete Magnetfeldlinien auf die Mitte des Ausrichtungskerns **82** fokussiert werden. In den ausgerichteten Magnetfeldlinien erstreckt sich eine Linie **S1** linear zu dem Ausrichtungskern **82** hin, so dass die Linie **S1** als ein Ausrichtungszentrum definiert ist.

[0337] Gemäß **Fig. 22(a)** weist ein gekrümmtes Magnetfeld entgegengesetzte erste und zweite Regionen auf, die durch das Ausrichtungszentrum **S1** aufgeteilt sind. Eine Ausrichtung eines Magneten wird in einer der ersten und zweiten Regionen durchgeführt. In **Fig. 22(b)** wird die Ausrichtung eines Magneten in beiden der ersten und zweiten Regionen quer über das Ausrichtungszentrum **S1** durchgeführt.

[0338] Nachstehend ist ein Verfahren zur Herstellung eines Magneten **Mg** beschrieben.

[0339] Zunächst werden magnetische Pulver in die Gussform **83** gefüllt.

[0340] Danach ermöglicht der Ausrichtungskern **82** eine Krümmung von durch die Magnetfeldspule **81** erzeugten Magnetfeldlinien, und die gekrümmte Magnetfeldlinien bewirken, dass die Magnetfeldlinien der magnetischen Pulver in der Gussform **83** ausgerichtet werden. Danach wird der Gusskörper gesintert und danach magnetisiert.

[0341] Wenn mehreckige Permanentmagnete in einen Rotor eingebaut werden, werden diese mehreckigen Permanentmagnete in einem linearen Magnetfeld angeordnet, während sie jeweils unterschiedliche Winkel in Bezug auf die linearen Magnetfeldlinien aufweisen, so dass eine Ausrichtung von jedem der mehreckigen Permanentmagneten durchgeführt wird.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0342] Nachstehend ist ein viertes Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich auf einen oder mehrere unterschiedlichen Punkte des vierten Ausführungsbeispiels gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel fokussiert wird. Das vierte Ausführungsbeispiel verwendet Magnete jeweils mit magnetischen Ausrichtungen, die sich mit zumindest einer von Flusswirkungsoberflächen des entsprechenden Magneten mit einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden.

[0343] Insbesondere ist die Ausrichtung jeder der magnetischen Ausrichtungen von jedem Magneten in Bezug auf die entsprechende d-Achse bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel geneigt, und jede der magnetischen Ausrichtungen schneidet sich mit den Flusswirkungsoberflächen mit einem nicht-rechtwinkligen Winkel.

[0344] **Fig. 23** veranschaulicht schematisch einen Rotor **10** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel.

[0345] Gemäß **Fig. 23** weist der Rotorkern **11** ein Paar von Magneteinbauöffnungen **12** für jede d-Achse geformt auf, wobei jede der Magneteinbauöffnungen **12** sich senkrecht zu der entsprechenden d-Achse erstreckt. Anders ausgedrückt wird ein Abstand zwischen jeder der Magneteinbauöffnungen **12** und dem Stator **30** zu der radialen Außenseite des Rotorkerns **11** hin größer. Die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars weisen ein symmetrisches Profil in Bezug auf die d-Achse, d.h. die zentrale Magnetpolachse auf. Acht Paare der Magneteinbauöffnungen sind mit regelmäßigen Abständen in der Umlaufsrichtung angeordnet.

[0346] Ein Paar von Magneten **101**, die in jedem Paar der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut sind, bildet einen Magnetpol. Das heißt, dass die Magneten **101** von acht Paaren mehrere Magnetpole, d.h. acht Pole gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel bereitstellen, wobei deren Polaritäten abwechselnd in der Umlaufsrichtung geändert sind. Die Magneten **101** jedes Paars, die einen Magnetpol bilden, sind derart angeordnet, dass sie symmetrisch in Bezug auf die entsprechende d-Achse sind.

[0347] Jeder Magnet weist eine rechteckige Form in dessen lateralem Querschnitt auf. Jeder Magnet **101** weist magnetische Ausrichtungen, d.h. Ausrichtungen von Magnetfeldlinien, die magnetische Pfade sind, des Magneten **101** auf, und die magnetischen Ausrichtungen sind derart ausgerichtet, dass sie in Bezug auf die d-Achse geneigt sind, und jede der magnetischen Ausrichtungen schneidet sich mit den Flusswirkungsoberflächen **101a** und **101b** zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel.

[0348] Insbesondere ist jede der magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten **101** derart ausgerichtet, dass sie sich mit zwei Seitenoberflächen, d.h. einer statornäheren Seitenoberfläche und einer Gegen-Stator-Seitenoberfläche, die jeweils als magnetwirksame Oberflächen dienen, zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden.

[0349] Zusätzlich sind die magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten **101** in Bezug auf jede der Flusswirkungsoberflächen **101a 101b** geneigt und schneiden sich einander in einer Region des Rotorkerns **11**, die näher an dem Stator **30** als die entsprechende

Magneteinbauöffnung **12** ist. Beispielsweise können Seltene-Erden-Magnete wie gesinterte Neodym-Magnete für die Magnete **101** verwendet werden.

[0350] Die Ausrichtungen der magnetischen Ausrichtungen von einem der Magneten **101**, die quer über die d-Achse hinweg angeordnet sind, unterscheiden sich von den Ausrichtungen der magnetischen Ausrichtungen der anderen der Magneten **101**, die quer über die d-Achse hinweg angeordnet sind. Die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten **101** erstrecken sich linear und sind parallel zueinander.

[0351] Da die magnetischen Ausrichtungen des Magneten **101** sich mit den Flusswirkungsoberflächen **101a** und **101b** zu nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden, wird die Länge jedes Magnetpfades, d.h. die Länge jeder magnetischen Linie, die in dem Magneten **101** geformt ist, länger als die Länge jeder magnetischen Linie, die in einem Magneten geformt ist, dessen magnetische Ausrichtungen senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen des Magneten sind. Diese längere Länge jedes Magnetpfades, d.h. die Länge jeder internen Magnetlinie stärkt den magnetischen Fluss des Magneten **101**, wobei somit ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen des Magneten **101** gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld aufgrund des rotierenden Magnetflusses des Stators **30** verbessert wird.

[0352] Es sei bemerkt, dass in **Fig. 23** die Magneten **101**, die als Nordpol dienen, veranschaulicht sind. Wenn die Magneten **101** als Südpol dienen, sind die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten **101** in den entgegengesetzten Richtungen im Vergleich zu den magnetischen Ausrichtungen der entsprechenden einen der Magneten **101** ausgerichtet, die als Nordpol dienen.

[0353] Abschnitte in der Magneteinbauöffnung **12**, in denen keine Magnete **101** angeordnet sind, dienen als Flussbarrieren **102** und **103**, von denen jede einen Selbstkurzschluss von dem Magnetflussinnenrotor **10** reduziert. Insbesondere weist die Magneteinbauöffnung **12** ein erstes Ende, das näher an der q-Achse in der Längsrichtung von dessen lateralem Querschnitt ist, und ein zweites Ende auf, das näher an der d-Achse in der Längsrichtung von dessen lateralem Querschnitt ist. Die ersten und zweiten Enden der Magneteinbauöffnung **12** dienen jeweils als die Flussbarrieren **102** und **103**. Die Flussbarriere **102**, die an dem q-Achsen-Seitenende der Magneteinbauöffnung **12** vorgesehen ist, die als eine äußere Flussbarriere **102** bezeichnet ist, reduziert einen Selbstkurzschluss des Magnetflusses um das q-Achsen-Seitenende herum.

[0354] Insbesondere erstreckt sich das zweite Ende der Magneteinbauöffnung **12**, das näher an der d-Achse ist, sich entlang der d-Achse zu sowohl dem Stator **30** als auch der Drehwelle **2** hin, was zu der Flussbarriere **103** führt, die auch als innere Flussbarriere **103** bezeichnet ist, die an dem d-Achsen-Seitenende vorgesehen ist und sich ebenfalls entlang der d-Achse erstreckt.

[0355] Die inneren Flussbarrieren **103** von jedem Paar der Magneteinbauöffnungen **12** reduzieren die Linien vom Magnetfluss, die derart ausgerichtet sind, dass sie senkrecht zu der d-Achse aus dem Magneten **101** sind, die an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind. Die inneren Flussbarrieren **103** reduzieren ebenfalls eine Induktivität auf der d-Achse, um dadurch effizient ein Reduktanzdrehmoment zu erzeugen. Eine Lücke oder ein Raum in der Region an jedem der ersten und zweiten Enden der Magneteinbauöffnung **12** dient als die entsprechende der Flussbarrieren **102** und **103**, oder ein nicht-magnetisches Material, das in dem Raum gefüllt ist, dient als die entsprechende der Flussbarrieren **102** und **103**. Ein Abschnitt des Kerns **11**, der sich zwischen den Flussbarrieren **102** und **103** befindet, dient als eine Mittenbrücke bzw. zentrale Brücke **104**, die sich entlang der d-Achse erstreckt.

[0356] Das vorstehend beschriebene vierte Ausführungsbeispiel erzielt die nachfolgend hervorragenden Wirkungen.

[0357] In dem Rotor **10** der rotierenden elektrischen Innenpermanentmagnetmaschine kann das rotierende Magnetfeld von dem Stator **30** als ein Entmagnetisierungsfeld an dem Rotor **10** agieren, so dass das Entmagnetisierungsfeld eine Region jedes Magneten **101** entmagnetisieren kann, die nahe an der äußeren Umlaufoberfläche des Rotorkerns **11** ist, die dem Stator **30** zugewandt ist.

[0358] In dieser Hinsicht ist jeder Magnet **101** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel derart konfiguriert, dass die magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden Magneten **101** in Bezug auf die d-Achse geneigt sind, und sich jeweils mit den Flusswirkungsoberflächen, von denen jeder Magnetfluss erzeugt, des entsprechenden Magneten **101** zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden.

[0359] Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge von jedem Magnetpfad, d.h. die Länge von jeder magnetischen Linie, die in dem entsprechenden Magneten **101** geformt ist, länger als die Länge jeder magnetischen Linie wird, die in einem Magneten geformt ist, dessen magnetische Ausrichtungen senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen des Magneten sind. Diese längere Länge jeder magnetischen Linie stärkt den Magnetfluss des Magneten **101**, wobei somit ein Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen des Magneten **101** gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld aufgrund des rotierenden Ma-

gnetflusses des Stators **30** verbessert wird. Dies reduziert daher in geeigneter Weise eine Entmagnetisierung jedes Magneten **101**.

[0360] Die Magneten **101** befinden sich jeweils quer über der d-Achse in beiden ersten und zweiten Regionen, die durch die d-Achse unterteilt sind. Die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete **101** sind in Bezug auf die Flusswirkungsoberflächen des entsprechenden einen der Magneten **101** geneigt, und die magnetischen Ausrichtungen von einem der Magnete **101** kreuzen die magnetischen Ausrichtungen des anderen der Magneten **101** in einer Region in dem Rotorkern **11**, die sich näher an dem Stator **30** befindet, als es die entsprechende Magneteinbauöffnung **12** ist. Dies stärkt effizient den Magnetfluss auf der d-Achse, während das Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen des entsprechenden einen der Magneten **101** gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld verbessert wird.

[0361] Wenn der Magnet **101** eine Rechteckform in dessen lateralem Querschnitt aufweist, sind die magnetischen Ausrichtungen des Magneten **101** derart ausgerichtet, dass sie sich mit den entgegengesetzten Seitenoberflächen des Magneten **101** zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge von jedem Magnetpfad, d.h. die Länge jeder magnetischen Linie, der bzw. die in dem entsprechenden Magneten **101** geformt wird, länger als der minimale Abstand zwischen den entgegengesetzten Seitenoberflächen wird. Diese längere Länge jedes Magnetpfades stärkt den Magnetfluss des Magneten **101**, wobei somit das Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögen des Magneten **101** gegenüber dem Entmagnetisierungsfeld verbessert wird.

[0362] Es sei bemerkt, dass zur Vermeidung einer Entmagnetisierung eine herkömmliche Technologie Magnete verwenden kann, die jeweils konfiguriert sind,

1. einen Abschnitt mit einer größeren Dicke aufzuweisen, wobei dieser Abschnitt einem größeren Entmagnetisierungsfeld ausgesetzt wird,

2. einen höheren Anteil von schweren seltene-Erde-Elementen zu enthalten und/oder

3. einen feineren Entwurf aufzuweisen.

[0363] Im Gegensatz dazu ist die rotierende elektrische Maschine **1** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel konfiguriert, die magnetischen Ausrichtungen in jedem Magneten **101** zu entwickeln, um dadurch eine Entmagnetisierung des entsprechenden Magneten **101** aufgrund eines Entmagnetisierungsfeldes zu reduzieren. Dies ermöglicht es, die rotierende elektrische Maschine **1** zu konstruieren, ohne dass schwere Seltene-Erden-Magneten verwendet werden und ohne den Bedarf zur Erhöhung der Größe jedes Magneten **101**.

[0364] Die Beseitigung der Verwendung von schweren Seltene-Erden-Elementen, die in gegenwärtigen Fahrzeugprodukten wertvoll sind, ermöglicht es, den Anteil von Neodym-Elementen mit höherer Flussdichte in den Magneten zu erhöhen. Dies führt zu einer Erhöhung des Ausgangsdrehmoments in der rotierenden elektrischen Maschine **1**, während

1. die Gesamtmenge von Magneten, die durch die Maschine **1** verwendet wird, beibehalten wird, die dieselbe wie diejenige ist, die durch die rotierende elektrische Maschine gemäß der herkömmlichen Technologie verwendet wird,

2. die Kosten der rotierenden elektrischen Maschine **1** im Vergleich zu den Kosten der rotierenden elektrischen Maschine gemäß der herkömmlichen Technologie beibehalten oder reduziert werden.

[0365] Üblicherweise wird ein Magnetmaterial derart in Magnete geschnitten, dass magnetische Ausrichtungen in jedem Magneten parallel zu einer Schnittoberfläche sind. Dies liegt daran, dass ein paralleles Ausfluchten eines Ausrichtungsmagnetfeldes zur Produktion von Magneten unter Verwendung einer Schnittoberfläche eine Maximierung der Anzahl der Magneten für eine Magnetisierung der Magneten unter Verwendung eines Ausrichtungsmagnetfeldes ermöglicht.

[0366] In dieser Hinsicht weist jeder Magnet **101** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel, der einen rechteckigen Querschnitt aufweist, schräge magnetische Ausrichtungen auf. Das heißt, dass jeder Magnet **101** magnetisch derart ausgerichtet worden ist, dass die Länge eines Magnetpfades, der durch eine ausgewählte Ecke des entsprechenden Magneten **101** in dem rechteckigen Querschnitt verläuft, länger als die Länge einer lateralen Seite des entsprechenden Magneten **101** ist, wobei die ausgewählte Ecke am wahrscheinlichsten entmagnetisiert wird.

[0367] Zusätzlich ist jeder Magnet **101** magnetisch derart ausgerichtet worden, dass der Magnetpfad, der durch die ausgewählte Ecke verläuft, schräg in Bezug auf die orthogonale Richtung geneigt ist, die orthogonal zu jeder der Flusswirkungsoberflächen **101a** und **101b** ist.

[0368] Dies verbessert eine Entmagnetisierungswiderstandsfähigkeit der ausgewählten Ecke jedes Magneten **101**. Dies reduziert, obwohl die Anzahl der Magnete **101** für eine Magnetisierung der Magnete **101** unter Verwendung eines Ausrichtungsmagnetfeldes reduziert ist, das Gewicht von jedem Magneten **101**. Dies führt dazu, dass viele Magnete **101** für eine magnetische Ausrichtung in den Magneten **101**

erhalten werden, und ermöglicht es, die Menge von Magnetmaterial, wie Neodym-Material für jeden Magneten **101** zu reduzieren, was die Herstellungskosten der Magnete **101** reduziert.

[0369] Entsprechend einer Schätzung durch den Offenbarer ist es möglich, das Gewicht des Magneten **101** um angenähert 30 Prozent im Vergleich zu einem Magneten zu reduzieren, der eine Magnetkraft aufweist, die dieselbe wie die Magnetkraft des Magneten **101** ist. Dies führt daher dazu, dass die rotierende elektrische Maschine **1** eine kleinere Menge von Seltene-Erden-Elementen, ein kleineres Gewicht und/oder ein kleineres Trägheitsmoment aufweist. Diese Merkmale ermöglichen es der rotierenden elektrischen Maschine **1**, ein verbessertes Nachführungsleistungsvermögen und eine verbesserte mechanische Zuverlässigkeit aufzuweisen, was somit zu einer Reduktion im Energieverbrauch der rotierenden elektrischen Maschine **1** und /oder zu einer Verbesserung der Sicherheit der rotierenden elektrischen Maschine **1** beiträgt.

[0370] Nachstehend sind Modifikationen des Rotors **10** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei zumindest ein Teil des Rotors **10** in jeder Modifikation modifiziert ist. Nachstehend sind hauptsächlich die unterschiedlichen Punkte zwischen der Struktur des Rotors **10** gemäß jeder Modifikation und der Struktur des Rotors **10** beschrieben, die in **Fig. 23** veranschaulicht ist. Es sei bemerkt, dass in den nachfolgenden Figuren andere Komponenten außer dem Rotor **10** der jeweiligen Modifikationen in der Darstellung entfallen. In jeder Modifikation ist die Struktur des Rotors **10** unter Verwendung einer Teildraufsicht beschrieben, der einen Polabschnitt des entsprechenden Rotors **10** veranschaulicht, der die d-Achse aufweist, die als die Mitte des einen Polabschnitts davon angeordnet ist.

Erste Modifikation

[0371] Jeder der Magnete **101** des Rotors **10** gemäß der in **Fig. 24** veranschaulichten ersten Modifikation ist derart konfiguriert, dass eine Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes derart ausgerichtet ist, dass sie in Übereinstimmung mit einem Winkel von jeder magnetischen Ausrichtung in Bezug auf die Flusswirkungsoberflächen ist, und eine Struktur des d-Achsen-Seitenendes ist derart ausgerichtet, dass sie in Übereinstimmung mit einem Winkel von jeder magnetischen Ausrichtung in Bezug auf die effektiven Oberflächen ist.

[0372] Das heißt, dass die Ausrichtung der Oberfläche von jeder der q- und d-Achsen-Seitenenden derart definiert ist, dass sie in Übereinstimmung mit jeder Achse der Magnetisierung ist. Anders ausgedrückt ist die Ausrichtung der Oberfläche von jeder der q- und d-Achsen-Seitenenden identisch zu der Ausrichtung jeder Achse der Magnetisierung in der Draufsicht, wie in der Draufsicht gesehen. Die Flussbarriere **102** ist an der äußeren Seite des q-Achsen-Seitenendes angeordnet, und die Flussbarriere **103** ist an der äußeren Seite des d-Achsen-Seitenendes angeordnet.

[0373] Es sei bemerkt, dass gemäß **Fig. 24** jeder Magnet **101** derart konfiguriert ist, dass

1. die Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes derart ausgerichtet ist, dass sie in Übereinstimmung mit dem Winkel jeder magnetischen Ausrichtung in Bezug auf die Flusswirkungsoberflächen ist,

2. die Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes derart ausgerichtet ist, dass sie in Übereinstimmung mit dem Winkel jeder magnetischen Ausrichtung in Bezug auf die Flusswirkungsoberflächen ist.

[0374] Anstelle dieser Konfiguration kann jeder Magnet **101** derart konfiguriert sein, dass lediglich die Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes derart ausgerichtet ist, dass sie in Übereinstimmung mit dem Winkel jeder magnetischen Ausrichtung in Bezug auf die Flusswirkungsoberflächen ist. Die Oberfläche des d-Achsen-Seitenendes kann derart ausgerichtet sein, dass sie parallel zu der d-Achse ist. Das heißt, dass der Magnet **101** anstelle der Rechteckform und dessen lateralem Querschnitt eine Parallelogrammform in dessen lateralem Querschnitt, wie sie in **Fig. 24** veranschaulicht ist, oder eine Trapezform in dessen lateralem Querschnitt aufweist.

[0375] Wie es vorstehend beschrieben worden ist, ist jede magnetische Ausrichtung in den Magneten **101** derart ausgerichtet, dass sie sich mit den Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel schneidet. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge jedes Magnetpfades in dem Magneten **101** länger als die Länge jedes Magnetpfades in einer anderen Konfiguration des Magneten **101** wird, bei der jede magnetische Ausrichtung in den Magneten **101** derart gerichtet ist, dass sie senkrecht sich mit den Flusswirkungsoberflächen schneidet. Jedoch können die Längen von Teilmagnetpfaden in jedem Ende des Magneten **101** kleiner sein.

[0376] In dieser Hinsicht ist die Oberfläche des q-Achsen-Seitenendes **101c** derart ausgerichtet, dass sie in Übereinstimmung mit dem Winkel jeder magnetischen Ausrichtung in Bezug auf die Flusswirkungsoberflächen ist, wobei somit Teilmagnetpfade mit kleineren Längen in jedem Ende des Magneten **101** reduziert werden.

[0377] Es sei bemerkt, dass der in **Fig. 24** veranschaulichte Magnet **101** derart konfiguriert ist, dass jedes Ende des Magneten **101**, das nicht zu einer Erhöhung des Magnetflusses beiträgt, schräg entfernt

ist, was dazu führt, dass die Menge des Magneten in dem Rotor **10**, der in **Fig. 24** veranschaulicht ist, kleiner als die Menge des Magneten des Rotors **10** ist, der in **Fig. 23** veranschaulicht ist. Dies führt dazu, dass die Anzahl von Hohlräumen in der Gussform größer ist, und die Menge von magnetischen Materialien, die in die Gussform eingebracht wird, kleiner wird.

Zweite Modifikation

[0378] Jeder der Magnete **101** des Rotors **10** gemäß der in **Fig. 25** veranschaulichten zweiten Modifikation ist derart konfiguriert, dass die Länge von jedem der q- und d-Achsen-Seitenenden des entsprechenden einen der Magneten **101**, der eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen aufweist, länger als die Längen der jeweiligen anderen Abschnitte in dem entsprechenden einen der Magneten **101** ist.

[0379] Das heißt, dass jedes der q- und d-Achsen-Seitenenden des Magneten **101** einen Verlängerungsabschnitt **101a** aufweist, so dass die Verlängerungsabschnitte **101a** der jeweiligen q- und d-Achsen-Seitenenden des Magneten **101** eine konkave Nut definieren, die auf der zweiten Flusswirkungsoberfläche dazwischen geformt ist.

[0380] Der Verlängerungsabschnitt **101a** von jedem der q- und d-Achsen-Seitenenden führt dazu, dass die entsprechende eine oder mehrere Linien des Magnetflusses auf der Grundlage des Magneten **101** sich teilweise verlängert. Das heißt, dass der Verlängerungsabschnitt **101a** als ein Flussverlängerungselement dient. Diese Verlängerungsabschnitte **101a** sind an der zweiten Flusswirkungsoberfläche vorgesehen, die näher an der Drehwelle **2** als die erste Flusswirkungsoberfläche daran ist.

[0381] Es sei bemerkt, dass gemäß der Darstellung in **Fig. 25** jedes der q- und d-Achsen-Seitenenden des Magneten **101** den Verlängerungsabschnitt **101a** aufweist, wobei jedoch lediglich das q-Achsen-Seitenende den Verlängerungsabschnitt **101a** aufweisen kann.

[0382] Der Magnet **101** gemäß der zweiten Modifikation ist derart konfiguriert, dass

1. jede magnetische Ausrichtung in dem Magneten **101** derart ausgerichtet ist, dass sie sich mit den Flusswirkungsoberflächen zu einem nichtrechtwinkligen Winkel schneiden,

2. jede der q- und d-Achsen-Seitenenden einen teilweise verlängerten Magnetpfad aufweist.

[0383] Dies führt zu einer weiteren Verbesserung des Entmagnetisierungswiderstandsleistungsvermögens des Magneten **101**.

Dritte Modifikation

[0384] In dem Rotorkern **11** kann ein Magnet **101** gemäß **Fig. 26(a)** oder **Fig. 26(b)** angeordnet sein.

[0385] In dem in **Fig. 26(a)** veranschaulichten Rotor **10** ist jede der Magneteinbauöffnungen **12** quer über die entsprechende d-Achse derart angeordnet, dass sie senkrecht zu der entsprechenden d-Achse sind.

[0386] Der Magnet **101**, der in jede der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut ist, weist ein linkes Halbteil und einen rechten Halbteil gemäß **Fig. 26(a)** auf. Der linke Halbteil weist magnetische Ausrichtungen auf, die schräg rechts aufwärtsgerichtet sind und der rechte Halbteil weist magnetische Ausrichtungen auf, die schräg links aufwärtsgerichtet sind.

[0387] Das heißt, dass die magnetischen Ausrichtungen von jedem der linken und rechten Halbteile des Magneten **101**, die quer über die d-Achse hinweg angeordnet sind, derart gerichtet sind, dass sie durch eine Region des Rotorkerns **11** verlaufen, die auf der d-Achse angeordnet ist und sich näher an dem Stator **30** als der Magnet **11**, d.h. die Magneteinbauöffnung **12**, daran sich befindet. Insbesondere sind die magnetischen Ausrichtungen von jedem der linken und rechten Halbteile des Magneten **101**, die quer über die d-Achse hinweg angeordnet sind, derart ausgerichtet, dass sie sich auf die Region des Rotorkerns **11** fokussieren, die auf der d-Achse angeordnet ist, und sich näher an dem Stator **30** befindet, als es der Magnet **11**, d.h. die Magneteinbauöffnung **12** ist. Das heißt, dass die Region derart angeordnet ist, dass sie einen mittleren Abschnitt des Magneten **101** mit Ausnahme von dessen beiden Enden zugewandt ist.

[0388] In dem in **Fig. 26(a)** veranschaulichten Rotor **10** können die Linien von Magnetfluss, die aus dem Magneten **101** fließen, sich gegenseitig stören (miteinander interferieren). Dies kann zu einer Entmagnetisierung des Magneten **101** führen.

[0389] In dieser Hinsicht weist, wie es in **Fig. 26(b)** veranschaulicht ist, jeder Magnet **101** eine konkave Nut auf, die sich auf der entsprechenden d-Achse befindet. Diese in **Fig. 26(b)** veranschaulichte Struktur ermöglicht es, die Kosten des Rotors **10** durch eine kleinere Menge des Magneten in dem Rotor **10** zu reduzieren.

Vierte Modifikation

[0390] Jede der Magnete **101** des Rotors **10** gemäß der in **Fig. 27** veranschaulichten vierten Modifikation ist derart konfiguriert, dass die Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an einer der q- und d-Achsen-Seitenenden befinden, sich von den Ausrichtungen von einer oder mehrerer magnetischen Ausrichtungen un-

terscheiden, die sich näher an dem anderen davon befinden.

[0391] Insbesondere sind eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen, die derart angeordnet sind, dass sie näher an dem d-Achsen-Seitenende sind, derart gerichtet, dass sie nahe an der parallelen Richtung parallel zu der d-Achse sind. Geneigte Winkel der magnetischen Ausrichtungen in Bezug auf die parallele Richtung parallel zu der d-Achse erhöhen sich aufeinanderfolgend von dem d-Achsen-Seitenende zu dem q-Achsen-Seitenende, anders ausgedrückt, steigen Grade einer Nichtparallelität magnetischer Ausrichtungen in Bezug auf die d-Ache aufeinanderfolgend von dem d-Achsen-Seitenende zu dem q-Achsen-Seitenende an.

[0392] Insbesondere ist, wie es in **Fig. 28** veranschaulicht ist, zumindest eine magnetische Ausrichtung, die sich an einer vorbestimmten Position des Magneten **101** befindet, um näher an dem d-Achsen-Seitenende als zu dem q-Achsen-Seitenende **101c** zu sein, als zumindest eine magnetische Ausrichtung **X1** bezeichnet, und ist zumindest eine magnetische Ausrichtung, die sich an einer vorbestimmten Position des Magneten **101** befindet, die näher an dem q-Achsen-Seitenende als an dem d-Achsen-Seitenende ist, als zumindest eine magnetische Ausrichtung **X2** bezeichnet.

[0393] Dabei ist die zumindest eine magnetische Ausrichtung **X1** stärker parallel zu der d-Achse, als es die zumindest eine magnetische Ausrichtung **X2** ist.

[0394] Zusätzlich ist in dem Magneten **101** ein Neigungswinkel **θ2** der zumindest einen magnetischen Ausrichtung **X2** in Bezug auf die d-Achse, d.h. die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als ein Neigungswinkel **θ1** der zumindest einen magnetischen Ausrichtung **X1** in Bezug auf die d-Achse, d.h. die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist.

[0395] Insbesondere verringern sich in dem Magneten **101** Längen von jeweiligen magnetischen Ausrichtungen, d.h. Längen von Magnetpfaden, die jeweils den magnetischen Ausrichtungen entsprechen, aufeinanderfolgend von dem q-Achsen-Seitenende zu dem d-Achsen-Seitenende, wobei jeder Magnetpfad von einem Startpunkt zu einem Endpunkt der entsprechenden magnetischen Ausrichtung definiert werden kann. Jeder Magnet **101** kann zumindest eine magnetische Ausrichtung aufweisen, die derart ausgerichtet ist, dass sie senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen zur Erzeugung von Magnetfluss ist, zusätzlich zu den magnetischen Ausrichtungen, die jeweils derart ausgerichtet sind, dass sie sich mit den Flusswirkungsoberflächen zu einem nicht-orthogonalen Winkel schneiden.

[0396] Es sei bemerkt, dass, wie es in **Fig. 28** veranschaulicht ist, der Magnet **101** derart angeordnet ist, dass die Flusswirkungsoberflächen senkrecht zu der d-Achse sind, so dass die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, in Übereinstimmung mit der Richtung der d-Achse ist.

[0397] Wenn im Gegensatz dazu die Flusswirkungsoberflächen nicht senkrecht zu der d-Achse sind, ist die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, nicht in Übereinstimmung mit der Richtung der d-Achse. Selbst wenn die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, nicht in Übereinstimmung mit der Richtung der d-Achse ist, ist der Neigungswinkel **θ2** der zumindest einen magnetischen Ausrichtung **X2** in Bezug auf die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als der Neigungswinkel **θ1** der zumindest einen magnetischen Ausrichtung **X1** in Bezug auf die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist.

[0398] Die Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die derart angeordnet sind, dass sie näher an dem d-Achsen-Seitenende sind, unterscheiden sich von den Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die derart angeordnet sind, dass sie näher an dem q-Achsen-Seitenende sind. Das heißt, dass die Neigungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem d-Achsen-Seitenende befinden, in Bezug auf die d-Achse sich von den Neigungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem q-Achsen-Seitenende befinden, in Bezug auf die d-Achse unterscheiden.

[0399] Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Magnetflusskomponenten auf eine Region in dem Rotorkern **11** zwischen der d-Achse und der q-Achse gesammelt werden, wobei die Region sich näher an dem Stator **30** befindet, als es der Magnet **101** ist. Dies stärkt den Magnetfluss auf der Grundlage des Magneten **101**.

[0400] Eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen, die sich näher an der d-Achse befinden, sind derart ausgerichtet, dass sie stärker parallel zu der d-Achse als eine oder mehrere Achsen der Magnetisierung sind, die sich näher an der q-Achse befinden. Dies führt dazu, dass die Magnetpfade an dem Abschnitt des Magneten **101**, der näher an dem q-Achsen-Seitenende ist, länger als die Magnetpfade an dem Abschnitt des Magneten **101** sind, der näher an dem d-Achsen-Seitenende ist.

[0401] Diese Konfiguration stärkt den Magnetfluss auf der q-Achse des Rotors **10**, um dadurch in geeigneter Weise eine Gegenmaßnahme gegenüber der

Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes des Magneten **101** aufgrund eines Entmagnetisierungsfelds zu ergreifen. Wenn eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in dem d-Achsen-Seitenende von einem des Paars der Magneten **101**, die sich quer über die d-Achse hinweg befinden, und eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in dem d-Achsen-Seitenende des anderen des Paars der Magneten **101** derart geneigt sind, dass sie einander zugewandt sind, reduziert diese Konfiguration gegenseitige Interferenzen zwischen dem Magnetfluss von einem des Paars der Magneten **101** und dem Magnetfluss des anderen des Paars der Magneten **101**. Dies reduziert daher eine Entmagnetisierung auf der d-Achse.

[0402] In dem Magneten **101** ist die Neigung, d.h. der Neigungswinkel **θ2**, der zumindest einen magnetischen Ausrichtung, die näher an dem q-Achsen-Seitenende ist, in Bezug auf die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als die Neigung, d.h. der Neigungswinkel **θ1**, der zumindest einen magnetischen Ausrichtung, die näher an der d-Achse ist, in Bezug auf die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist.

[0403] Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge eines Magnetpfades in dem q-Achsen-Seitenende am längsten wird, was es ermöglicht, die Entmagnetisierungswiderstandsfähigkeit des q-Achsen-Seitenendes gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld zu stärken, wobei somit sowohl eine Verringerung der Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes des Magneten **101** als auch eine Erhöhung des Drehmoments des Magneten **101** erzielt wird.

[0404] Es sei bemerkt, dass, wie es in **Fig. 27** veranschaulicht ist, jede Magneteinbauöffnung **12** in dem Rotorkern **11** derart geformt ist, dass sie sich linear in einer Richtung erstreckt, die senkrecht zu der entsprechenden d-Achse ist. Zusätzlich sind eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in den Magneten **101**, die näher an dem d-Achsen-Seitenende sind, stärker parallel zu der d-Achse als eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in den Magneten **101** ausgerichtet, die näher an dem q-Achsen-Seitenende sind. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Neigung, d.h. der Neigungswinkel θ2, der zumindest einen magnetischen Ausrichtung, die näher an dem q-Achsen-Seitenende ist, in Bezug auf die orthogonale Richtung, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als die Neigung, d.h. der Neigungswinkel **θ1**, der zumindest eine magnetische Ausrichtung, die näher an der d-Achse ist, in Bezug auf die orthogonale Richtung ist, die orthogonal zu den Flusswirkungsoberflächen ist.

Fünfte Modifikation

[0405] Jeder der Magnete **101** des Rotors **10** gemäß der fünften Modifikation, die in **Fig. 29** veranschaulicht ist, ist derart konfiguriert, dass, wie bei der vierten Modifikation, die Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an einem der q- und d-Achsen-Seitenenden befinden, sich von den Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen unterscheiden, die sich näher an dem anderen Ende davon befinden. Insbesondere unterscheiden sich die Ausrichtungen der magnetischen Ausrichtungen in dem Magneten **101** gemäß der fünften Modifikation von den Ausrichtungen der magnetischen Ausrichtungen in den Magneten **101** gemäß der vierten Modifikation.

[0406] Insbesondere sind eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen, die sich näher an dem q-Achsen-Seitenende befinden, stärker parallel zu der q-Achse als eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen, die sich näher an dem d-Achsen-Seitenende befinden.

[0407] In dem Magnet **101** verringern sich die Längen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen, d.h. die Längen der Magnetpfade, die jeweils den magnetischen Ausrichtungen entsprechen, allmählich von dem d-Achsen-Seitenende zu dem q-Achsen-Seitenende, wobei jeder Magnetpfad von einem Startpunkt bis zu einem Endpunkt der entsprechenden magnetischen Ausrichtung definiert werden kann.

[0408] Da eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen in dem q-Achsen-Seitenende des Magneten **101** derart ausgerichtet sind, dass sie parallel zu der q-Achse sind, ist es möglich, Magnetflusskomponenten auf der Grundlage des Magneten **101** auf der q-Achse zu stärken, die derart ausgerichtet sind, dass sie senkrecht zu der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11** sind, die dem Stator **30** zugewandt sind, d.h. Magnetflusskomponenten, die derart ausgerichtet sind, dass sie gegen einem Entmagnetisierungsfeld sind. Dies führt zu einer angemessenen Bereitstellung einer Gegenmaßnahme gegenüber einer Entmagnetisierung des q-Achsen-Seitenendes des Magneten **101** aufgrund eines Entmagnetisierungsfeldes.

Sechste Modifikation

[0409] Jeder der Magnete **101** des Rotors **10** gemäß der in **Fig. 30** veranschaulichten sechsten Modifikation ist derart konfiguriert, dass jede der magnetischen Ausrichtungen in dem Magneten **101** eine Kreisbogenform, d.h. eine nicht-lineare Form aufweist. Dies ermöglicht eine weitere Erhöhung der Längen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen in dem Magneten **101**, was es ermöglicht, den Magnetfluss des Magneten **101** weiter zu stärken.

Siebte Modifikation

[0410] Gemäß **Fig. 31(a)** und **Fig. 31(b)** weist der Rotorkern **11** ein Paar von zwei Magneteinbauöffnungen **12** für jede d-Achse geformt auf, wobei die zwei Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars im Wesentlichen eine V-Form derart aufweisen, dass ein Abstand zwischen den zwei Magneteinbauöffnungen **12** zu der radialen äußeren Seite des Rotorkerns **11** hin größer wird.

[0411] Gemäß **Fig. 31(a)** ist, wie gemäß **Fig. 23**, jede der magnetischen Ausrichtungen in den Magneten **101** in Bezug auf die d-Achse geneigt, während sie sich mit den entgegengesetzten Seitenoberflächen, die einen Magnetfluss erzeugen, des Magneten **101** bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden.

[0412] Gemäß **Fig. 31(b)** unterscheiden sich, wie gemäß **Fig. 27**, die Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem q-Achsen-Seitenende befinden, von den Ausrichtungen von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem d-Achsen-Seitenende befinden. Insbesondere sind die eine oder die mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem d-Achsen-Seitenende befinden, stärker parallel zu der d-Achse als die eine oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem q-Achsen-Seitenende befinden.

[0413] Es sei bemerkt, dass, wie es in **Fig. 29** beschrieben ist, die eine oder die mehreren magnetischen Ausrichtungen, die sich näher an dem q-Achsen-Seitenende befinden, stärker parallel zu der q-Achse als eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen sein können, die sich näher an dem d-Achsen-Seitenende befinden.

Achte Modifikation

[0414] **Fig. 32** veranschaulicht die achte Modifikation. Wie es in **Fig. 32** veranschaulicht ist, ist der Magnet **101** in jeder der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut, die sich quer über die entsprechende d-Achse befinden, während magnetische Ausrichtungen asymmetrisch um die entsprechende d-Achse sind.

[0415] Das heißt, dass die magnetischen Ausrichtungen in dem Magneten **101** in Bezug auf die d-Achse geneigt sind, während jede sich mit den Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden, wobei die Ausrichtungen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen, die in einer Seite der d-Achse sich befinden, identisch zu den Ausrichtungen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen sind, die sich auf der anderen Seite der d-Achse befinden. Der in **Fig. 32** veranschaulichte Rotor **10** verlängert die Länge jedes Magnetpfades in dem Magneten **101**, um dadurch den Magnetfluss des Magneten **101** gegenüber einem Entmagnetisierungsfeld zu stärken.

Neunte Modifikation

[0416] Gemäß **Fig. 33** weisen die Magnete **101** jedes Paars, das sich über die d-Achse befindet, d.h. sich an beiden Seiten quer über die entsprechende d-Achse befindet, zwei Magnete **111** und **112** auf, von denen jeder in dessen lateralem Querschnitt eine Trapezform aufweist. Jeder der Magnete **111** und **112** weist eine gleichschenklige Trapezform auf. In jeder magnetischen Anordnung stößt einer der Schenkel des Magneten **111** gegen einen der Schenkel des Magneten **112** derart an, dass die Magnete **111** und **112** derart angeordnet sind, dass sie konvex zu dem Stator **30** hin sind, während ihre Schenkel aneinander anstoßen.

[0417] In jedem der Magnete **111** und **112** sind magnetische Ausrichtungen, die jeweils Ausrichtungen von Magnetpfaden in den entsprechenden Magneten entsprechen, derart definiert, dass sie parallel zu einem der Schenkel des entsprechenden Magneten sind. Jeder der Magnete **111** und **112** weist gegenüberliegende Grundseiten, d.h. obere und untere Grundseiten auf, von denen jede als eine Flusswirkungsoberfläche dient. Das heißt, dass jeder der Magnete **111** und **112** derart konfiguriert ist, dass jede der entsprechenden magnetischen Ausrichtungen sich mit den Flusswirkungsoberflächen zu einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden. Einer der Schenkel des Magneten **111**, die parallel zu deren magnetischen Ausrichtungen sind, stößt an einen der Schenkel des Magneten **112** an, die parallel zu deren magnetischen Ausrichtungen sind. Dies führt dazu, dass die Ausrichtungen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen des Magneten, die sich an jeder Seite der d-Achse befinden, identisch zueinander sind.

[0418] Die Magnete **111** und **112** weisen Magnete mit derselben Produktnummer auf, so dass sie dieselben Konfigurationen, dieselben Abmessungen und dieselben magnetischen Ausrichtungen aufweisen. Beispielsweise sind, wie es in **Fig. 34(a)** veranschaulicht ist, die Magnete **111** und **112**, die jeweils dieselben Produktnummern aufweisen, vorbereitet, und ist, wie es in **Fig. 34(b)** und **Fig. 34(c)** veranschaulicht ist, der Magnet **112**, der umgedreht worden ist, mit dem Magneten **111** zusammengesetzt. Es sei bemerkt, dass die Magneten mit unterschiedlichen Grundseitenlängen als die jeweiligen Magneten **111** und **112** verwendet werden können.

Zehnte Modifikation

[0419] Gemäß **Fig. 35** weist jeder Magnet **101** zwei Magnete **111** und **112** auf, die einen Magneten bilden. Die Magnete **101** jedes Paars befinden sich quer

über die entsprechende d-Achse, d.h. befinden sich an beiden Seiten quer über die d-Achse hinweg. Jeder der Magnete **101** weist zwei Magnete **111** und **112** auf, von denen jeder eine Trapezform in dessen lateralem Querschnitt aufweist.

[0420] Jeder der trapezförmigen Magnete **111** und **112** weist unterschiedliche erste und zweite Grundseitenwinkel auf. Der erste Grundseitenwinkel ist auf den rechten Winkel eingestellt, und der zweite Grundseitenwinkel ist auf einen spitzen Winkel eingestellt. Die Magnete **111** und **112** sind derart angeordnet, dass deren rechtwinkligen Seitenschenkel aneinander anstoßen.

[0421] Jeder der Magnete **111** und **112** weist darin definiert magnetische Ausrichtungen auf, die derart definiert sind, dass sie parallel zu dem spitzwinkligen Seitenschenkel sind. Diese Konfiguration von jedem der Magneten **111** und **112** bewirkt, dass jede der magnetischen Ausrichtungen sich mit den Flusswirkungsoberflächen als dessen oberen und unteren Grundseiten bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel schneiden. Die magnetischen Ausrichtungen des Magneten **112**, die sich näher an der q-Achse befinden, weisen den rechten Winkel oder einen Winkel nahe dem rechten Winkel in Bezug auf die q-Achse auf, und die magnetischen Ausrichtungen weisen einen Winkel auf, der parallel zu der d-Achse ist, oder einen Winkel auf, der nahe an dem Winkel ist, der parallel zu der d-Achse ist.

[0422] Jede der **Fig. 36** und **Fig. 37** veranschaulicht eine Modifikation des Rotors **10**, wobei ein Teil davon modifiziert worden ist. Insbesondere weist die in jeder der **Fig. 36** und **Fig. 37** veranschaulichten modifizierte Konfiguration als den Magneten **112** einen Magneten auf, der magnetische Ausrichtungen aufweist, die derart ausgerichtet sind, dass sie senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen des Magneten sind. Genauer weist die in **Fig. 37** veranschaulichte modifizierte Konfiguration den Magneten **111** auf, der eine Parallelogrammform mit magnetischen Ausrichtungen aufweist, die parallel zu rechten und linken Seiten davon sind. Die in **Fig. 37** veranschaulichte modifizierte Konfiguration weist ebenfalls eine Flussbarriere auf, die sich zwischen den Magneten **111** und **112** befindet. Die in **Fig. 37** veranschaulichte modifizierte Konfiguration kann keine zwischen den Magneten **111** und **112** angeordnete Flussbarriere aufweisen, so dass ein entsprechender Teil des Rotorkerns **11** zwischen den Magneten **111** und **112** angeordnet werden kann.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0423] Nachstehend ist ein fünftes Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich auf einen oder mehrere unterschiedliche Punkte des fünften Ausführungsbeispiels gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel konzentriert wird.

[0424] **Fig. 38** veranschaulicht schematisch einen Rotor **10** gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel.

[0425] Gemäß **Fig. 38** ist ein Magnet **121**, der in jede Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, derart konfiguriert, dass das q-Achsen-Seitenende sich näher an dem Stator **30** in einer entsprechenden radialen Richtung des Rotorkerns **11** befindet, als es das d-Achsen-Seitenende ist. Zusätzlich weist jeder Magnet **121** einen Mittelabschnitt zwischen den q- und d-Achsen-Seitenenden auf, und der Mittelabschnitt ist derart geformt, dass er konvex zu dem Stator **30** hin vorspringt.

[0426] Insbesondere weist jeder Magnet **121** eine Kreisbogenform in dessen lateralem Querschnitt auf, wobei die Kreisbogenform konvex zu dem Stator **30** hin ist.

[0427] Insbesondere weist jeder Magnet **121** eine sichelförmige Kreisbogenform in dessen lateralem Querschnitt auf. Jeder Magnet **121** ist jedoch nicht auf die Kreisbogenform begrenzt, die konvex zu dem Stator **30** hin ist. Beispielsweise kann jeder Magnet **121** derart konfiguriert sein, dass lineare Oberflächen des Magneten **121** an einem oder mehreren Abschnitten davon gebogen sind, um dadurch konvex zu dem Stator **30** hin vorzuspringen.

[0428] Der Magnet **121** weist magnetische Ausrichtungen auf, die darin definiert sind, wobei die magnetischen Ausrichtungen in Bezug auf die d-Achse geneigt sind, und jede sich mit dem Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel schneidet. Die magnetischen Ausrichtungen können jedoch zumindest eine magnetische Ausrichtung aufweisen, die derart gerichtet ist, dass sie senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ist. Jede der in dem Magneten **121** definierten magnetischen Ausrichtungen kann eine lineare Form oder eine nicht-lineare Form wie eine kreisbogenförmige Form aufweisen.

[0429] Zusätzlich weist jeder Magnet **121** einen d-Achsen-nahen Abschnitt, der näher an dem d-Achsen-Seitenende als zu dem q-Achsen-Seitenende ist, und einen q-Achsen-nahen Abschnitt auf, der näher an dem q-Achsen-Seitenende als zu dem d-Achsen-Seitenende ist, und magnetische Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-nahen Abschnitt enthalten sind, unterscheiden sich von magnetischen Ausrichtungen, die in dem q-Achsen-nahen Abschnitt enthalten sind. Insbesondere sind die magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-nahen Abschnitt enthalten sind, derart gerichtet, dass sie näher an der Richtung parallel zu der d-Achse sind, als es die magnetischen Ausrichtungen, die in dem q-Achsen-nahen Abschnitt enthalten sind, sind. Dies führt dazu, dass die Länge

von jedem der Magnetpfade, die in dem Magneten **121** definiert sind, länger ist.

[0430] Es sei bemerkt, dass in jedem Magneten **121** Neigungen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen, die in dem q-Achsen-nahen Abschnitt enthalten sind, in Bezug auf die senkrechte Richtung, die senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als Neigungen der jeweiligen magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-nahen Abschnitten enthalten sind, in Bezug auf die senkrechte Richtung, die senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ist, sein können.

[0431] Diese Konfiguration des Rotors **10** gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel ermöglicht es, dass jeder Magnet **121** näher an der äußeren Umlaufsoberfläche des Rotorkerns **11**, d.h. der dem Stator zugewandten Oberfläche des Rotorkerns **11**, sein kann. Diese nähere Anordnung jedes Magneten **121** ermöglicht es, den magnetischen Widerstand des d-Achsen-Abschnitts des Rotorkerns **11** zu reduzieren, wodurch Drehmoment der rotierenden elektrischen Maschine **1** erhöht wird. Obwohl ein Verkürzen des Abstands zwischen dem Stator **30** und jedem Magneten **121** ein Entmagnetisierungsfeld als eine Gegenreaktion des kürzeren Abstands erhöhen kann, reduzieren die längeren magnetischen Ausrichtungen jedes Magneten **121** die Wirkungen des erhöhten Entmagnetisierungsfeldes.

[0432] Die vorstehend beschriebene Konfiguration des Rotors **10** ermöglicht es, dass der Anteil einer Region des Rotorkerns **11**, die sich näher an dem Stator **30** als jeder Magnet **121**, d.h. jede Magneteinbauöffnung **12** befindet, kleiner ist, wobei die Region der Summe des Magnetflusses des Stators **30** und des Magnetflusses des entsprechenden Magneten **121** ausgesetzt ist. Dies reduziert daher in dem Rotor **10** eine Sättigungsregion, in der eine magnetische Sättigung aufgrund des Magnetflusses des Stators **30** und des Magnetflusses von jedem Magnet **121** auftreten kann, wobei somit effizienter das Leistungsvermögen von jedem Magneten **121** erhalten wird.

[0433] Nachstehend ist beschrieben, wie ein Magnet **121**, der gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel verwendet wird, herzustellen ist. **Fig. 39** zeigt eine erläuternde Darstellung, die zur Erläuterung verwendet wird, wie der Magnet **121** unter Verwendung eines ausgerichteten Magnetfeldes magnetisiert wird. Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 39**, wie der in **Fig. 38** angeordnete linksseitige Magnet **121** magnetisiert wird.

[0434] Wie es in **Fig. 39** veranschaulicht ist, weist ein Ausrichtungsgerät **130** eine Magnetfeldspule **131**, einen Ausrichtungskern **132** und eine Gussform **133** auf.

[0435] Der Ausrichtungskern **132** und die Gussform **133** sind in der Magnetfeldspule **131** angeordnet. Die Magnetfeldspule **131** ist konfiguriert, ein Magnetfeld zu erzeugen, dass durch das Innere der Spule verläuft, wenn sie gespeist wird.

[0436] Der Ausrichtungskern **132** dient zum Krümmen des durch die Magnetfeldspule **131** erzeugten Magnetfeldes in eine vorbestimmte Richtung. Die Gussform **133** ist eingerichtet, zu ermöglichen, dass das gekrümmte Magnetfeld hindurch gelangt.

[0437] Das heißt, dass die Magnetfeldspule **131** lineare Magnetfeldlinien erzeugt, und der Ausrichtungskern **132** ermöglicht, dass die linearen Magnetfeldlinien als gekrümmte Magnetfeldlinien gekrümmt werden. Die Gussform **133** ist aus einem nicht-magnetischen Material zusammengesetzt, und weist darin geformt eine Gussformkammer **133a** auf, die in Übereinstimmung mit der Form des Magneten **121** geformt ist.

[0438] Nachstehend ist ein Verfahren zur Herstellung des Magneten **121** beschrieben.

[0439] Zunächst werden Magnetmaterialien in magnetische Pulver pulverisiert, und werden die magnetischen Pulver in die Gussformkammer **133a** der Gussform **133** gefüllt.

[0440] Danach werden die magnetischen Pulver verdichtet, um die vorstehend beschriebene vorbestimmte Form in der Gussform **133** aufzuweisen. Danach ermöglicht der Ausrichtungskern **132** die Erzeugung gekrümmter Magnetfeldlinien. Die gekrümmten Magnetfeldlinien bewirken, dass die Magnetfeldlinien der verdichteten Magnetpulver in der Gussformkammer **133a** ausgerichtet werden. Das heißt, dass während des Ausrichtungsprozesses die Magnetpulver derart ausgefluchtet werden, dass deren magnetische Ausrichtungen ausgerichtet werden und verdichtet werden, um als einen Gusskörper fixiert zu werden. Insbesondere ist der Ausrichtungskern **132** vorzugsweise derart angeordnet, dass er zu einer Seite in der Längsrichtung des Magneten **121** versetzt ist.

[0441] Danach wird der Gusskörper gesintert und danach magnetisiert. Die vorstehend beschriebene Abfolge von Prozessen führt dazu, dass der Magnet **121** hergestellt wird.

[0442] Es sei bemerkt, dass zur Herstellung des in **Fig. 38** veranschaulichten rechtsseitigen Magneten **121** der Ort des Ausrichtungskerns **132** geändert wird.

[0443] Die vorstehend beschriebene Abfolge von Prozessen führt zu der Herstellung des Magneten **121**.

[0444] Jeder in **Fig. 40** veranschaulichte Magnet **121** ist derart konfiguriert, dass das q-Achsen-Seitenende sich näher an dem Stator **30** in einer entsprechenden radialen Richtung des Rotorkerns **11** befindet, als es das d-Achsen-Seitenende ist. Zusätzlich weist jeder Magnet **121** einen Mittelabschnitt zwischen den q- und d-Achsen-Seitenenden auf, und ist der Mittelabschnitt derart geformt, dass er konvex zu der Gegen-Statorrichtung vorspringt.

[0445] Insbesondere weist jeder Magnet **121** eine Kreisbogenform in dessen lateralem Querschnitt auf, wobei die Kreisbogenform konvex zu der Gegen-Statorrichtung hin, d.h. der Rotorrichtung ist. Insbesondere weist jeder Magnet **121** eine sichelförmige Kreisbogenform in dessen lateralem Querschnitt zu der Gegen-Statorrichtung auf. Die Magnete **121** sind jedoch nicht jeweils auf die Kreisbogenform begrenzt, die konvex zu der Gegen-Statorrichtung hin ist. Beispielsweise kann jeder Magnet **121** derart konfiguriert sein, dass die linearen Oberlädchen des entsprechenden Magneten **121** an einem oder mehreren Abschnitten davon gebogen sind, um dadurch zu der Gegen-Statorrichtung hin konvex vorzuspringen.

[0446] Der Magnet **121** weist magnetische Ausrichtungen darin definiert auf, wobei die magnetische Ausrichtungen in Bezug auf die d-Achse geneigt sind, und jede schneidet sich mit den Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel. Die magnetischen Ausrichtungen können jedoch zumindest eine magnetische Ausrichtung aufweisen, die senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ausgerichtet ist. Jede der in dem Magneten **121** definierten magnetischen Ausrichtungen kann eine lineare Form oder eine nicht-lineare Form wie eine Kreisbogenform aufweisen.

[0447] Diese Konfiguration ermöglicht in dem Rotorkern **11**, dass eine Region, die näher an dem Stator **30** ist, als es jeder Magnet **121** ist, breiter ist, was es ermöglicht, in der Region eine Magnetkraft der Magnete zu erhöhen, die in dem Rotorkern **11** angeordnet sind.

Andere Ausführungsbeispiele

[0448] Ein Rotor, der eine der in den jeweiligen **Fig. 41** bis **Fig. 44** veranschaulichen Konfigurationen aufweist, kann als der Rotor **10** verwendet werden.

[0449] Bei dem in **Fig. 41** veranschaulichten Rotor **10** ist für jede d-Achse ein Paar von Magneteinbauöffnungen **12** geformt, wobei die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars im Wesentlichen eine V-Form aufweisen. Der Rotor **10** weist ebenfalls mehrere Paare von Magneten **141** auf, und die Magneten **141** von jedem Paar sind in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** des entsprechenden Paars eingebaut, so dass die Magnete **141** von jedem Paar derart angeordnet sind, dass sie eine V-Form aufweisen. Jedes der Magnete **141** ist in Bezug auf die d-Achse geneigt, und weist magnetische Ausrichtungen auf, die derart ausgerichtet sind, dass sie parallel zu der d-Achse sind oder nahe an der Richtung sind, die parallel zu der d-Achse ist. Jede der magnetischen Ausrichtungen schneidet sich mit Flusswirkungsoberflächen **141a** und **141b** des Magneten **141** bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel.

[0450] Zentrale (mittlere) Öffnungen **142** sind durch den Rotorkern **11** des Rotors **10** geformt, wobei jede der zentralen Öffnungen **142** sich auf der entsprechenden d-Achse zwischen den Magneteinbauöffnungen **12** des entsprechenden Paars befindet.

[0451] Die vorstehend beschriebene Konfiguration des Rotors **10** weist die magnetischen Ausrichtungen auf, die parallel zu der d-Achse oder nahe an der Richtung parallel zu der d-Achse ausgerichtet sind. Diese Konfiguration reduziert daher Komponenten des Magnetflusses, die von dem Rotor **10** erhalten werden, wobei die Komponenten des Magnetflusses der d-Achse zugewandt sind, wodurch eine Entmagnetisierung der d-Achse reduziert wird. Jede zentrale Öffnung **142** kann aus einem Raum selbst bestehen oder ein nicht-magnetisches Material kann in jede zentrale Öffnung **142** gefüllt werden.

[0452] Bei dem in **Fig. 42** veranschaulichten Rotor **10** ist ein Paar von Magneteinbauöffnungen **12** für jede d-Achse geformt, wobei die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars im Wesentlichen eine V-Form aufweisen. Der Rotor **10** weist ebenfalls mehrere Paare von Magneten **143** auf, und die Magneten **143** jedes Paars sind in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** des entsprechenden Paars eingebaut, so dass die Magneten **143** jedes Paars derart angeordnet sind, dass sie ein V-Form aufweisen. Jeder der Magnete **143** ist in Bezug auf die d-Achse geneigt und weist magnetische Ausrichtungen auf, die derart ausgerichtet sind, dass sie senkrecht zu der q-Achse sind oder nahe an der Richtung senkrecht zu der q-Achse sind. Jede der magnetischen Ausrichtungen schneidet sich mit Flusswirkungsoberflächen **143a** und **143b** des Magneten **143** bei einem nicht-rechtwinkligen Winkel.

[0453] Bei dem Rotorkern **11** sind ebenfalls mehrere Paare von Flussbarrieren **144** geformt, wobei die Flussbarrieren **144** von jedem Paar derart angeordnet sind, dass sie benachbart zu d-Achsen-Seitenenden der jeweiligen Magnete **141** des entsprechenden Paars sind, wobei die Flussbarrieren **144** jedes Paars sich entlang der entsprechenden d-Achse erstrecken.

[0454] Diese in **Fig. 42** veranschaulichte Konfiguration stärkt den Magnetfluss auf jeder q-Achse. Eine Ausrichtung von Magnetfeldlinien zu jedem q-Ach-

sen-Kernabschnittes des Rotorkerns **11** hin ermöglicht es, dass jeder q-Achsen-Kernabschnitt des Rotorkerns **11** magnetisch gesättigt wird, was es ermöglicht, Feldschwächungseffekte des Rotors **10** zu verbessern. In dem in **Fig. 42** veranschaulichten Rotor **10** ermöglicht eine Erhöhung eines Abstands der gleichen Pole quer über jede d-Achse, der als ein minimaler Abstand zwischen dem benachbarten Magneten **143** quer über die entsprechende d-Achse definiert ist, eine Reduktion der d-Achsen-Entmagnetisierung, d.h. eine Selbstentmagnetisierung des Rotors **10** auf der Grundlage des durch die jeweiligen benachbarten Magneten **143** erzeugen Magnetflusses.

[0455] Bei dem in **Fig. 43** veranschaulichten Rotor **10** ist ein Paar von Magneteinbauöffnungen **12** für jede d-Achse geformt, wobei die Magneteinbauöffnungen **12** jedes Paars im Wesentlichen eine V-Form aufweisen. Der Rotor **10** weist ebenfalls mehrere Paare von Magneten **145** auf, und die Magnete **145** von jedem Paar sind in der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut, so dass die Anordnung der Magnete **145** eines ersten Paars, das in eine erste Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, und die Anordnung der Magnete **145** eines zweiten Paars, das in eine zweite Magneteinbauöffnung **12** benachbart zu der ersten Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, derart angeordnet sind, dass sie eine V-Form aufweisen.

[0456] Jeder der Magnete **145** weist entgegengesetzte d- und q-Achsen-Seitenenden in dessen Längsrichtung auf, wobei das d-Achsen-Seitenende einer Endoberfläche des entsprechenden einem der Magneten **145** in Längsrichtung entspricht und das q-Achsen-Seitenende der anderen Endoberfläche des entsprechenden einem der Magneten **145** in Längsrichtung entspricht.

[0457] Jeder der Magnete **145** ist derart konfiguriert, dass die Länge von jedem der q- und d-Achsen-Seitenenden des entsprechenden einen der Magneten **145**, der eine oder mehrere magnetische Ausrichtungen aufweist, länger als die Längen der jeweiligen anderen Abschnitte in den entsprechenden einen der Magneten **145** ist.

[0458] Das heißt, dass jeder Magnet **145** eine statorseitige Flusswirkungsoberfläche aufweist, die flach ist und senkrecht zu den magnetischen Ausrichtungen ist, die in den entsprechenden Magneten **145** definiert sind. Jeder Magnet **145** weist ebenfalls eine gegen-statorseitige Flusswirkungsoberfläche auf, die eine gestufte Oberfläche ist. Während die Magnete **145** jedes Paars in den entsprechenden jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut werden, stößt die statorseitige Flusswirkungsoberfläche von einem der Magneten **145** an die statorseitige Flusswirkungsoberfläche des anderen davon.

[0459] Der in **Fig. 44** veranschaulichte Rotor **10** weist eine Vielzahl von Paaren von Magneten **146** auf, und die Magnete **146** jedes Paars sind in der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut, so dass die Anordnung der Magnete **146** eines ersten Paars, das in einer ersten Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, und die Anordnung der Magnete **146** eines zweiten Paars, das in einer zweiten Magneteinbauöffnung **12** benachbart zu der ersten Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, derart angeordnet sind, dass sie eine V-Form aufweisen.

[0460] Insbesondere weist jeder der Magnete **146** d- und q-Achsen-Seitenenden auf, die den jeweiligen Endoberflächen davon entsprechen. Jeder der Magnete **146**, der in der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnung **12** eingebaut ist, so dass die Anordnung des Paars der Magneten **146** derart konfiguriert ist, dass

1. die Länge von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die in dem q-Achsen-Seitenende der Anordnung definiert ist, kürzer als die Länge von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen ist, die in einem Mittelabschnitt davon definiert sind,

2. die Länge von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-Seitenende der Anordnung definiert sind, kürzer als die Länge von einer oder mehreren magnetischen Ausrichtungen ist, die in dem Mittelabschnitt davon definiert sind.

[0461] Die Anordnung des Paars der Magneten **146** weist eine startorseitige Flusswirkungsoberfläche auf, die als eine flache Oberfläche senkrecht zu den magnetischen Ausrichtungen konfiguriert ist, die in der Anordnung definiert sind, und weist ebenfalls eine gegen-statorseitige Flusswirkungsoberfläche auf.

[0462] Jeder der Magnete **146** des Paars weist eine geneigte Oberfläche als dessen gegen-statorseitige Oberfläche auf, während die Magnete **146** von jedem Paar in den entsprechenden jeweiligen Magneteinbauöffnungen **12** eingebaut sind, stößt die statorseitige Flusswirkungsoberfläche von einem der Magneten **146** an die statorseitige Flusswirkungsoberfläche des anderen der Magneten **146**.

[0463] Jeder der Magnete einschließlich der vorstehend beschriebenen Magneten **13** kann aus einer Vielzahl von unterteilten Magnetsegmenten bestehen. In dieser Modifikation werden die unterteilten Magnetsegmente vorzugsweise entlang der d-Achse für jede von beiden Seiten in Bezug auf die d-Achse angeordnet. Diese Anordnung der Magneten reduziert einen Wirbelsturmverlust jeden Magneten **13**, der als ein leitendes Element dient. Beispielsweise sind eine Vielzahl von Magneten, von denen je-

der beispielsweise im Wesentlichen einen quadratischen Querschnitt aufweist, d.h. unterteilte Magnete, die unterschiedliche magnetische Ausrichtungen aufweisen, zueinander ausgefluchtet, um jeden Magneten **13** zu bilden, der einen verlängerten Querschnitt aufweist. Dies führt zu einem Magneten **13** mit einem höheren Wert des Ausrichtungsverhältnisses im Vergleich zu einem Magneten, der einen verlängerten Querschnitt aufweist, bei dem magnetische Ausrichtungen unter Verwendung variabler magnetischer Ausrichtungen definiert worden sind.

[0464] Jeder der Rotoren **10** der vorstehend beschriebenen jeweiligen Konfigurationen kann frei dadurch geformt irgendeine Flussbarriere an jedem der d- und q-Achsen-Enden eines Magneten des entsprechenden einen des Rotors **10** aufweisen.

[0465] Jeder der vorstehend beschriebenen Rotoren **10** kann aus unterteilten Kernsegmenten in dessen axialem Querschnitt derart bestehen, dass die unterteilten Kernsegmente miteinander kombiniert werden, während sie in Umlaufsrichtung zu vorbestimmten jeweiligen Winkeln verschoben werden, was dazu führt, dass die Rotoren **10** eine geschrägte Struktur aufweisen. Diese geschrägte Struktur jedes Rotors **10** reduziert Drehmomentwelligkeiten der entsprechenden rotierenden elektrischen Maschine.

[0466] Anstelle der rotierenden elektrischen Maschinen, von denen jede den Rotor **10** mit den Magneten wie den Magneten **13** und den Stator **30** mit den Statorwicklungen **33** aufweist, können rotierende elektrische Maschinen verwendet werden, bei denen die Statorwicklungen **33** an dem Rotor **10** angebracht werden können. In dieser Modifikation wurden Magneteinbauöffnungen, die eine der verschiedenen Typen von Formen, die vorstehend beschrieben worden sind, in einem Statorkern geformt, der aus einem weichmagnetischen Kern konfiguriert ist, und Magneten, die jeweils eine der verschiedenen Typen von Formen, die vorstehend beschrieben worden sind, aufweisen, wurden in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen eingebaut.

[0467] Die vorliegende Erfindung kann auf andere Motoren oder elektromagnetische Maschinen anstelle von rotierenden elektrischen Maschinen angewendet werden. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung bei einem Linearmotor angewendet werden, der in der Lage ist, ein bewegliches Element linear zu bewegen. Das heißt, dass die vorliegende Erfindung bei Motoren oder elektromagnetischen Maschinen angewendet werden kann, solange wie die Motoren oder elektromagnetische Maschinen Magnete aufweisen, die jeweils derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung zugewandt sind, wobei die Magnete

1. jeweils konfiguriert sind, einen relativen Betrieb in Bezug auf die entsprechende Wicklung durchzuführen, wenn die entsprechende Wicklung gespeist wird,

2. derart angeordnet sind, dass ihre Polaritäten abwechselnd in einer Richtung des relativen Betriebs geändert sind.

[0468] Obwohl veranschaulichte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Offenbarung hier beschrieben worden sind, ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele begrenzt, sondern umfasst beliebige und alle Ausführungsbeispiele mit Modifikationen, Weglassungen, Kombinationen (beispielsweise von Ausgestaltungen über verschiedene Ausführungsbeispiele hinweg), Adaptionen und/oder Änderungen, wie sie durch den Fachmann auf der Grundlage der vorliegenden Offenbarung gewürdigt würden. Die vorliegende Offenbarung kann in verschiedenen Kombinationen ausgeführt werden, und kann ein oder mehrere zusätzliche Elemente zu jedem der Ausführungsbeispiele aufweisen. Die vorliegende Offenbarung kann eine Struktur jedes Ausführungsbeispiels aufweisen, bei dem ein Teil oder mehrere Teile und/oder ein oder mehrere Komponenten wegelassen worden sind. Die Begrenzungen in den Patentansprüchen sind breit der Grundlage des in den Patentansprüchen angewendeten Wortlauts zu interpretieren und nicht auf Beispiele begrenzt, die in der vorliegenden Beschreibung oder während der Verfolgung der Anmeldung beschrieben sind, wobei diese Beispiele als nicht ausschließlich zu verstehen sind. Der offenbarte technische Bereich kann verschiedene Modifikationen der Begrenzungen in den Patentansprüchen innerhalb des Umfangs oder einer äquivalenten Region der vorliegenden Offenbarung umfassen.

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

- JP 2017149184 [0001]
- JP 2018026511 [0001]
- JP 2018026512 [0001]
- JP 2018026513 [0001]
- JP 2018026514 [0001]
- JP 2018143375 [0001]

Patentansprüche

1. Magnetische Erzeugungsvorrichtung für einen Motor (1) mit:
einer Vielzahl von Magneten (13), die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung (33) zugewandt sind, und die in Bezug auf die Wicklung beweglich sind, wenn die Wicklung gespeist wird, wobei die Magnete in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet sind, während magnetische Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind,
wobei jeder der Magnete aufweist:
ein erstes Magnetelement (21), das konfiguriert ist, einen Magnetfluss entsprechend einer entsprechenden der Polaritäten zu erzeugen, wobei das erste Magnetelement erste magnetische Ausrichtungen aufweist, die darin definiert sind, und
ein zweites Magnetelement (22), das an einem q-Achsen-Seitenende des entsprechenden Magneten vorgesehen ist, das sich näher an einer Polbegrenzung befindet, wobei das zweite Magnetelement zweite magnetische Ausrichtungen aufweist, die darin definiert sind, wobei die zweiten magnetischen Ausrichtungen sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen schneiden.

2. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei
der Motor als eine rotierende elektrische Maschine (1) entworfen ist, der aufweist:
ein Wicklungselement, in dem die Wicklung gewickelt ist, und
ein Magnethalteelement, der die Magnete aufweist und radial angeordnet ist, um dem Wicklungselement zugewandt zu sein, wobei die magnetische Erzeugungsvorrichtung als das Magnetelement verwendet wird,
das erste Magnetelement eine Vielzahl erster Magnetelemente aufweist, die in dem Magnetelement in einer Umlaufsrichtung des Magnetelements mit vorbestimmten Unterteilungen angeordnet sind, und
das zweite Magnetelement eine Vielzahl zweiter Magnetelemente aufweist, wobei jedes der zweiten Magnetelemente für ein q-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente vorgesehen ist.

3. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei
das Magnethalteelement einen weichmagnetischen Kern (11) aufweist, der Magneteinbauöffnungen (12) aufweist, die sich quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse befinden, und
die ersten und zweiten Magnetelemente in jede der Magneteinbauöffnungen eingebaut sind.

4. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei
das q-Achsen-Seitenende von jedem der ersten Magnetelemente einen ersten Flussverstärkungspunkt (P1) aufweist, der am nächsten zu dem Wicklungselement ist, und
jedes der zweiten Magnetelemente konfiguriert ist, den Magnetfluss an dem ersten Flussverstärkungspunkt des q-Achsen-Seitenendes des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente zu stärken.

5. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei
jedes der ersten und zweiten Magnetelemente im Wesentlichen eine rechteckige Form in einem lateralen Querschnitt davon sowie ein Paar gegenüberliegender Flusswirkungsoberflächen aufweist,
die ersten magnetischen Ausrichtungen und die zweiten magnetischen Ausrichtungen der jeweiligen ersten und zweiten Magnetelemente senkrecht zu den gegenüberliegenden Flusswirkungsoberflächen des entsprechenden einen der ersten und zweiten Magnetelemente sind, und
die ersten und zweiten Magnetelemente in dem weichmagnetischen Kern derart angeordnet sind, dass ein erster Winkel von zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse oder q-Achse sich von einem zweiten Winkel der zumindest einen der zweiten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse oder q-Achse unterscheidet.

6. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei
ein Winkel, der zwischen zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente und zumindest einem der zweiten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente derart eingestellt ist, dass er ein spitzer Winkel ist.

7. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei
die ersten Magnetelemente quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie voneinander als ein Paar von Hauptmagneten getrennt sind, und
die ersten magnetischen Ausrichtungen jedes ersten Magnetelements in Bezug auf die d-Achse geneigt sind und sich mit der d-Achse an einem Abschnitt des Kerns schneiden, wobei der Abschnitt des Kerns sich näher an der Ankerwicklung als an einer Gegen-Ankerwicklungsseite befindet,
wobei die magnetische Erzeugungsvorrichtung weiterhin aufweist:
eine Vielzahl dritter Magnetelemente (23), die jeweils dritte magnetische Ausrichtungen aufweisen, wobei jedes der dritten Magnetelemente an einem d-Achsen-Seitenende des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente derart vorgesehen ist, dass die

dritten magnetischen Ausrichtungen sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente schneiden.

8. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei
das d-Achsen-Seitenende von jedem der Hauptmagnete des Paars, das sich quer über die d-Achse hinweg befindet, einen zweiten Flussverstärkungspunkt (P2) aufweist, der sich am nächsten zu dem d-Achsen-Seitenende des anderen der Hauptmagnete des Paars befindet, und
jedes der dritten Magnetelemente konfiguriert ist, den zweiten Flussverstärkungspunkt von jedem der Hauptmagnete des Paars zu stärken.

9. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei ein Winkel, der zwischen zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente und zumindest einer der dritten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der dritten Magnetelemente derart eingestellt ist, dass es ein spitzer Winkel ist.

10. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei
jede der Magneteinbauöffnungen einen d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt aufweist, der sich zwischen dem entsprechenden Paar der Magnete befindet und der einen Abschnitt verlängert, der sich zu der d-Achse hin erstreckt,
jedes der dritten Magnetelemente in dem d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen angeordnet ist, und
jede der Magneteinbauöffnungen eine Flussbarriere (25) aufweist, die derart angeordnet ist, dass sie näher an die d-Achse als die entsprechende eine der dritten Magnetelemente ist.

11. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, wobei
die Magneteinbauöffnungen sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart befinden, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und
die Magnete quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

12. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei jedes der ersten und zweiten Magnetelemente einen Wert einer Koerzitivkraft aufweist, wobei der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements kleiner als der Wert der Koerzitivkraft des ersten Magnetelements ist.

13. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei jedes der ersten und zweiten Magnetelemente einen Wert einer Koerzitivkraft aufweist, wobei der Wert der Koerzitivkraft des ersten Magnetelements kleiner als der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements ist.

14. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei jedes der zweiten und dritten Magnetelemente einen Wert einer Koerzitivkraft aufweist, wobei der Wert der Koerzitivkraft des zweiten Magnetelements sich von dem Wert der Koerzitivkraft des dritten Magnetelements unterscheidet.

15. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, wobei
jedes der ersten Magnetelemente unterteilte Magnetsegmente (27a, 27b) in einer Richtung von der q-Achse zu der d-Achse aufweist, wobei jedes der Magnetsegmente zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen aufweist, wobei die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen von einem der Magnetsegmente sich von einer der zumindest einen der ersten magnetischen Ausrichtungen eines anderen der Magnetsegmente unterscheidet,
die Magnetsegmente zumindest ein q-Achsen-Seitensegment und ein d-Achsen-Segment aufweisen, wobei das q-Achsen-Seitensegment sich näher an der q-Achse befindet, als es das d-Achsen-Segment ist, wobei das d-Achsen-Seitensegment sich näher an der d-Achse befindet, als es das q-Achsen-Segment ist, und
die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen des q-Achsen-Seitensegments näher an einer Richtung parallel zu der q-Achse ist, als es die zumindest eine der ersten magnetischen Ausrichtungen des d-Achsen-Seitensegments ist.

16. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 15, wobei
die Magnetsegmente von jedem ersten Magnetelement jeweilige Enden aufweisen, die einander zugewandt sind, und
die Magnetsegmente von jedem ersten Magnetelement derart angeordnet sind, dass die Enden der jeweiligen Magnetsegmente eine konvexe Form zu der Wicklung hin aufweisen.

17. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 16 wobei der weichmagnetische Kern eine äußere Oberfläche aufweist, die dem Wicklungselement zugewandt ist, und eine Nut (42, 43) aufweist, die in der äußeren Oberfläche derart geformt ist, dass sie sich entlang einer axialen Richtung des weichmagnetischen Kerns erstreckt.

18. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 17, wobei der weichmagnetische Kern ein Rotorkern ist, der aufweist:
eine Durchgangsöffnung (14), die durch einen zentralen Abschnitt davon geformt ist, wobei eine Drehwel-

le (40) drehbar in der Durchgangsöffnung angeordnet ist, und die Durchgangsöffnung eine innere umlaufende Oberfläche aufweist, und
einen Vorsprung (14a), der an der inneren umlaufenden Oberfläche der Durchgangsöffnung geformt ist und sich auf d-Achse für jeden Pol befindet, wobei der Vorsprung sich derart erstreckt, dass er an einer äußeren umlaufenden Oberfläche der Drehwelle anstößt.

19. Magnetische Erzeugungsvorrichtung für einen Motor (1) mit:
einer Vielzahl von Magneten (13), die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung (33) zugewandt sind, und die in Bezug auf die Wicklung beweglich sind, wenn die Wicklung gespeist wird, wobei die Magneten in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet sind, während die magnetischen Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind,
wobei jeder der Magnete aufweist:
eine Vielzahl erster Magnetelemente (21), die sich quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart befinden, dass sie getrennt voneinander sind, wobei jedes der ersten Magnetelemente erste magnetische Ausrichtungen aufweist, die darin definiert sind, wobei die ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente in Bezug auf die d-Achse geneigt sind und sich mit der d-Achse an einer vorbestimmten Position schneiden, wobei die vorbestimmte Position sich näher an der Ankerwicklung als an einer Gegen-Ankerwicklungsseite befindet, und
eine Vielzahl zweiter Magnetelemente (23), die jeweils an einem d-Achsen-Seitenende eines entsprechenden der ersten Magnetelemente vorgesehen sind, wobei jedes der zweiten Magnetelemente zweite magnetische Ausrichtungen aufweist, die darin definiert sind, wobei die zweiten magnetischen Ausrichtungen von jedem der zweiten Magnetelemente sich mit den ersten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente schneiden.

20. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 19, wobei:
der Motor als eine rotierende elektrische Maschine (1) entworfen ist, die aufweist:
ein Wicklungselement (30), in dem eine Wicklung gewickelt ist, und
ein Magnethaltelement (10), das die Magneten aufweist und das radial angeordnet ist, um dem Wicklungselement zugewandt zu sein, wobei die magnetische Erzeugungseinrichtung als ein Magnetelement verwendet wird,
das Magnethalteelement einen weichmagnetischen Kern (11) aufweist, der Magneteinbauöffnungen (12) aufweist, die quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind, und
die ersten und zweiten Magnetelemente in jeder der Magneteinbauöffnungen eingebaut sind.

21. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 20, wobei
die Magneteinbauöffnungen sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und
die Magnete quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

22. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, wobei:
jede der Magneteinbauöffnungen einen d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt aufweist, der sich zwischen dem entsprechenden Paar der Magnete befindet und der einen Abschnitt verlängert, der sich zu der d-Achse hin erstreckt,
jedes der zweiten Magnetelemente in dem d-Achsen-Seitenverlängerungsabschnitt der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen angeordnet ist, und
jede der Magneteinbauöffnungen eine Flussbarriere (25) aufweist, die derart angeordnet ist, dass sie näher an der d-Achse als das entsprechende eine der zweiten Magnetelemente angeordnet ist.

23. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, wobei:
jedes der ersten Magnetelemente des Paars, das sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol befindet, einen Flussverstärkungspunkt (P2) aufweist, der am nächsten zu dem anderen der ersten Magnetelemente ist, und
jedes der zweiten Magnetelemente konfiguriert ist, den Flussverstärkungspunkt des entsprechenden einen der ersten Magnetelemente zu stärken.

24. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, wobei:
ein Winkel, der zwischen zumindest einer der ersten magnetischen Ausrichtungen von jedem der ersten Magnetelemente und zumindest einer der zweiten magnetischen Ausrichtungen des entsprechenden einen der zweiten Magnetelemente geformt wird, derart eingestellt ist, dass er ein spitzer Winkel ist.

25. Weichmagnetischer Kern, der derart anzuordnen ist, dass er einer Wicklung (33) einer rotierenden elektrischen Maschine (1) mit Innenmagnet zugewandt ist, zum Halten einer Vielzahl von Magneten (51, 71, 101, 121), wobei der weichmagnetische Kern aufweist:
eine Vielzahl von Magneteinbauöffnungen, die darin definiert sind, in denen jeweils ein entsprechender der Magnete einzubauen ist, wobei:
die Magneteinbauöffnungen ein Paar von Magneteinbauöffnungen aufweisen, die quer über die d-Ach-

se hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind, wobei die Magneteinbauöffnungen des Paars im Wesentlichen eine V-Form derart aufweisen, dass ein Gegenüberliegungsabstand zwischen den Magneteinbauöffnungen zu der Wicklungsseite hin länger wird,
jede der Magneteinbauöffnungen des Paars ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende aufweist, und
der Zwischenabschnitt derart angeordnet ist, dass er konvex zu der Wicklungsseite hin ist.

26. Weichmagnetischer Kern nach Anspruch 25, wobei:
die rotierende elektrische Maschine aufweist:
einen ringförmigen Stator (30), in dem die Wicklung gewickelt ist, und
einen Rotor (10), der radial innerhalb des Stators derart angeordnet ist, dass er dem Stator zugewandt ist, wobei der Rotor die Magnete aufweist,
der weichmagnetische Kern als ein Rotorkern (11) zu verwenden ist, der den Rotor bildet, und
der Zwischenabschnitt derart angeordnet ist, dass er konvex zu der Statorseite hin ist.

27. Weichmagnetischer Kern nach Anspruch 25 oder 26, wobei:
die Magneteinbauöffnungen sich quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart befinden, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

28. Magnetische Erzeugungsvorrichtung für einen Motor (1) mit.
einer Vielzahl von Magneten (51, 71, 101, 121), die derart angeordnet sind, dass sie einer Wicklung (33) zugewandt sind, und die in Bezug auf die Wicklung bei Speisung der Wicklung beweglich sind, wobei die Magnete in einer relativen Bewegungsrichtung angeordnet sind, während magnetische Polaritäten auf der Grundlage der Magneten abwechselnd geändert sind,
wobei jeder der Magnete aufweist:
Flusswirkungsoberflächen, die an jeweiligen Wicklungs- und Gegen-Wicklungsseiten angeordnet sind, um Magnetfluss zu erzeugen, und
magnetische Ausrichtungen, die darin definiert sind, die sich mit zumindest einer der Flusswirkungsoberflächen bei einem nicht-orthogonalen Winkel schneiden.

29. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 28, wobei:
der Motor als eine rotierende elektrische Maschine (1) entworfen ist, die aufweist:
ein Wicklungselement (30), in dem die Wicklung gewickelt ist,
ein Magnethalteelement (10), das die Magneten aufweist und das radial derart angeordnet ist, dass es dem Wicklungselement zugewandt ist, wobei die magnetische Erzeugungsvorrichtung als das Magnetelement verwendet wird,
das Magnethalteelement einen weichmagnetischen Kern (11) aufweist, der Magneteinbauöffnungen (12) aufweist, die quer über eine d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind, und
die Magnete in den jeweiligen Magneteinbauöffnungen eingebaut sind.

30. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 29, wobei:
die magnetischen Einbauöffnungen quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind, und
die Magnete quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol derart angeordnet sind, dass sie symmetrisch um die d-Achse sind.

31. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, wobei:
die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete derart geändert sind, dass die magnetischen Ausrichtungen eine erste Ausrichtung an einer wicklungsseitigen Flussoberfläche aufweisen und eine zweite Ausrichtung an der gegen-wicklungsseitigen Flussoberfläche aufweisen, wobei die erste Ausrichtung sich von der zweiten Ausrichtung unterscheidet.

32. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 31, wobei:
die magnetischen Ausrichtungen für jeden der Magnete von der q-Achse zu der d-Achse derart geändert sind, dass die magnetischen Ausrichtungen eine orthogonale Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen aufweisen, die näher an einer Richtung orthogonal zu der q-Achse ist, und eine parallele Ausrichtung in den magnetischen Ausrichtungen aufweisen, die näher an einer Richtung parallel zu der d-Achse sind, so dass sich eine nicht-linear konvexe Form zu der Gegen-Wicklungsseite hin ergibt.

33. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 31, wobei:
die magnetischen Ausrichtungen für jeden der Magnete von der d-Achse zu der q-Achse derart geändert sind, dass die magnetischen Ausrichtungen eine orthogonale Ausrichtung aufweisen, die näher an einer Richtung orthogonal zu der d-Achse ist, und eine parallele Ausrichtung aufweisen, die näher an einer Richtung parallel zu der q-Achse ist, so dass sich eine nicht-lineare konvexe Form zu der Gegen-Wicklungsseite hin ergibt.

34. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 33, wobei:

jeder der Magnete ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern aufweist, und
das q-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern derart angeordnet ist, dass es radial näher an der Wicklung ist, als es das d-Achsen-Seitenende ist, und
der Zwischenabschnitt derart angeordnet ist, dass er konvex zu der Wicklungsseite hin ist.

35. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 34, wobei:
jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magnete sich mit jeder der Flusswirkungsoberflächen zu dem nicht-orthogonalen Winkel schneidet,
jeder der Magnete Endoberflächen aufweist, die parallel zu den magnetischen Ausrichtungen sind und sich mit den Flusswirkungsoberflächen schneiden, und
jede der Magneteinbauöffnungen eine Flussbarriere (53, 54) aufweist, die sich an einer äußeren Seite von zumindest einem eines d-Achsen-Seitenendes und eines q-Achsen-Seitentendes des entsprechenden Magneten befindet.

36. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, wobei:
jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten in Bezug auf die d-Achse geneigt ist, und sich mit jeder der Flusswirkungsoberflächen zu dem nicht-orthogonalen Winkel schneidet.

37. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 36, wobei:
die Magnete quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol angeordnet sind, um sich an beiden Seiten der d-Achse zu befinden, und
die magnetischen Ausrichtungen der jeweiligen Magnete, die quer über die d-Achse hinweg angeordnet sind, in Bezug auf die d-Achse geneigt sind und sich miteinander an einem Abschnitt des weichmagnetischen Kerns schneiden, wobei der Abschnitt sich näher an der Wicklung befindet, als es die Magneteinbauöffnung ist.

38. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 36 oder 37, wobei:
jede der magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten sich mit jeder der Flusswirkungsoberflächen zu dem nicht-orthogonalen Winkel schneidet, und
jeder der Magnete Endoberflächen aufweist, wobei zumindest eine der Endoberflächen parallel zu den magnetischen Ausrichtungen ist und sich mit den Flusswirkungsoberflächen schneidet.

39. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 36 bis 38, wobei:
jeder der Magnete eine erste Länge von zumindest einer Endausrichtung der magnetischen Ausrichtungen, die in einer von Endoberflächen definiert sind, die sich mit der Flusswirkungsoberfläche schneidet, und eine zweite Länge von zumindest einer Mittelausrichtung der magnetischen Ausrichtungen, die in einem Mittelabschnitt zwischen den Endoberflächen definiert sind, aufweist, wobei die erste Länge der zumindest einen Endausrichtung länger als die zweite Länge der zumindest einen Mittelausrichtung ist.

40. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 36 bis 39, wobei:
jeder der Magnete einen d-Achsen-näheren Abschnitte und einen q-Achsen-näheren Abschnitt aufweist, wobei der d-Achsen-nähere Abschnitt näher an der d-Achse ist, als es der q-Achsen-nähere Abschnitt ist, wobei der q-Achsen-nähere Abschnitt näher an der q-Achse ist, als es der d-Achsen-nähere Abschnitt ist, und
zumindest eine d-Achsen-nähere Ausrichtung der magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind, sich von zumindest einer q-Achsen-näheren Ausrichtung der magnetischen Ausrichtungen unterscheidet, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind.

41. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 40, wobei:
die zumindest eine d-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt jedes Magneten definiert ist, näher an einer Richtung ist, die parallel zu der d-Achse ist, als es die zumindest eine q-Achse-nähere Ausrichtung ist, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt des entsprechenden Magneten definiert ist.

42. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 41, wobei:
eine Neigung (θ2) der zumindest einen q-Achsen-näheren Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt von jedem Magneten definiert ist, in Bezug auf eine Richtung, die senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ist, größer als eine Neigung (θ1) der zumindest einen d-Achsen-näheren Ausrichtung, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt des entsprechenden Magneten definiert ist, in Bezug auf die Richtung, die senkrecht zu den Flusswirkungsoberflächen ist, ist.

43. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 40, wobei:
die zumindest eine q-Achsen-nähere Ausrichtung, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt von jedem Magneten definiert ist, näher an einer Richtung ist, die parallel zu der q-Achse ist, als es die zumindest eine d-Achsen-nähere Ausrichtung ist, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt des entsprechenden Magneten definiert ist.

44. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 36 bis 39, wobei:
die Magneteinbauöffnungen ein Paar von Magneteinbauöffnungen aufweisen, die quer über die d-Achse hinweg für jeden Pol an beiden Seiten der d-Achse angeordnet sind, wobei die Magneteinbauöffnungen jedes Paars im Wesentlichen eine V-Form derart aufweisen, dass ein Gegenüberliegungsabstand zwischen den Magneteinbauöffnungen zu der Wicklungsseite hin größer wird, und
jeder der Magnete einen ersten Magnetabschnitt und einen zweiten Magnetabschnitt quer über die d-Achse hinweg aufweist, wobei der erste Magnetabschnitt ein d-Achsen-Seitenende aufweist und der zweite Magnetabschnitt ein q-Achsen-Seitenende aufweist, und
zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen, die in dem zweiten Magnetabschnitt definiert sind, näher an einer Richtung ist, die senkrecht zu der q-Achse ist, als es zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen ist, die in dem ersten Magnetabschnitt definiert sind.

45. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 44, wobei:
zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen, die in dem ersten Magnetabschnitt definiert sind, parallel zu der d-Achse ist.

46. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, wobei:
jeder der Magnete ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern aufweist, und
das q-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern derart angeordnet ist, dass es radial näher an der Wicklung ist, als es das d-Achsen-Seitenende ist, und
der Zwischenabschnitt derart angeordnet ist, dass er konvex zu der Wicklungsseite hin ist.

47. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, wobei:
jeder der Magnete ein q-Achsen-Seitenende, ein d-Achsen-Seitenende und einen Zwischenabschnitt zwischen dem q-Achsen-Seitenende und dem d-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern aufweist, und
das q-Achsen-Seitenende in dem weichmagnetischen Kern derart angeordnet ist, dass es radial näher an der Wicklung ist, als es das d-Achsen-Seitenende ist, und
der Zwischenabschnitt derart angeordnet ist, dass er konvex zu der Gegen-Wicklungsseite hin ist.

48. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 46 oder 47, wobei
jeder der Magnete einen d-Achsen-näheren Abschnitt und einen q-Achsen-näheren Abschnitt aufweist, wobei der d-Achsen-nähere Abschnitt näher an der d-Achse ist, als es der q-Achsen-nähere Abschnitt ist, und der q-Achsen-nähere Abschnitt näher an der q-Achse ist, als es der d-Achsen-nähere Abschnitt ist, und
zumindest eine der magnetischen Ausrichtungen, die in dem d-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind, sich von zumindest einer der magnetischen Ausrichtungen unterscheidet, die in dem q-Achsen-näheren Abschnitt definiert sind.

49. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 48, wobei:
die magnetischen Ausrichtungen von jedem der Magneten jeweils eine Kreisbogenform aufweisen.

50. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 49, wobei:
die Magnete ein Paar eines erstseitigen Magneten und eines zweitseigen Magneten aufweisen, die quer über einen d-Achsen-Kernabschnitt (55) des weichmagnetischen Kerns angeordnet sind,
wobei jeder der ersten- und zweitseitigen Magnete ein Wicklungsseitenende und ein Gegen-Wicklungsseitenende aufweisen, die einander entgegengesetzt sind, und
der weichmagnetische Kern ein nicht-magnetisches Element (54) für jeden der ersten- und zweitseitigen Magnete aufweist, wobei das nicht-magnetische Element (54) sich von dem Wicklungsseitenende des entsprechenden einen der ersten- und zweitseitigen Magnete zu der Gegen-Wicklungsseite quer über den d-Achsen-Kernabschnitt (55) erstreckt.

51. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 50, wobei:
das nicht-magnetische Element für jeden der erst- und zweitseitigen Magneten aus einem nicht-magnetischem Material besteht, das in einem Teil der entsprechenden einen der Magneteinbauöffnungen eingebaut ist.

52. Magnetische Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 50 oder 51, wobei der weichmagnetische Kern ein Rotorkern ist, der aufweist:
eine Durchgangsöffnung (14), die durch einen zentralen Abschnitt davon geformt ist, wobei eine Drehwelle (40) durch die Durchgangsöffnung drehbar angeordnet ist, wobei die Durchgangsöffnung eine innere Umlaufoberfläche davon aufweist, und das nicht-magnetische Element (54) für jeden der erst- und zweitseitigen Magnete zu der q-Achsen-Seite über einer virtuellen Linie hinaus vorspringt, wobei die virtuelle Linie derart definiert ist, dass sie einen radial innersten Punkt des entsprechenden einen der erst- und zweitseitigen Magnete und eine Mitte des Rotorkerns verbindet.

53. Verfahren zur Herstellung eines Magneten (51, 71), der für eine rotierende elektrische Maschine (1) zu verwenden ist, wobei das Verfahren aufweist:
Einfüllen eines magnetischen Pulverelements in eine Gussform (63, 81), die in einem durch eine Magnetfeldspule (61, 81) erzeugtes Magnetfeld anzuordnen ist, und
Anlegen einer vorbestimmten magnetischen Ausrichtung an das in die Gussform gefüllte magnetische Pulverelement auf der Grundlage des Magnetfeldes, während das durch die Magnetfeldspule erzeugte Magnetfeld auf der Grundlage eines Ausrichtungskerns (62, 82) gebogen wird, und
Sintern des magnetischen Pulverelements, das in die Gussform gefüllt ist.

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

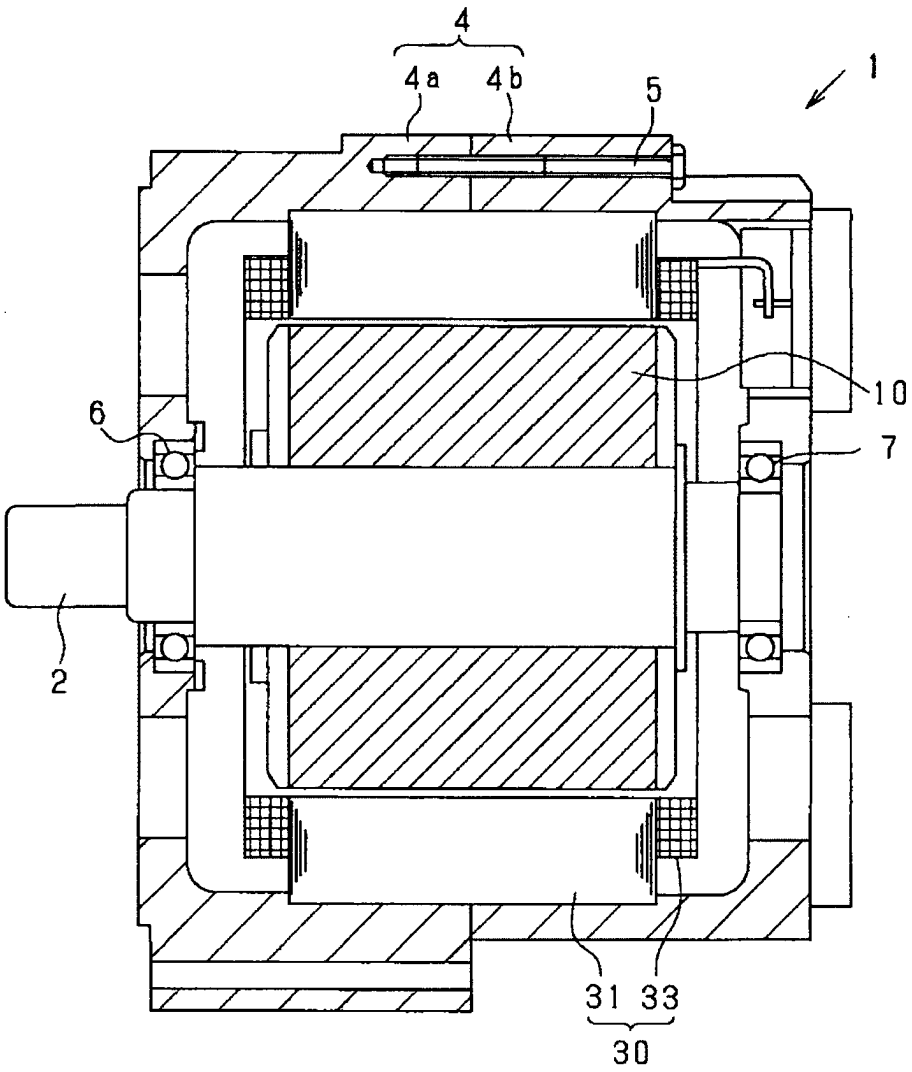


FIG.2

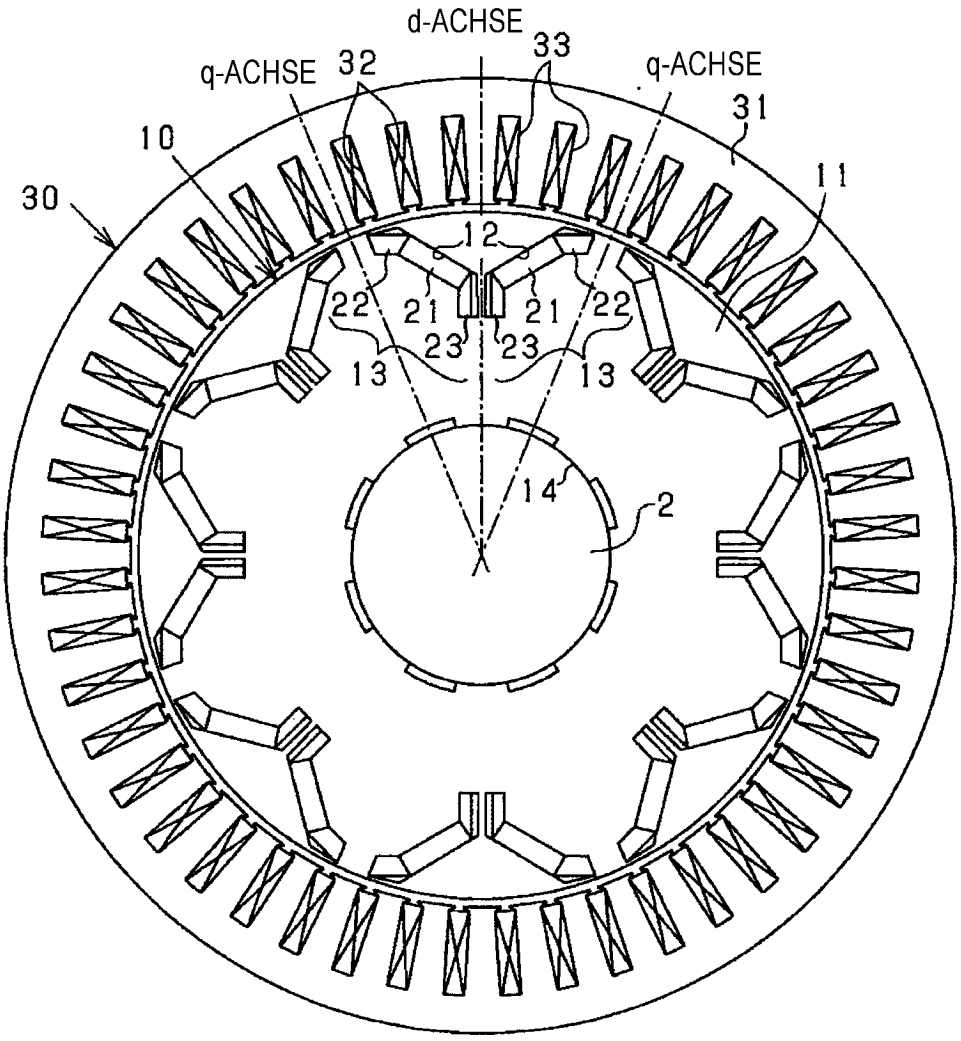

d-ACHSE
q-ACHSE
32
33
q-ACHSE
31
10
11
30
12
22
21
21
22
23
23
13
13
14
2

FIG.3

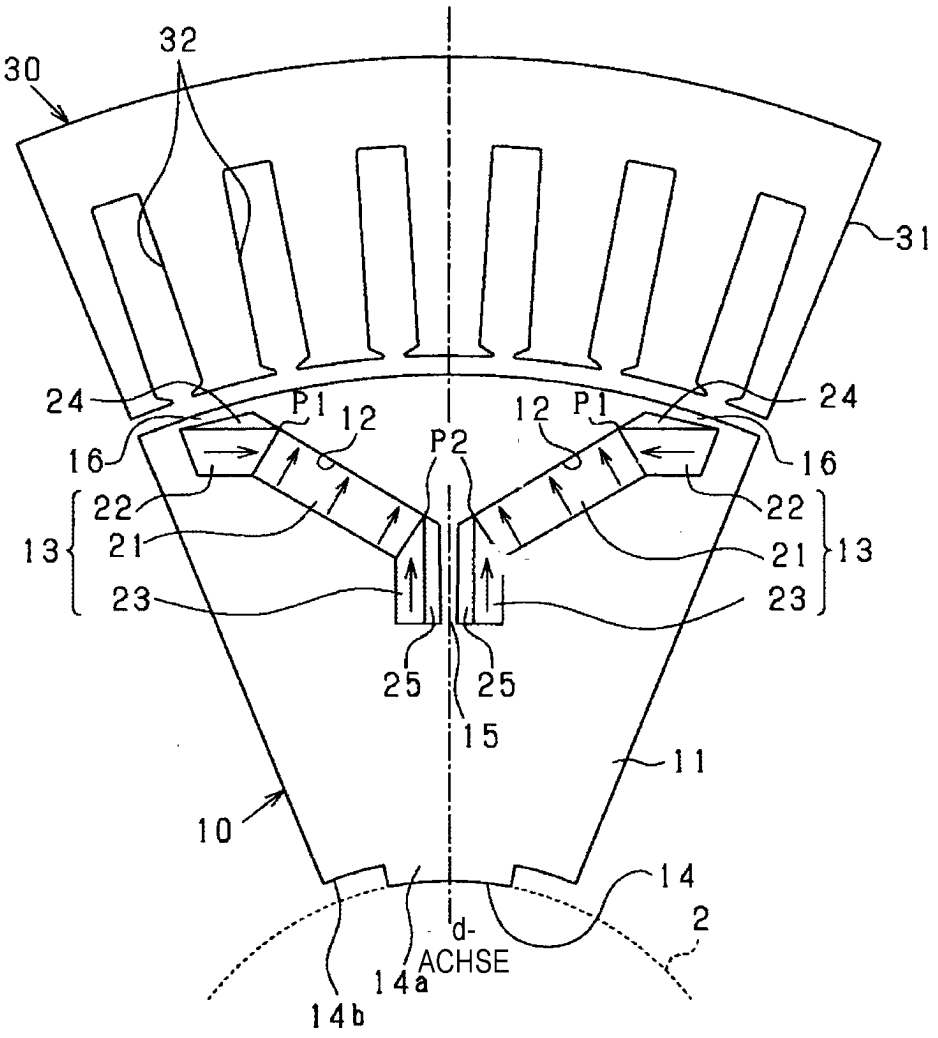

30
32
31
24
24
P1
12
12
P1
P2
16
16
22
22
13
21
21
13
23
23
25
25
15
11
10
14
2
d-
ACHSE
14a
14b

FIG.4

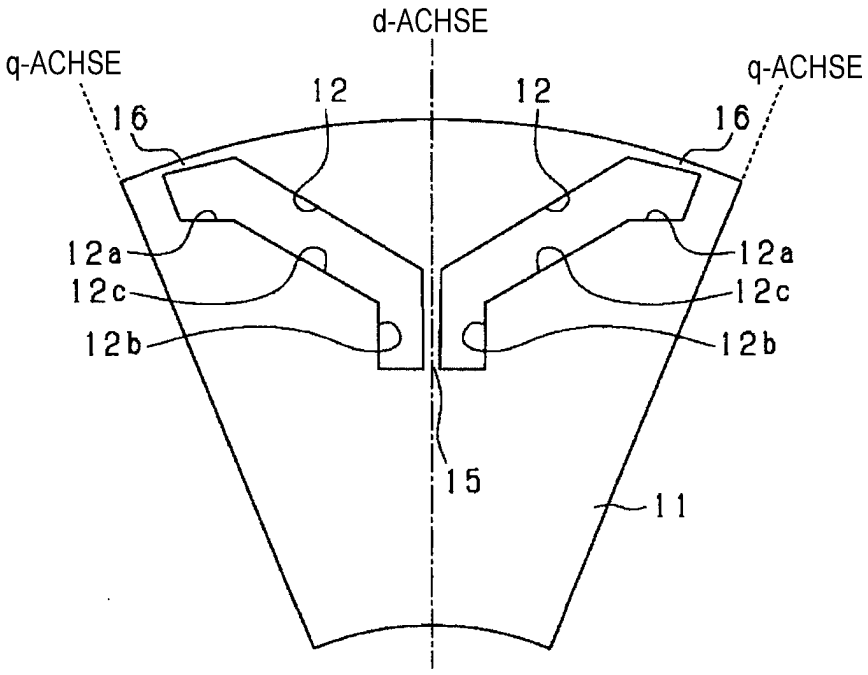


FIG.5(a)

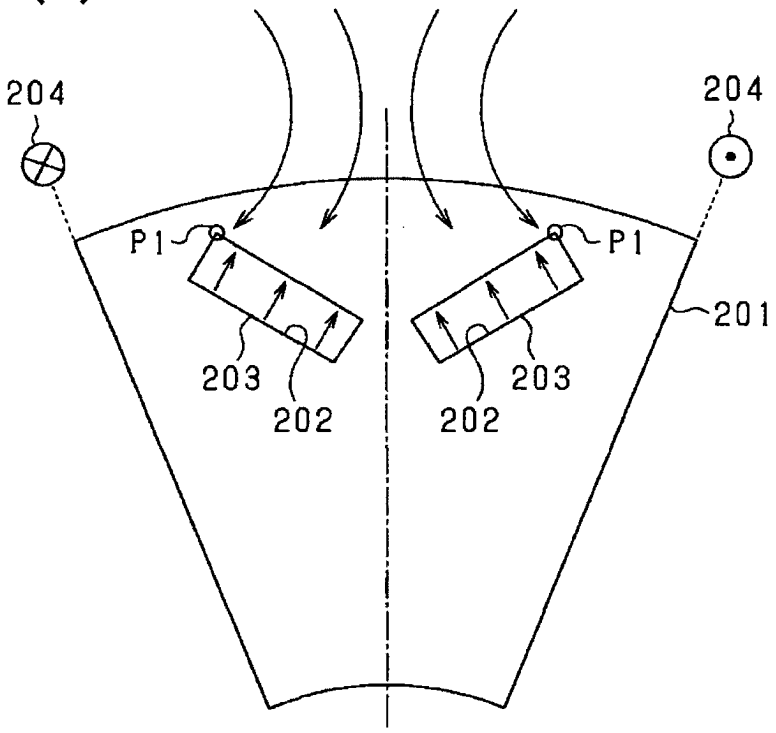


FIG.5(b)

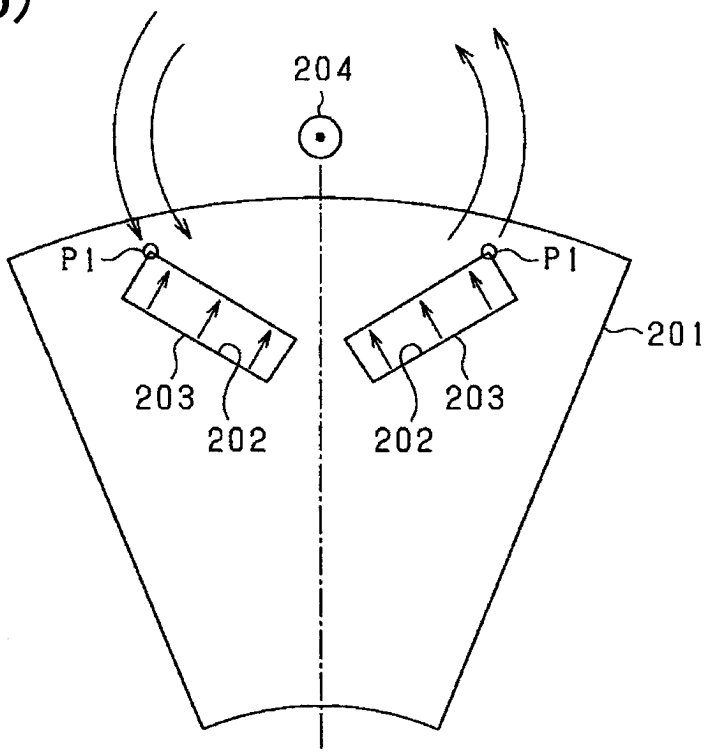


FIG.6

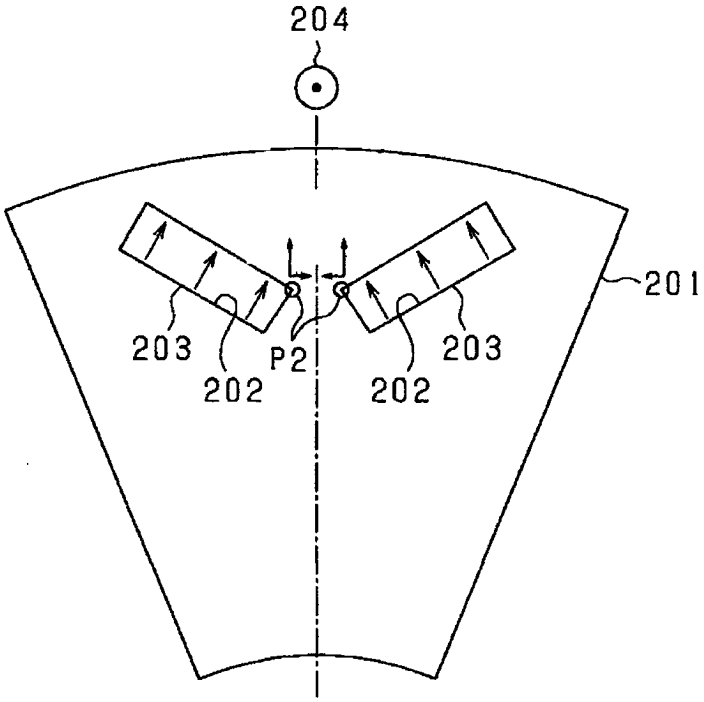

204
201
203
202
P2
202
203

FIG.7

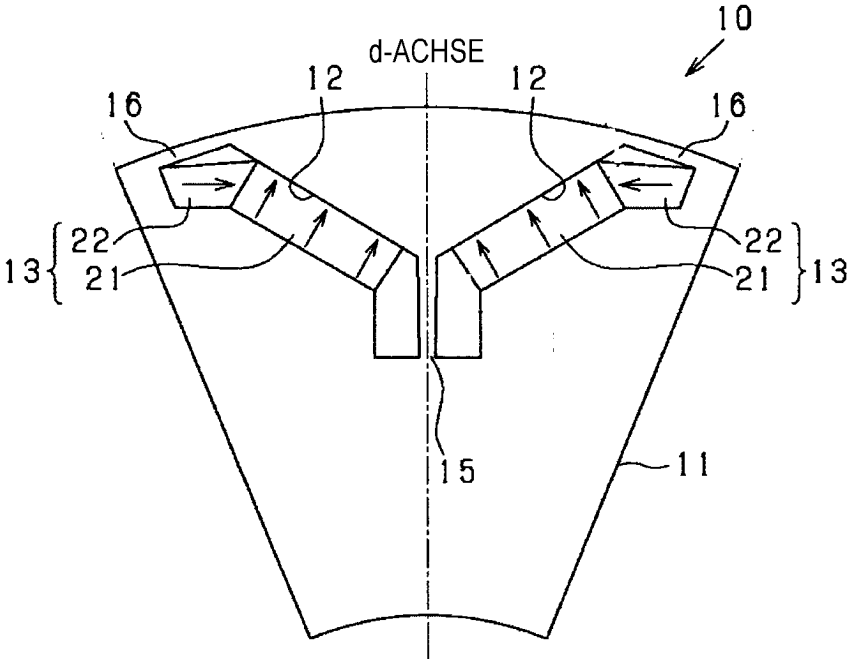

10
d-ACHSE
12
12
16
16
13
22
21
22
21
13
15
11

FIG.8

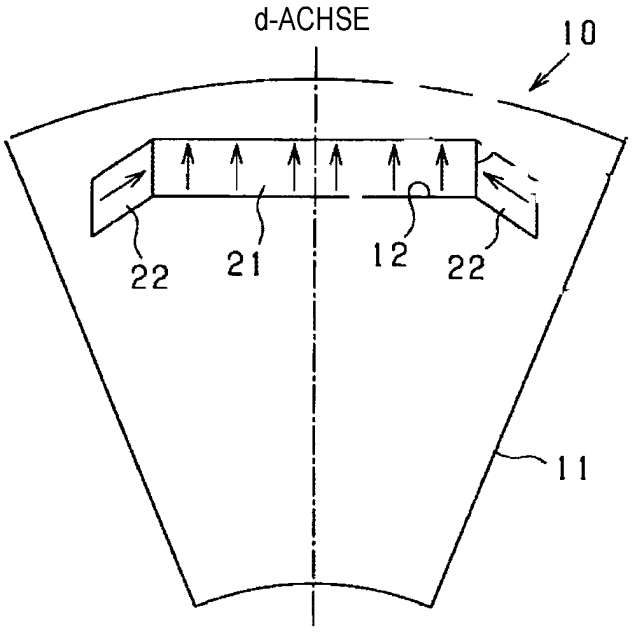

d-ACHSE
10
22
21
12
22
11

FIG.9

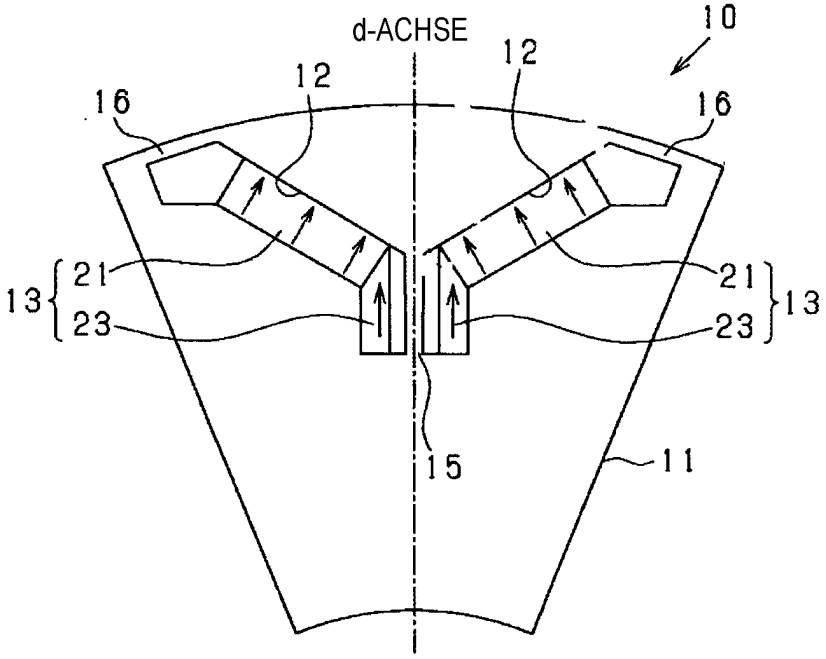

d-ACHSE
10
12
12
16
16
13
21
23
21
23
13
15
11

FIG.10

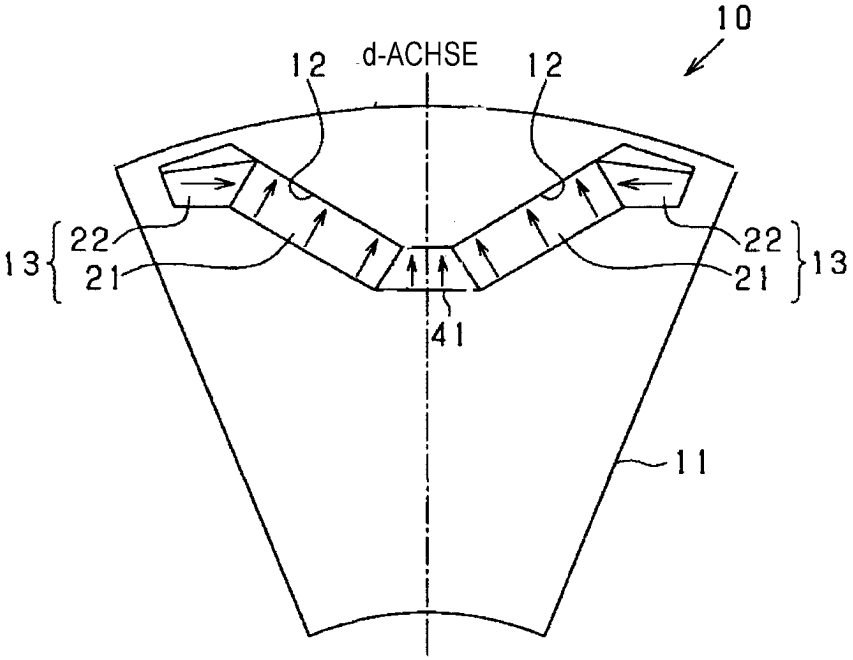

10
d-ACHSE
12
12
13
22
21
22
21
13
41
11

FIG.11

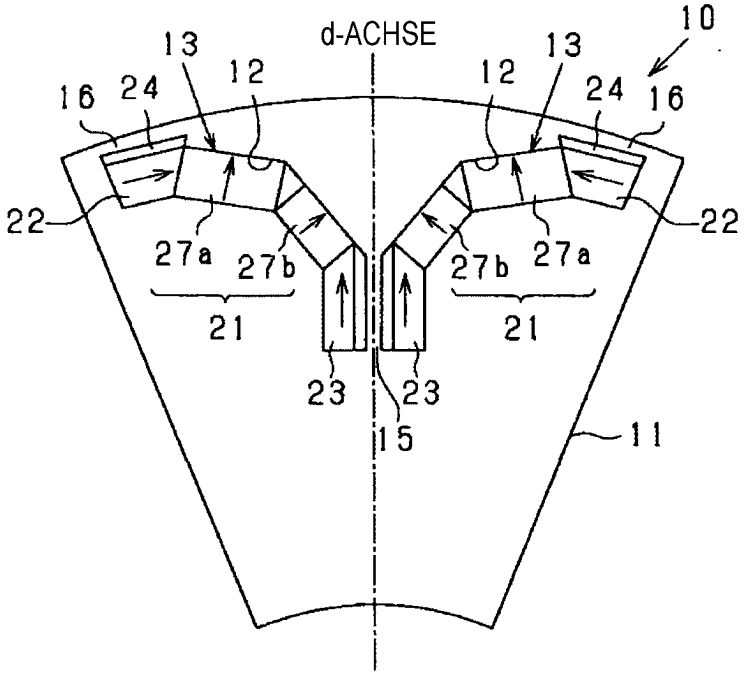

10
d-ACHSE
13
13
16
24
12
12
24
16
22
22
27a
27b
27b
27a
21
21
23
23
15
11

FIG.12

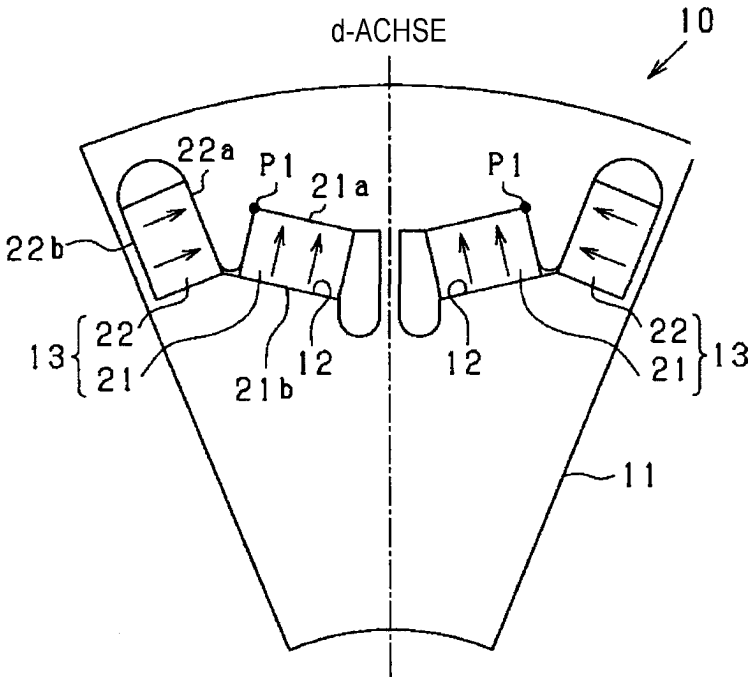


FIG.13(a)

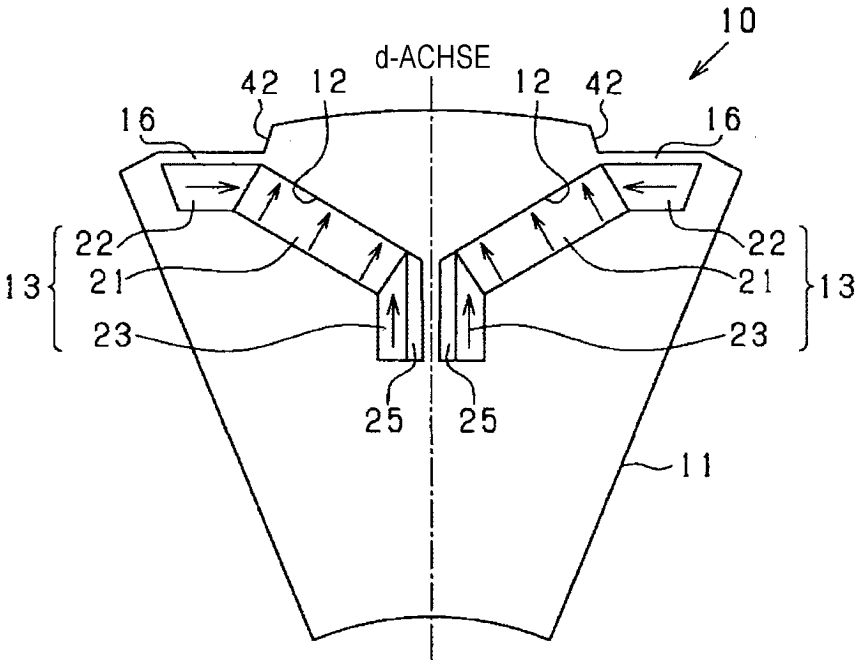


FIG.13(b)

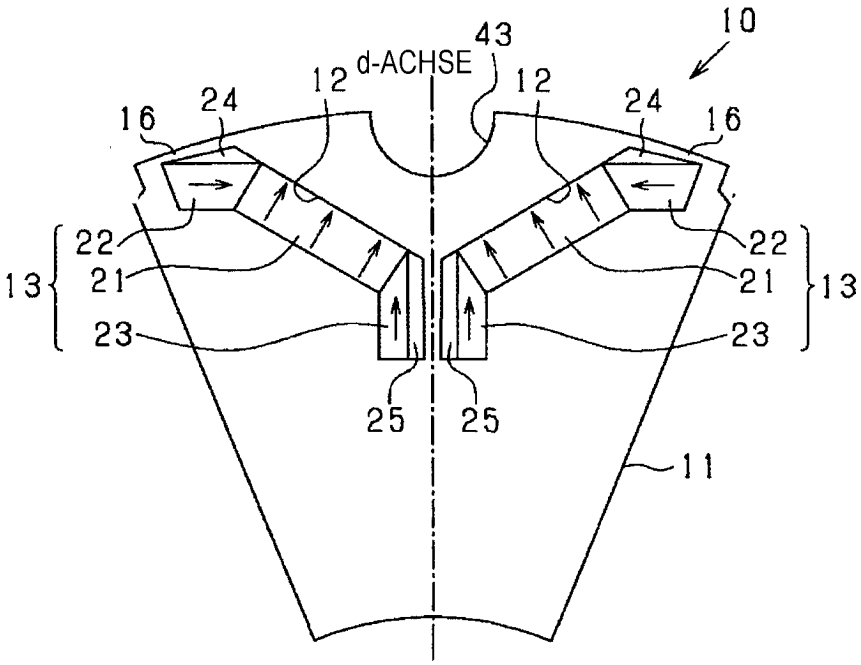


FIG.14

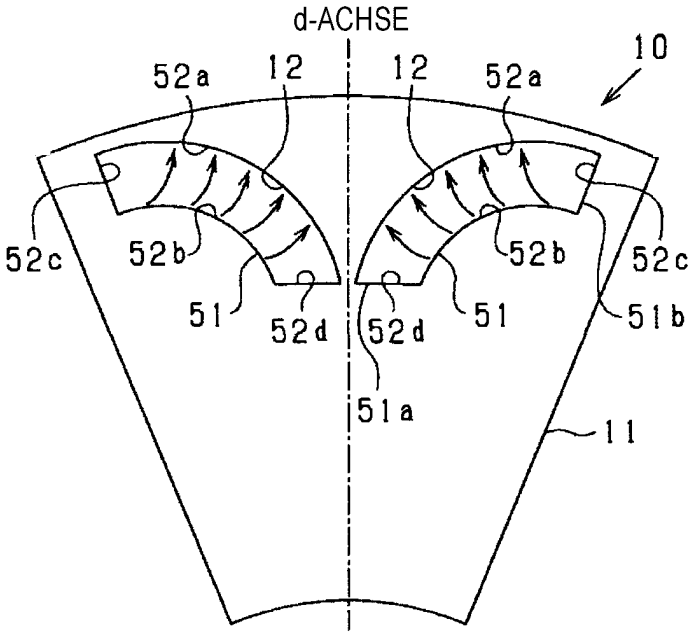

d-ACHSE
10
52a
12
12
52a
52c
52b
52b
52c
51
52d
52d
51
51b
51a
11

FIG.15

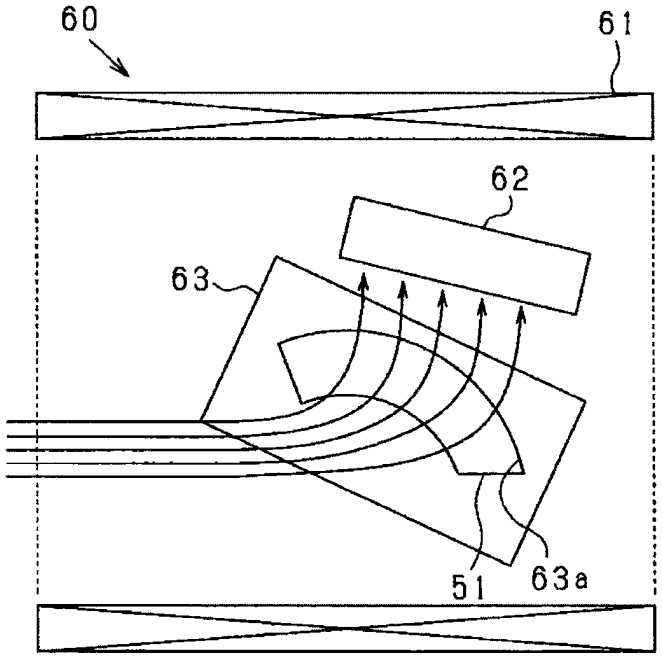

60
61
62
63
51
63a

FIG.16

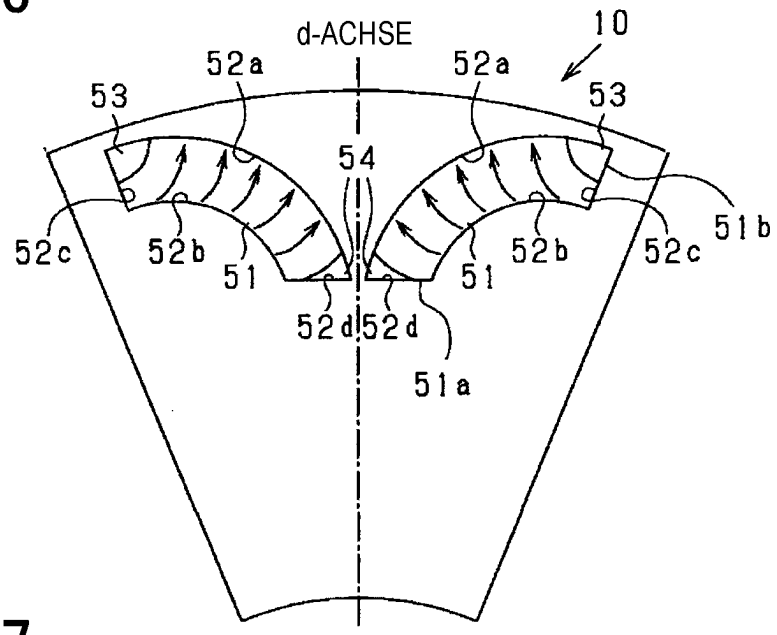

d-ACHSE
10
52a
52a
53
53
54
52c
52b
51
51
52b
52c
51b
52d
52d
51a

FIG.17

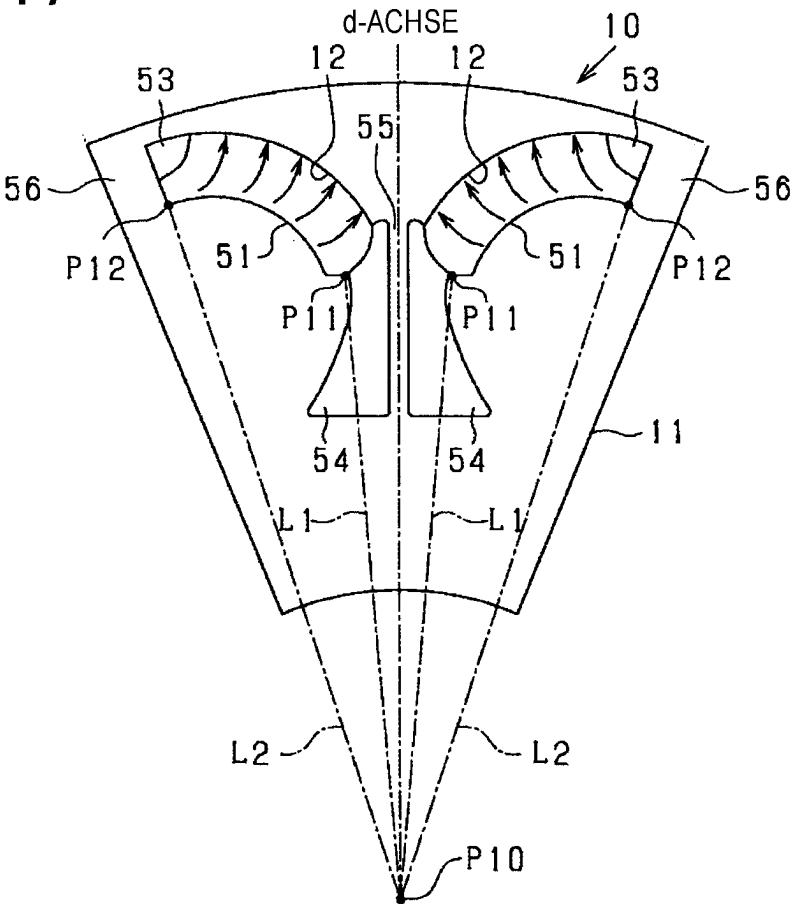

d-ACHSE
10
12
12
53
53
55
56
56
P12
51
51
P12
P11
P11
54
54
11
L1
L1
L2
L2
P10

FIG.18

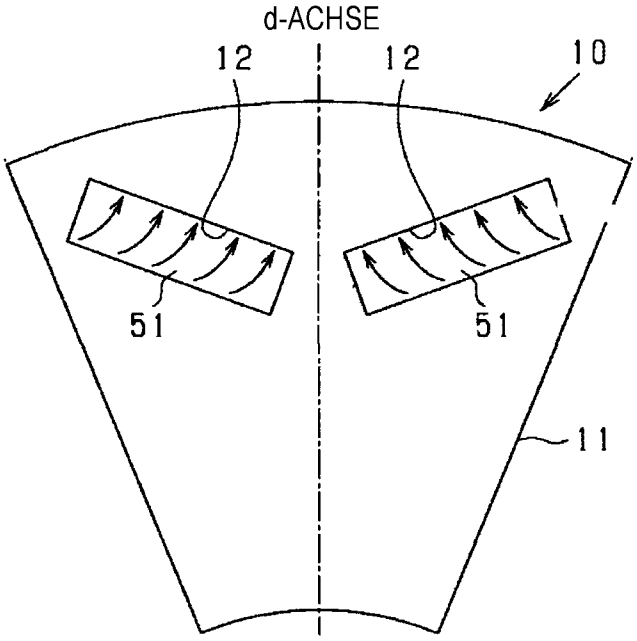


FIG.19

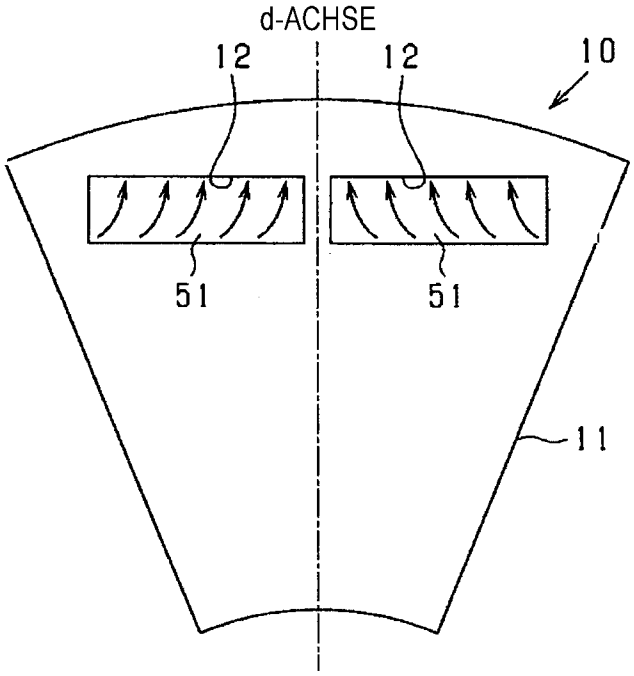


FIG.20

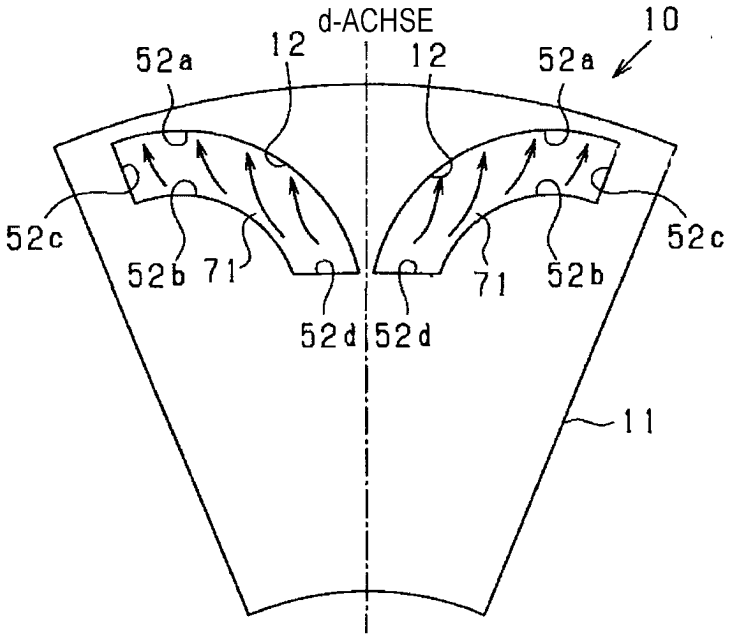

d-ACHSE
10
52a
12
12
52a
52c
52c
52b
71
71
52b
52d
52d
11

FIG.21

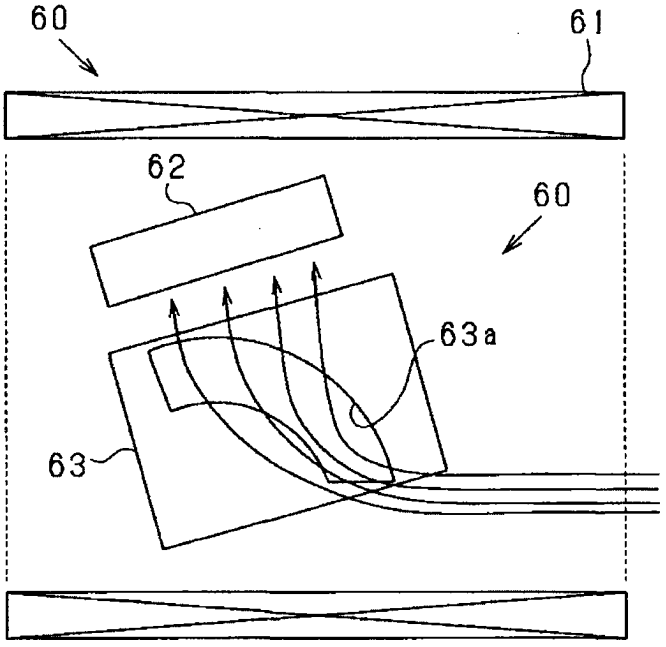

60
61
62
60
63a
63

FIG.22(a)

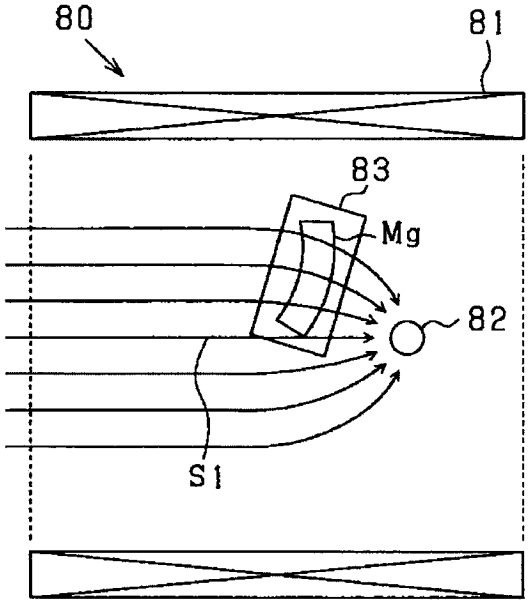


FIG.22(b)

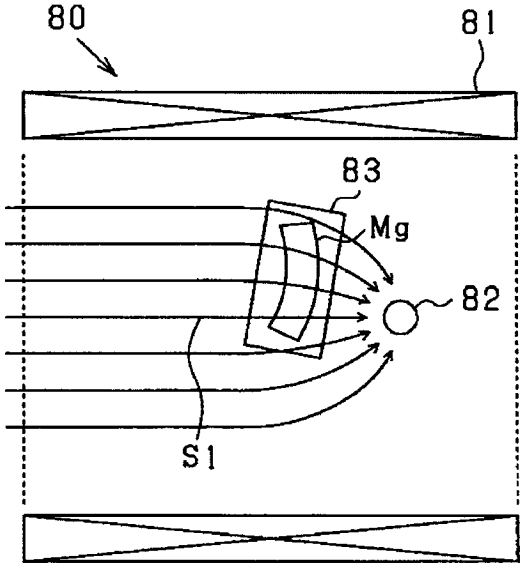


FIG.23

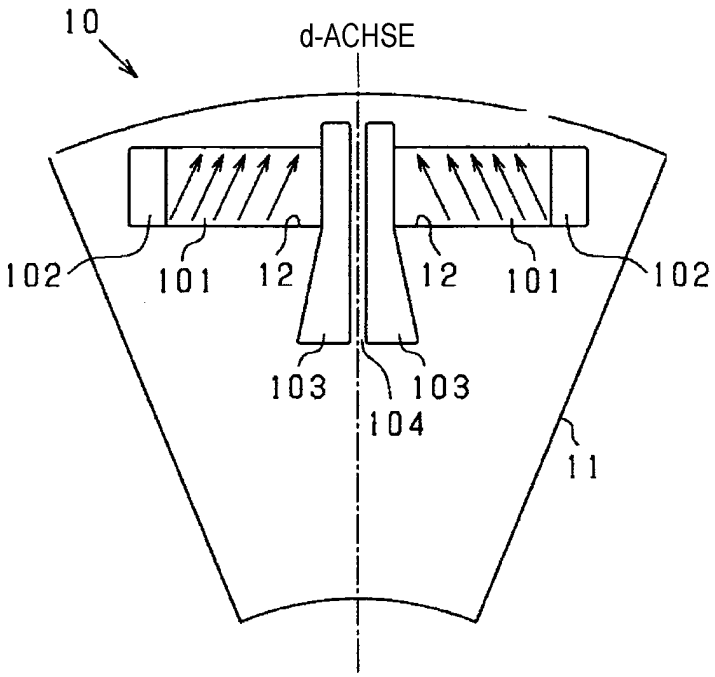

10
d-ACHSE
102
101
12
12
101
102
103
103
104
11

FIG.24

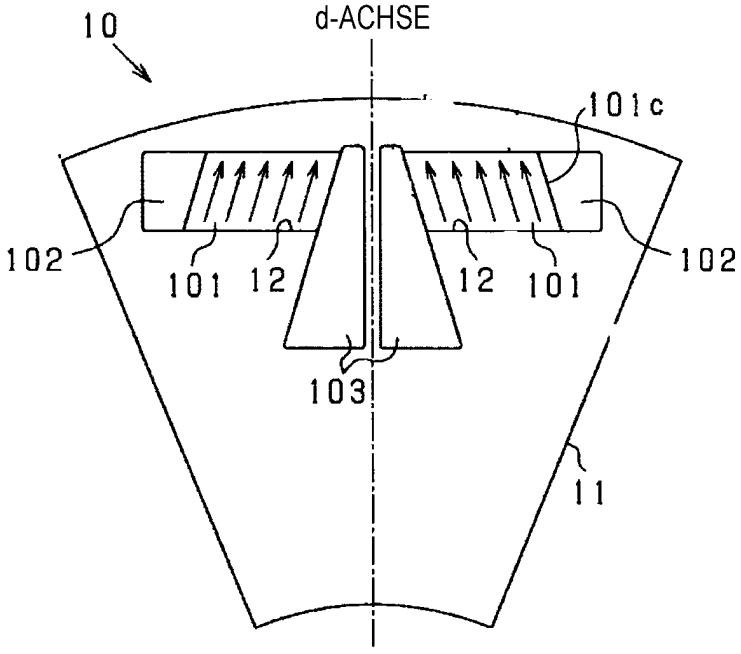

10
d-ACHSE
101c
102
101
12
12
101
102
103
11

FIG.25

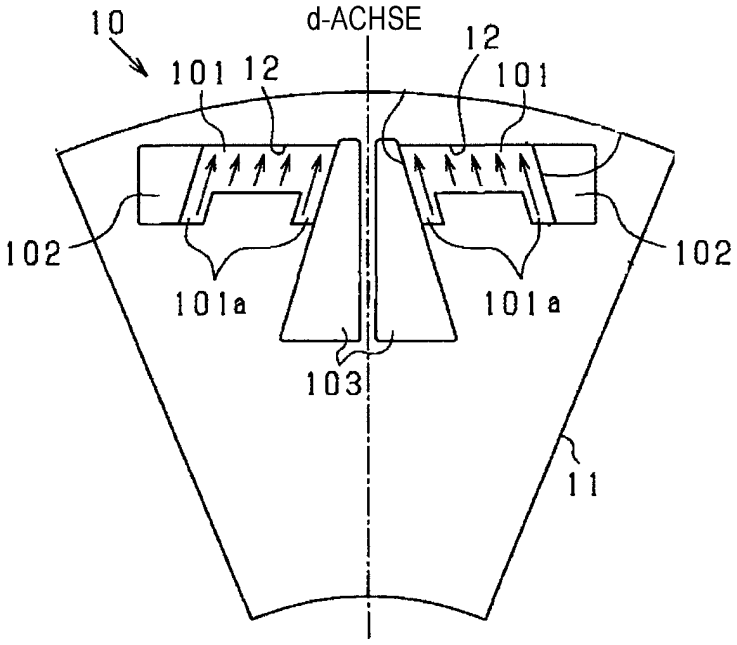


FIG.26(a)

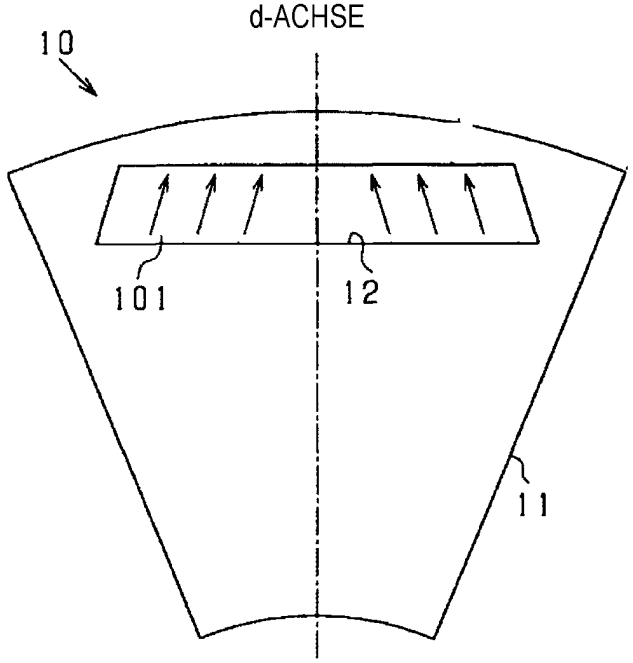


FIG.26(b)

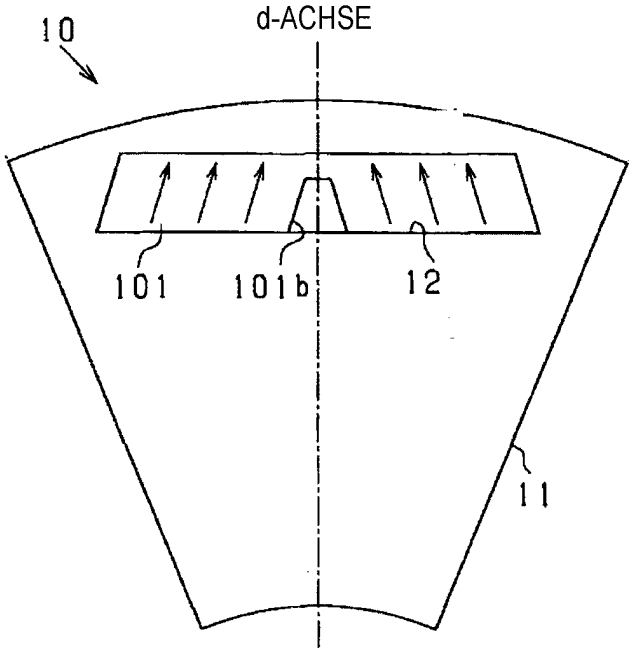


FIG.27

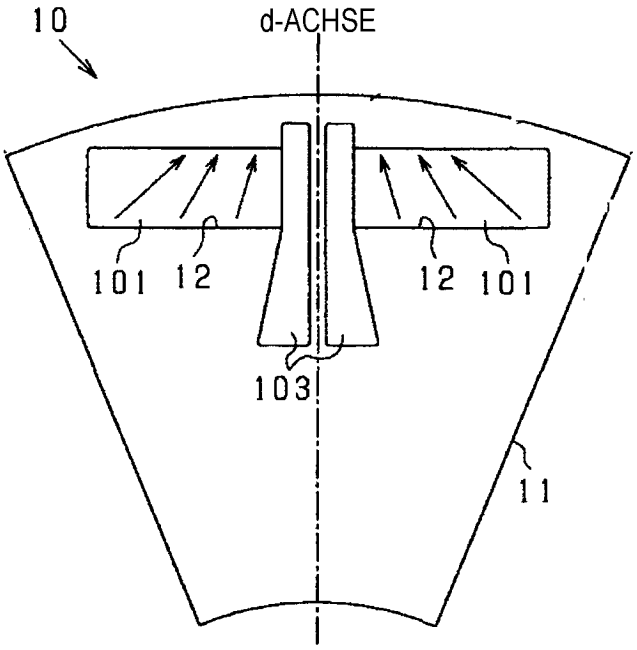


FIG.28

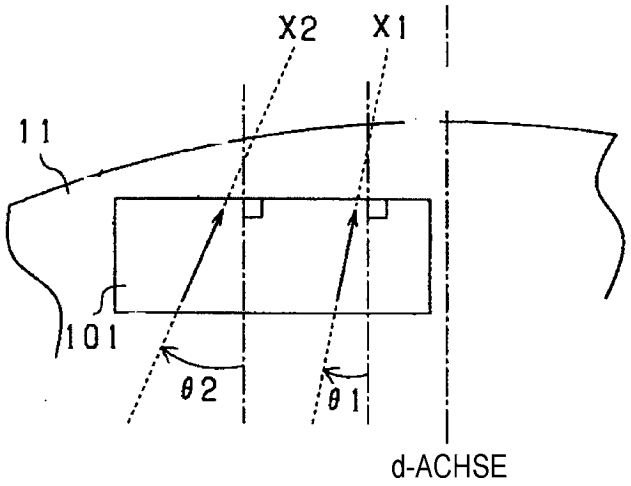


FIG.29

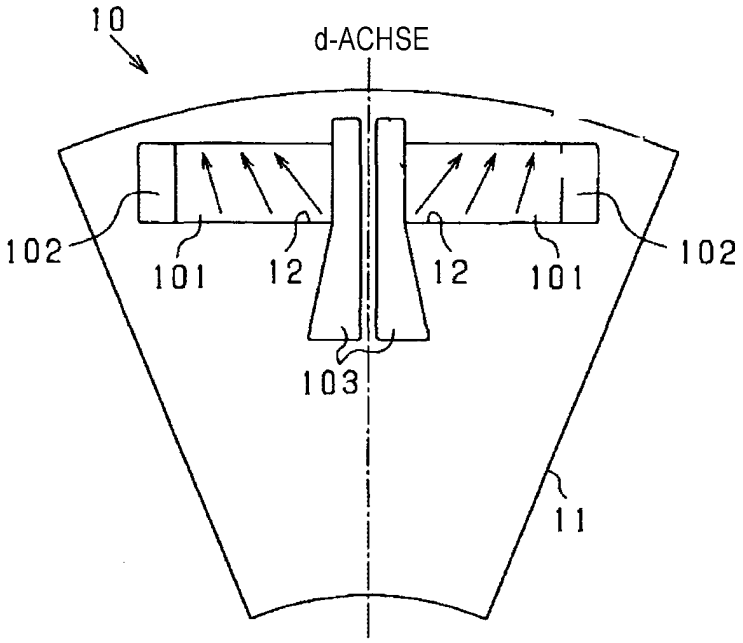

10
d-ACHSE
102
101
12
12
101
102
103
11

FIG.30

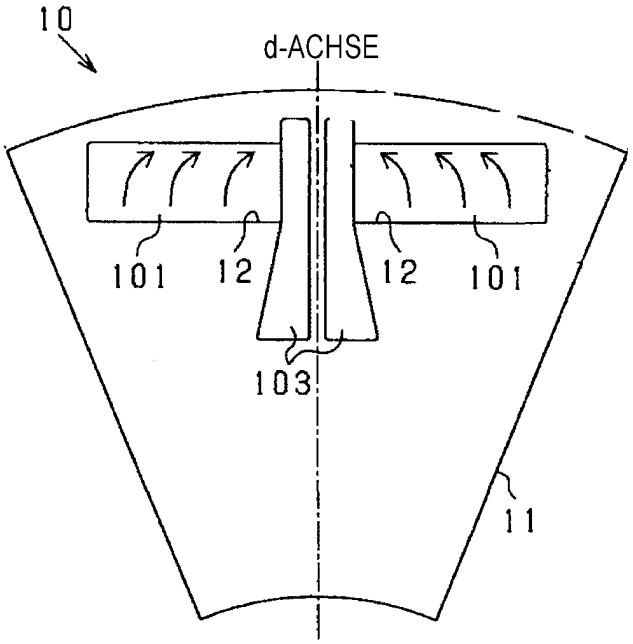

10
d-ACHSE
101
12
12
101
103
11

FIG.31(a)

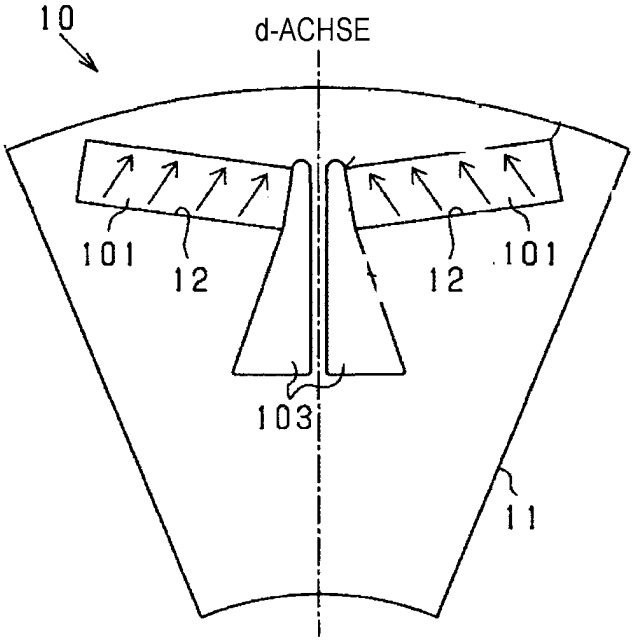


FIG.31(b)

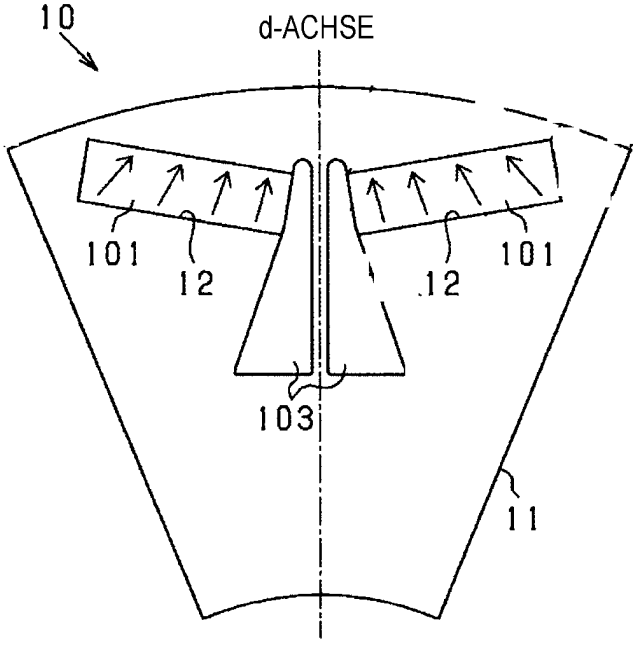


FIG.32

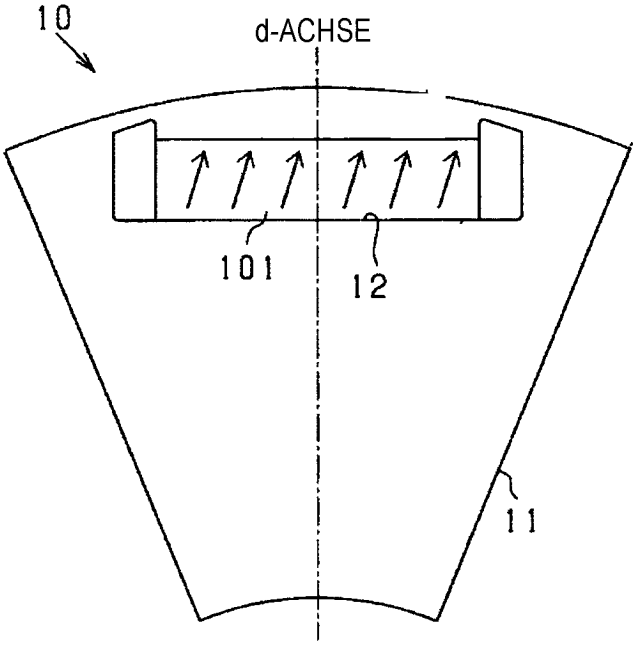

10
d-ACHSE
101
12
11

FIG.33

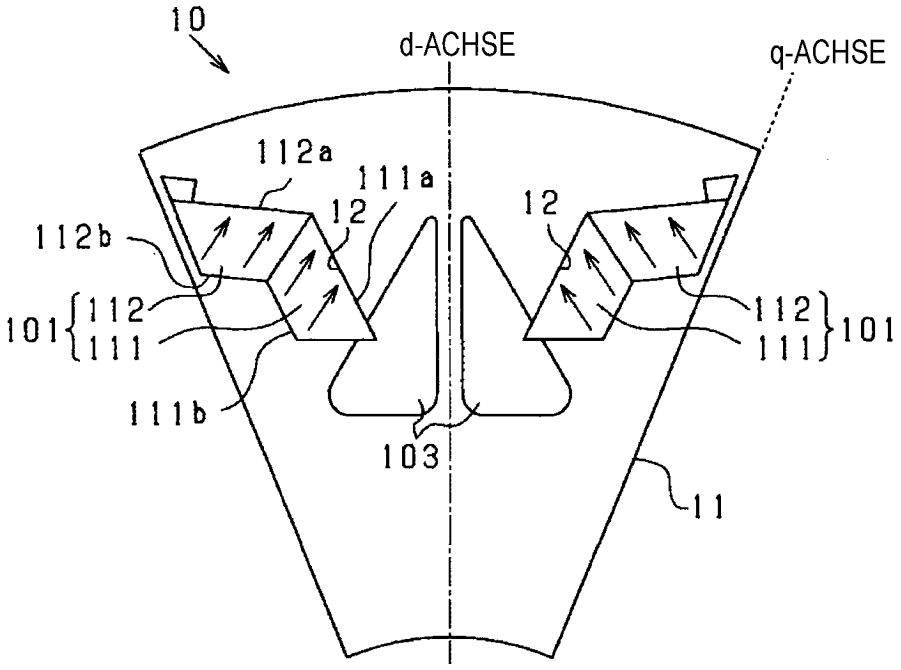

10
d-ACHSE
q-ACHSE
112a
111a
12
12
112b
101
112
111
112
111
101
111b
103
11

FIG.34

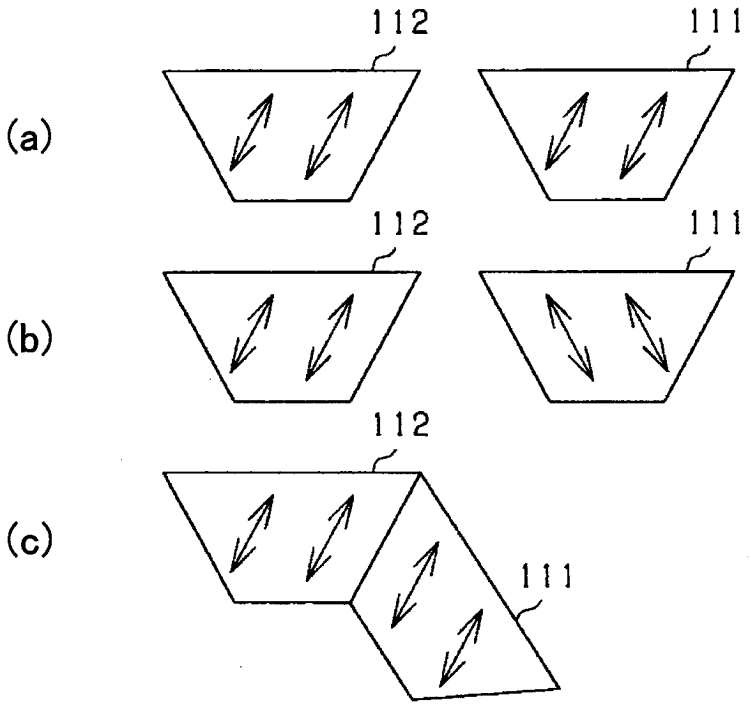

(a)
112
111
(b)
112
111
(c)
112
111

FIG.35

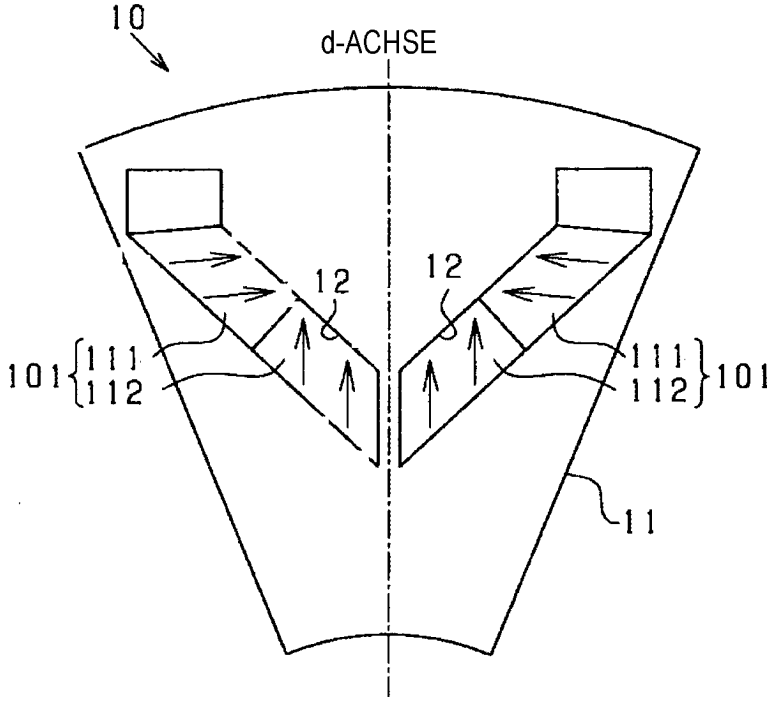

10
d-ACHSE
12
12
101
111
112
111
112
101
11

FIG.36

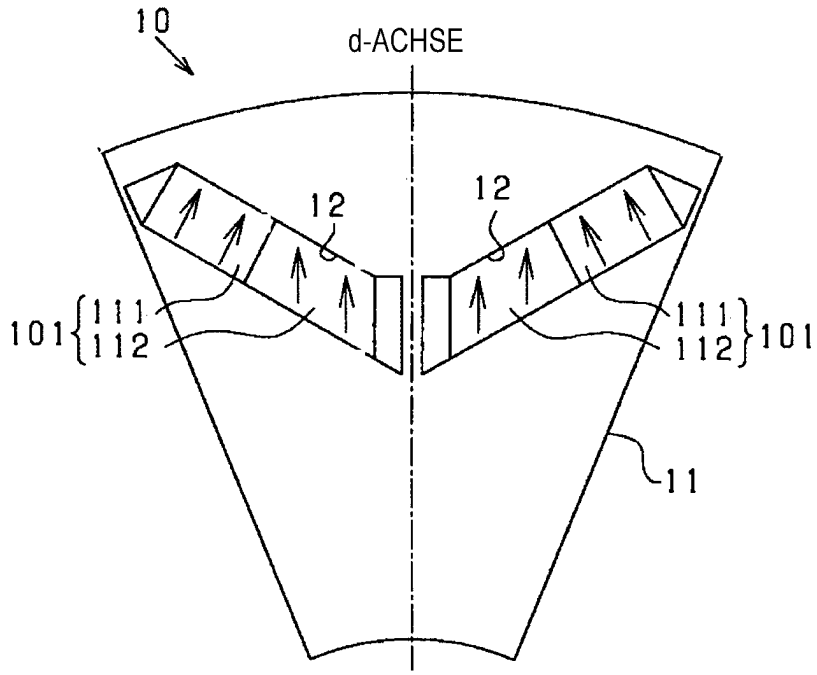

10
d-ACHSE
12
12
101
111
112
111
112
101
11

FIG.37

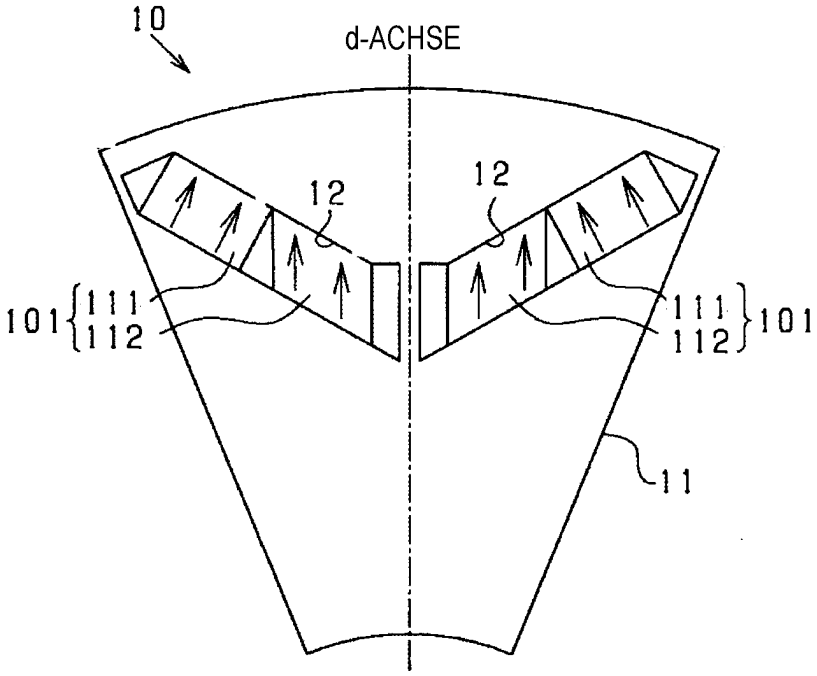

10
d-ACHSE
12
12
101
111
112
111
112
101
11

FIG.38

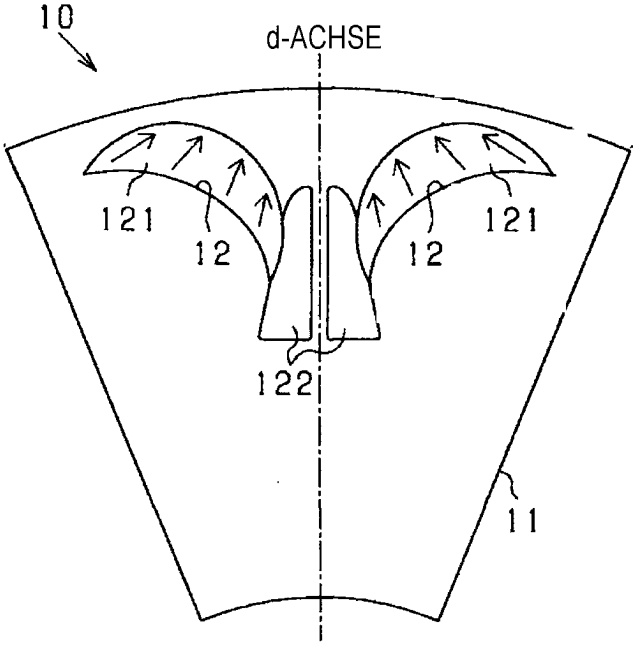


FIG.39

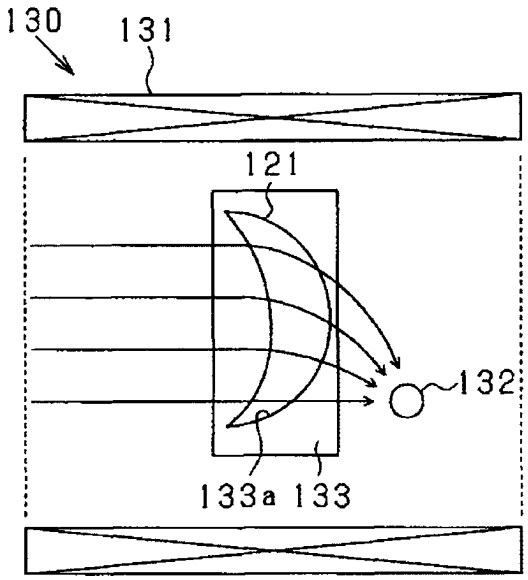


FIG.40

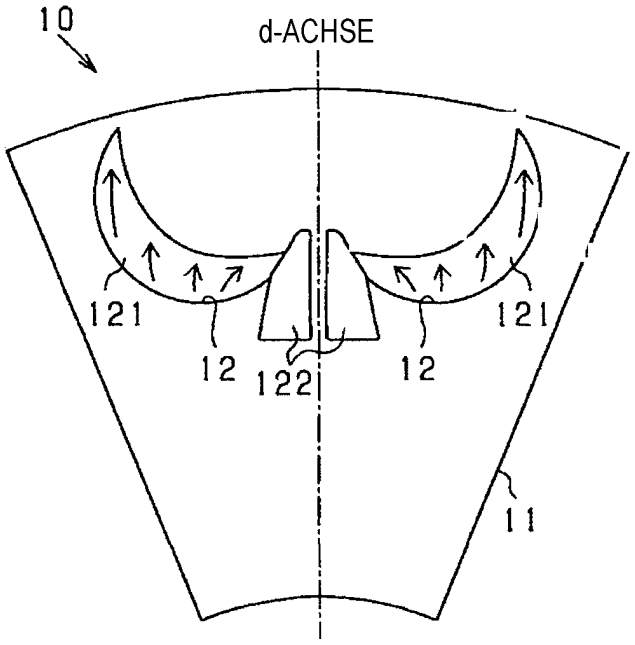


FIG.41

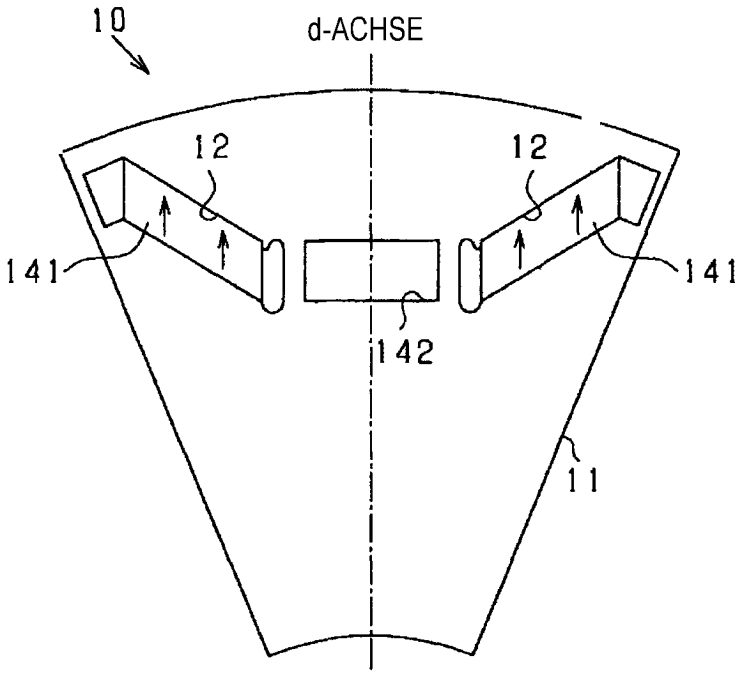


FIG.42

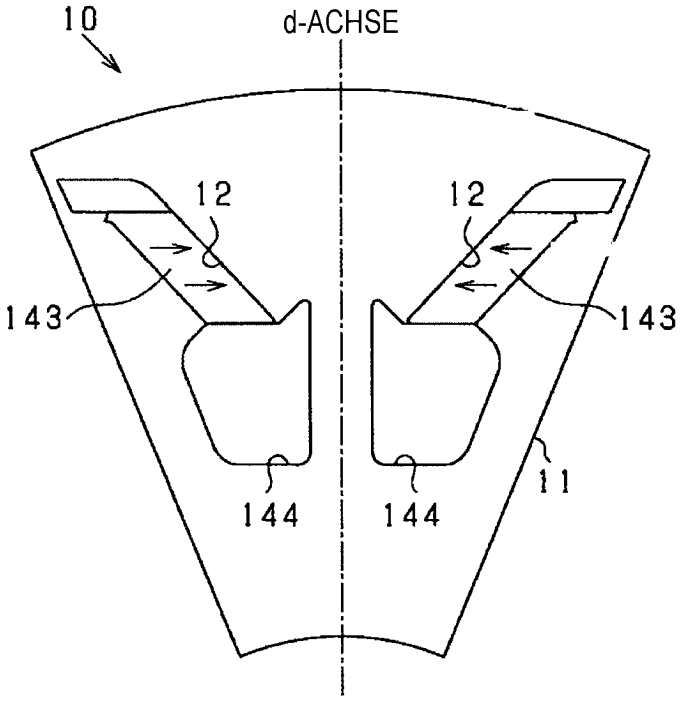


FIG.43

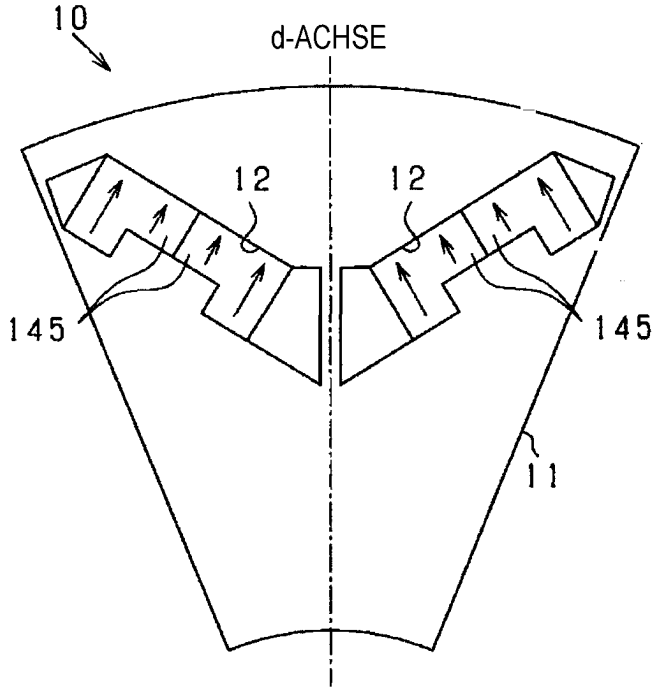
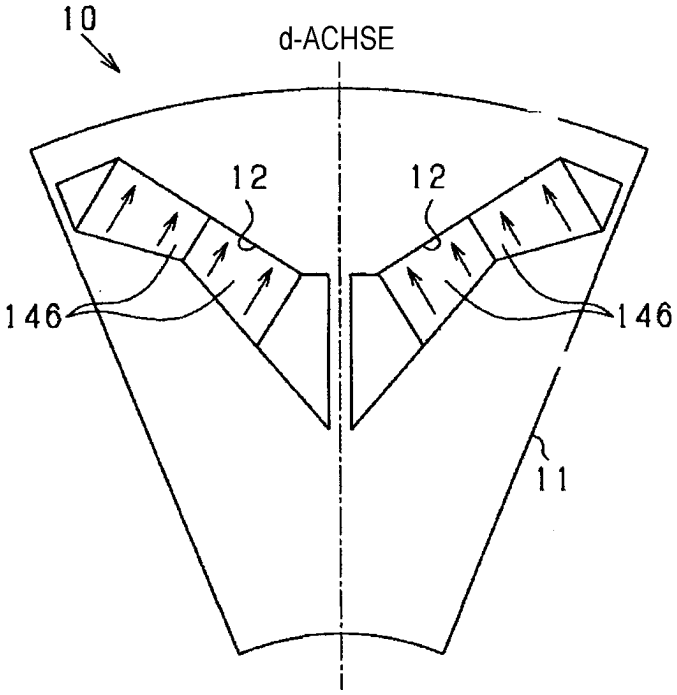


FIG.44



 Das Dokument wurde durch die Firma Jouve erstellt.