



(10) **DE 11 2022 007 346 T5** 2025.03.20

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/238335**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 007 346.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/023312**
(86) PCT-Anmeldetag: **09.06.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **14.12.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **20.03.2025**

(51) Int Cl.: **F16H 49/00** (2006.01)

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Okazaki, Kodai, Tokyo, JP; Kitao, Junji, Tokyo, JP

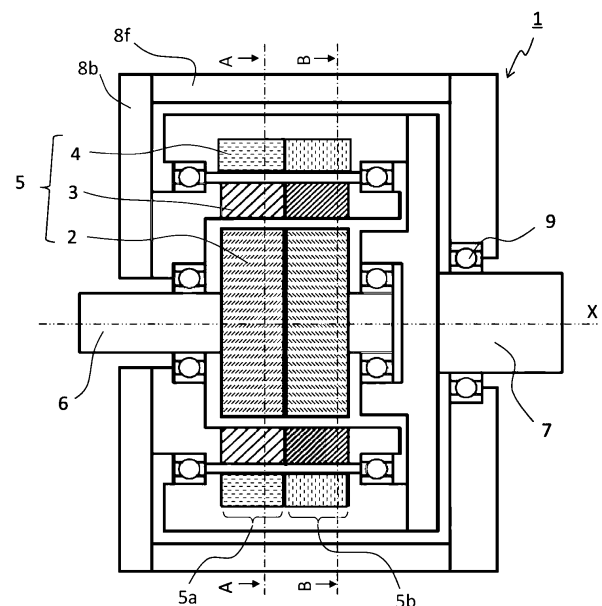
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Magnetgetriebe**

(57) Zusammenfassung: Dieses Magnetgetriebe weist ein Magnetgetriebe-Element (5) auf, bei dem jeder von einem Mehrpol-Mechanismus (4), einem Wenigerpol-Mechanismus (2) und einem Polstück (3) die Funktion irgendeines von einem Stator, einem ersten Rotor und einem zweiten Rotor teilt. Die Positionsrelation der Magnetpole ist derart verschieden, dass zumindest einer von dem Mehrpol-Mechanismus (4), dem Wenigerpol-Mechanismus (2) und dem Polstück (3) eine Phasendifferenz (θ) zwischen benachbarten Abschnitten (5a, 5b, 5c) unter einer Mehrzahl von Abschnitten aufweist, die entlang der Axialrichtung geteilt sind. Zumindest einer von dem größten gemeinsamen Teiler der Anzahl von Polen des Mehrpol-Mechanismus (4) und des Polstücks (3) und dem größten gemeinsamen Teiler der Anzahl von Polen des Wenigerpol-Mechanismus (2) und dem Polstück (3) beträgt 1 oder 2.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Magnetgetriebe.

Stand der Technik

[0002] Bei einer typischen rotierenden elektrischen Maschine, die mit Permanentmagneten und weichmagnetischen Materialien konfiguriert ist, gilt Folgendes: Wenn die Drehzahl zunimmt, nimmt die induzierte Spannung ab, und eine Eingangsspannung, die für die Drehmoment-Ausgabe verwendet werden kann, nimmt ab. Daher treten eine Abnahme des Drehmoments und eine Abnahme des Wirkungsgrads infolge einer Zunahme der Eisenverluste auf. Um gewünschte Ausgabe- und Wirkungsgrad-Charakteristiken zu erzielen, ist eine Antriebseinheit typischerweise so konfiguriert, dass eine rotierende elektrische Maschine und ein Getriebe kombiniert werden, so dass die Drehzahl der rotierenden elektrischen Maschine in einen geeigneten Bereich fällt.

[0003] Als ein zu verwendendes Getriebe wird weitverbreitet ein mechanisches Getriebe verwendet, das eine kämmende Struktur von mechanischen Zähnen hat. In jüngster Zeit wird jedoch zunehmend ein Magnetgetriebe verwendet, das eine Energieübertragung auf kontaktlose Weise ermöglicht, ohne ein mechanisches Getriebe zu verwenden. Das Magnetgetriebe vom alten System hat eine Konfiguration, bei der die Zähne eines mechanischen Getriebes einfach durch Permanentmagneten ersetzt werden. Da jedoch das Magnetgetriebe eine Beschleunigung und Verlangsamung auf kontaktlose Weise unter Verwendung der Anziehungskraft und der Abstoßungskraft der Magnetkraft ermöglicht, sind die Vibrationen und Störungen klein, und es wird eine Verbesserung der Wartbarkeit erwartet.

[0004] Bei der Übertragung des Drehmoments mittels Permanentmagneten gilt jedoch Folgendes: Da nur die Magneten, die einander zugewandt sind, zur Drehmomentübertragung beitragen, ist das Drehmoment verglichen mit dem mechanischen Getriebe klein. Im Gegensatz dazu wird ein Magnetgetriebe von einem neuen Typ, genannt Magnetgetriebe vom flussmodulierten Typ, verwendet, das so konfiguriert ist, dass es den Wert des magnetischen Flusses erhöht, der zur Übertragung des Drehmoments beiträgt, und zwar in einer Struktur zum Erhöhen des Drehmoments.

[0005] Das Magnetgetriebe vom flussmodulierten Typ wird von einem Mehrpol-Mechanismus und einem Wenigerpol-Mechanismus gebildet, bei denen die Permanentmagneten konzentrisch angeordnet sind, so dass deren Polaritäten abwechselnd

umgekehrt sind und deren Anordnungsflächen einander mit einem Spalt dazwischen zugewandt sind, und es wird von einer Mehrzahl von Magnetpolstücken gebildet, die aus einem weichmagnetischen Material oder dergleichen gebildet sind und als Polstücke bezeichnet werden, die in einem gleichmäßigen Abstand bzw. Intervall im Spalt angeordnet sind.

[0006] Obwohl das Magnetgetriebe vom flussmodulierten Typ das Übertragungsmoment verbessern kann, gilt Folgendes: Da das weichmagnetische Material periodisch an einer Position extrem nahe an einem Permanentmagnet angeordnet ist, werden periodische Vibrationen durch die elektromagnetische Erregungskraft oder das Rastmoment bzw. Sattelmoment erzeugt, und zwar durch das gleiche Prinzip wie bei der rotierenden elektrischen Maschine.

[0007] Daher bestehen Bedenken hinsichtlich elektromagnetischer Störungen infolge von Vibrationen des Stators und des Rahmens der rotierenden elektrischen Maschine, nachteiliger Wirkungen bezüglich der Last an einem Verbindungsziel infolge von Vibrationen, die auf die Ausgangswelle übertragen werden, und einer Verschlechterung der Steuerbarkeit. Andererseits wurde eine Struktur vorgeschlagen, bei der Permanentmagneten, die in einem Rotor eines Magnetgetriebes angeordnet sind, kontinuierlich bzw. durchgehend in der Axialrichtung abgeschrägt sind, und das Rastmoment bzw. Sattelmoment, das in jedem der Querschnitte in der Axialrichtung des Magnetgetriebes erzeugt wird, wird infolge der Phasenrelation aufgehoben (siehe beispielsweise Patentdokument 1).

Dokument zum Stand der Technik

Patentdokument

[0008] Patentdokument 1: Internationale Veröffentlichung einer ungeprüften Anmeldung WO2015/053005 A1 (Absätze 0020 bis 0033, **Fig. 1** bis **Fig. 4**).

Zusammenfassung der Erfindung

Mit der Erfindung zu lösende Probleme

[0009] Die Struktur, bei der die Permanentmagneten kontinuierlich in der Axialrichtung abgeschrägt sind, hat jedoch das Problem der Zunahme der Herstellungskosten, da eine dedizierte Herstellungsanlage zum Herstellen der Permanentmagneten notwendig ist, die eine spezielle Form haben müssen, und zum Kombinieren der Permanentmagneten mit dem Rotorkern. Andererseits wird in einem Fall, in dem das Rastmoment bzw. Sattelmoment verringert ist, ohne die abgeschrägte Struktur zu verwenden, ein Verfahren erwogen, bei dem die Anzahl von Polen

des Magnetgetriebes derart ist, dass die Ordnung des Rastmoments zunimmt.

zweiten Polzahlen und der dritten Polzahlen 1 oder 2 ist.

[0010] Es ist jedoch nötig, das kleinste gemeinsame Vielfache der Anzahl von Polstücken des Magnetgetriebes und der Anzahl von Permanentmagneten des Mehrpol-Mechanismus zu erhöhen, während das praktische Übersetzungsverhältnis beibehalten wird, und bei einer solchen Konfiguration gibt es das Problem, dass elektromagnetische Störungen infolge der elektromagnetischen Erregungskraft zunehmen, was einer Abnahme der Ordnung geschuldet ist.

[0011] Die vorliegende Erfindung wurde konzipiert, um die oben beschriebenen Probleme lösen, und es ist Aufgabe vorliegenden Erfindung, ein Magnetgetriebe vom flussmodulierten Typ zu erhalten, das sowohl eine Verringerung des Rastmoments, als auch eine Verringerung der elektromagnetischen Erregungskraft erzielt, ohne die Herstellungskosten zu erhöhen.

Wege zum Lösen des Problems

[0012] Das in der vorliegenden Erfindung offenbarte Magnetgetriebe weist Folgendes auf: ein Magnetgetriebe-Element, das so konfiguriert ist, dass jeder von einem Mehrpol-Mechanismus, einem Wenigerpol-Mechanismus und einem Polstück eine Funktion irgendeines von einem Stator, einem ersten Rotor und einem zweiten Rotor teilt, wobei der Mehrpol-Mechanismus Magnetpole erster Polzahlen hat, die entlang der Umfangsrichtung mit Permanentmagneten angeordnet sind, der Wenigerpol-Mechanismus Magnetpole von zweiten Polzahlen hat, die geringer als jene der ersten Polzahlen sind und entlang der Umfangsrichtung mit Permanentmagneten angeordnet sind, das Polstück Magnetpole von dritten Polzahlen hat, die entlang der Umfangsrichtung mit weichmagnetischem Material durch Magnetspalte bezüglich jedem der Magnetpole des Mehrpol-Mechanismus und des Wenigerpol-Mechanismus angeordnet sind; eine erste Welle zum Übertragen eines Drehmoments zwischen dem ersten Rotor und der Außenseite; und eine zweite Welle zum Übertragen eines Drehmoments zwischen dem zweiten Rotor und der Außenseite, wobei im Magnetgetriebe-Element zwischen benachbarten Abschnitten unter einer Mehrzahl von Abschnitten, die entlang einer Axialrichtung geteilt sind, die Positionsrelation der Magnetpole unter dem Mehrpol-Mechanismus, dem Wenigerpol-Mechanismus und dem Polstück verschieden ist, so dass zumindest einer von dem Mehrpol-Mechanismus, dem Wenigerpol-Mechanismus und dem Polstück eine Phasendifferenz hat, und zumindest einer von einem größten gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen und der dritten Polzahlen und einem größten gemeinsamen Teiler der

Vorteilhafte Wirkung der Erfindung

[0013] Mit dem Magnetgetriebe, das gemäß der vorliegenden Erfindung offenbart wird, ist es möglich, ein Magnetgetriebe vom flussmodulierten Typ zu erhalten, das sowohl eine Verringerung des Rastmoments, als auch eine Verringerung der elektromagnetischen Erregungskraft erzielt, ohne die Herstellungskosten zu erhöhen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 2A und **Fig. 2B** sind Querschnittsansichten senkrecht zur Rotationsachse eines ersten Abschnittes bzw. eines zweiten Abschnitts eines Magnetgetriebe-Elements mit einer Zweistufen-Struktur, die das Magnetgetriebe gemäß Ausführungsform 1 bildet.

Fig. 3A und **Fig. 3B** sind Diagramme, die Relationen einer x-Komponente einer elektromagnetischen Erregungskraft bzw. einer y-Komponente der elektromagnetischen Erregungskraft zeigen, bezüglich einem Rotationswinkel als Referenz zu einem Mehrpol-Mechanismus in einem Magnetgetriebe-Element des Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 4 ist ein Vektordiagramm der elektromagnetischen Erregungskraft, die in Mehrpol-Mechanismen im ersten Abschnitt und im zweiten Abschnitt des Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 1 erzeugt wird.

Fig. 5A und **Fig. 5B** sind jeweils eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im Magnetgetriebe im zweiten Abschnitt und ein Vektordiagramm der elektromagnetischen Erregungskraft, die im Mehrpol-Mechanismus erzeugt wird, gemäß einem Variationsbeispiel von Ausführungsform 1.

Fig. 6A und **Fig. 6B** zeigen jeweils eine Relation zwischen einer Umfangsposition des Mehrpol-Mechanismus des Magnetgetriebes und der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft, und eine Relation zwischen einer Phasendifferenz der zwei Abschnitte und einer Amplitude der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft eines gesamten Magnetgetriebe-Elements gemäß dem Variationsbeispiel von Ausführungsform 1.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im zweiten Abschnitt des Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 2.

Fig. 9A und **Fig. 9B** sind Diagramme, die Relationen der x-Komponente der elektromagnetischen Erregungskraft bzw. der y-Komponente der elektromagnetischen Erregungskraft zeigen, bezüglich des Rotationswinkels als Referenz zum Mehrpol-Mechanismus im Magnetgetriebe-Element des Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 2.

Fig. 10 ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

Fig. 11 ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 4 zeigt.

Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 5 zeigt.

Fig. 13 ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 6 zeigt.

Fig. 14A und **Fig. 14B** sind Querschnittsansichten senkrecht zur Rotationsachse des ersten Abschnitts bzw. des zweiten Abschnitts eines Magnetgetriebe-Elements mit der Zweistufen-Struktur, die das Magnetgetriebe gemäß Ausführungsform 6 bildet.

Fig. 15 ist ein Diagramm, das eine Relation zwischen der Umfangsposition in einem Magnetpalt zwischen einem Mehrpol-Mechanismus und einem Polstück und der Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft im Magnetgetriebe gemäß Ausführungsform 6 zeigt.

Fig. 16A und **Fig. 16B** zeigen jeweils eine Relation zwischen der Umfangsposition in einem Magnetpalt zwischen dem Mehrpol-Mechanismus und dem Polstück des Magnetgetriebes und der Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft, und eine Relation zwischen der Phasendifferenz der zwei Abschnitte und der Amplitude der Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft gemäß einem Variationsbeispiel der Ausführungsform 6.

Fig. 17 ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, die eine Konfiguration eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 7 zeigt.

Fig. 18A und **Fig. 18B** sind Querschnittsansichten senkrecht zur Rotationsachse des ersten Abschnitts bzw. des zweiten Abschnitts eines Magnetgetriebe-Elements mit der Zweistufen-Struktur, die das Magnetgetriebe gemäß Ausführungsform 7 bildet.

Ausführungsformen der Erfindung

Ausführungsform 1

[0014] **Fig. 1** bis **Fig. 4** sind Diagramme zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 1, **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht entlang einer Rotationsachse, schließt die Rotationsachse ein und zeigt die Konfiguration des Magnetgetriebes, **Fig. 2A** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse und entspricht der Linie A-A in **Fig. 1** in einem ersten Abschnitt einer Magnetgetriebe-Element mit einer Zweistufen-Struktur, die unterschiedliche Spezifikationen in Axialrichtung hat, und **Fig. 2B** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse und entspricht Linie B-B in **Fig. 1** eines zweiten Abschnitts.

[0015] Es sei angemerkt, dass in **Fig. 1** Folgendes gilt: Um die Bereiche zu betonen, die aus einem magnetischen Material gebildet sind, das eine Getriebebehandlung des Magnetgetriebe-Elements erzeugt, sind die übrigen Komponenten ohne Schraffierung gezeichnet, obwohl sie Querschnitte sind, und nachfolgend sind Querschnittsansichten entlang der Rotationsachse auf die gleiche Weise gezeichnet.

[0016] **Fig. 3A** zeigt eine Relation zwischen x-Komponenten elektromagnetischer Erregerkräfte (in PU-Einheiten) des ersten Abschnitts, des zweiten Abschnitts und eines Gesamtgetriebe-Abschnitts bezogen auf den Rotationswinkel in einem elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf einen Mehrpol-Mechanismus im Magnetgetriebe-Element, **Fig. 3B** zeigt die Relation zwischen y-Komponenten der elektromagnetischen Erregerkräfte (in PU-Einheiten) des ersten Abschnitts, des zweiten Abschnitts und des Gesamtgetriebe-Bereichs bezüglich des Rotationswinkels im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus im Magnetgetriebe-Element, und **Fig. 4** ist ein Vektordiagramm der elektromagnetischen Erregungskraft, die in Mehrpol-Mechanismen im ersten Abschnitt und im zweiten Abschnitt erzeugt wird.

[0017] Das Magnetgetriebe der vorliegenden Erfindung gemäß Ausführungsform 1 hat zwei Rotoren und einen Stator als das Magnetgetriebe vom fluss-

modulierten Typ, und jeder von den Rotoren und dem Stator entspricht irgendeinem von einem Mehrpol-Mechanismus, einem Wenigerpol-Mechanismus und einem Polstück. Genauer gesagt: Wie in **Fig. 1** gezeigt, wird ein Beispiel beschrieben, bei dem ein Magnetgetriebe-Element 5 konfiguriert ist, indem der Wenigerpol-Mechanismus 2, der ein erster Rotor ist, auf einer Seite nahe der Rotationsachse X, der Mehrpol-Mechanismus 4, der ein zweiter Rotor ist und sich außerhalb des Wenigerpol-Mechanismus 2 mit einem Spalt dazwischen befindet, und das Polstück 3, das ein Stator im Spalt ist, konzentrisch angeordnet sind.

[0018] Im Magnetgetriebe-Element 5 ist zwischen einem ersten Abschnitt 5a und einem zweiten Abschnitt 5b jeder von dem Mehrpol-Mechanismus 4, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Polstück 3 mechanisch in Richtung der Rotationsachse X (Axialrichtung) verbunden. Die Anordnung der drei Mechanismen (Mehrpole-Mechanismus 4, Wenigerpol-Mechanismus 2 und Polstück 3) im ersten Abschnitt 5a und die Anordnung der drei Mechanismen im zweiten Abschnitt 5b sind wiederum so vorgegeben, dass die Phasenrelation eines Mechanismus bezüglich mindestens eines anderen Mechanismus der drei Mechanismen zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b unterschiedlich ist. Im Ergebnis bildet das Magnetgetriebe-Element 5 eine Stufen-Schrägung zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b, aber die detaillierte Konfiguration inklusive der Umfangs-Anordnung des Mehrpol-Mechanismus 4, des Wenigerpol-Mechanismus 2 und des Polstücks 3 wird später noch beschrieben.

[0019] Die Rotoren (Mehrpole-Mechanismus 4 und Wenigerpol-Mechanismus 2) des Magnetgetriebes 1 werden jeweils von einer Mehrzahl von Lagern 9 gehalten. Ein Bereich, der von einem Magnetmaterial gebildet wird und die Getriebewirkung erzeugt, wird von einer Lagerschale 8b und einem Rahmen 8f gebildet, der von einem Strukturelement aus Eisen, einem nichtmagnetischen Material oder dergleichen gebildet wird.

[0020] Mit diesen Strukturen wird die Antriebskraft, die von einer rotierenden elektrischen Maschine (nicht dargestellt) erzeugt wird, die mit einer Wenigerpol-Rotorwelle 6 auf der einen Endseite oder einer Mehrpol-Rotorwelle 7 auf der anderen Endseite entlang der Rotationsachse X (Axialrichtung) verbunden ist, in der Geschwindigkeit verringert und im Drehmoment erhöht oder in der Geschwindigkeit erhöht und im Drehmoment verringert, und zwar vom Magnetgetriebe-Element 5, und wird von der Welle auf der gegenüberliegenden Seite übertragen.

Magnetgetriebe-Element

[0021] Eine Grundkonfiguration des Magnetgetriebe-Elements 5 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** beschrieben, wobei der Querschnitt senkrecht zur Rotationsachse X im ersten Abschnitt 5a gezeigt ist. Das Magnetgetriebe 1 wird gebildet, in dem der Mehrpol-Mechanismus 4, der mit Permanentmagneten versehen ist, der Wenigerpol-Mechanismus 2, der die geringere Anzahl von Polen als jene des Mehrpol-Mechanismus 4 aufweist, und das Polstück 3, das aus einem weichmagnetischen Material gebildet ist, das bezogen auf diese via einen Magnetspaltbereich angeordnet ist, konzentrisch angeordnet werden. Permanentmagneten 4m und Permanentmagneten 2m, die als Magnetpole dienen, sind in der Radialrichtung magnetisiert, und sie sind so angeordnet, dass die Polaritäten der Permanentmagneten, die in Umfangsrichtung einander benachbart sind, umgekehrt sind (N, S, N, S,... Pfeile in der Zeichnung), ähnlich zur rotierenden elektrischen Maschine.

[0022] Die Anzahl von Permanentmagneten 2m (die Anzahl von Polen N_{p2}) im Wenigerpol-Mechanismus 2 beträgt 6, die Anzahl von Permanentmagneten 4m (die Anzahl von Polen N_{p4}) im Mehrpol-Mechanismus 4 beträgt 28, und das Polstück 3 wird von 17 Magnetpolstücken gebildet (Anzahl von Polen $N_{p3} = 17$).

[0023] Das heißt, das Übersetzungsverhältnis des Magnetgetriebe-Elements 5 im Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 1 beträgt $(28/2)/(6/2)$, d. h. 4,67, und die Rotationskraft der Wenigerpol-Rotorwelle 6 wird auf das 1/4,67-Fache verringert, und das Drehmoment wird auf das 4,67-Fache erhöht und an der Mehrpol-Rotorwelle 7 ausgegeben.

[0024] Der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen N_{p2} im Wenigerpol-Mechanismus 2 und der Anzahl von Polen N_{p3} im Polstück 3, und der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen N_{p4} im Mehrpol-Mechanismus 4 und der Anzahl von Polen N_{p3} im Polstück 3 beträgt jeweils 1. Im Ergebnis kann die Ordnung des Rastmoments im Wenigerpol-Mechanismus 2 oder Polstück 3, die vom kleinsten gemeinsamen Vielfachen der Anzahl von Polen N_{p2} im Wenigerpol-Mechanismus 2 und der Anzahl von Polen N_{p3} im Polstück 3 bestimmt wird, erhöht werden. Außerdem kann die Ordnung des Rastmoments im Mehrpol-Mechanismus 4 oder Polstück 3, die vom kleinsten gemeinsamen Vielfachen der Anzahl von Polen N_{p4} im Mehrpol-Mechanismus 4 und der Anzahl von Polen N_{p3} im Polstück 3 bestimmt wird, ebenfalls erhöht werden.

[0025] Da bekannt ist, dass das Rastmoment typischerweise in der Stärke abnimmt, wenn die Ordnung steigt, kann das Rastmoment, das im Magnet-

getriebe 1 erzeugt wird, verringert werden, indem eine solche Konfiguration der Anzahl von Polen (Anzahl von Polen N_{p2} , Anzahl von Polen N_{p3} , Anzahl von Polen N_{p4}) verwendet wird. Im Ergebnis kann eine Drehmoment-Pulsation der Eingangswelle und der Ausgangswelle des Magnetgetriebes 1 unterdrückt werden, und die Steuerbarkeit der rotierenden elektrischen Maschine und der Last, die mit dem Magnetgetriebe 1 verbunden sind, kann verbessert werden.

[0026] Da der größte gemeinsame Teiler 1 ist, beträgt wiederum die räumliche Symmetrie eine Periode (die erste Ordnung in der räumlichen Ordnung) im mechanischen Winkel, und die elektromagnetische Erregungskraft der ersten Ordnung in der räumlichen Ordnung wird in jedem von dem Mehrpol-Mechanismus 4, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Polstück 3 erzeugt.

[0027] Die elektromagnetische Erregungskraft der ersten Ordnung in der räumlichen Ordnung veranlasst das Lager 9 oder den Rahmen 8f bei niedriger Frequenz zu vibrieren, und folglich wird sie ein Faktor zum Erhöhen von Störungen und Vibrationen, aber diese können verringert werden, indem das Magnetgetriebe-Element 5 so ausgebildet wird, dass eine Mehrzahl von Abschnitten (erster Abschnitt 5a und zweiter Abschnitt 5b), die unterschiedliche Phasen in Axialrichtung haben, verbunden sind, was später detailliert beschrieben wird.

[0028] Da die Abschnitte mit den unterschiedlichen Phasen entlang der Axialrichtung verbunden sind, und zwar in den Permanentmagneten 2m und den Permanentmagneten 4m, die in jedem der Abschnitte (erster Abschnitt 5a und zweiter Abschnitt 5b) verwendet werden, sind Flächen, die in Axialrichtung verlaufen, sämtlich parallel zur Axialrichtung, und folglich ist die Form vereinfacht (in der vorliegenden Ausführungsform ist die Form eine Ziegel- bzw. Plattenform). Im Gegensatz zu dem Fall, in dem die kontinuierliche Schrägung ausgebildet ist, ist die Massenproduktion leicht, und die Herstellungskosten können verringert werden.

[0029] Als Nächstes wird die Differenz der Anordnung (Phase) zwischen erstem Abschnitt 5a und zweitem Abschnitt 5b beschrieben. Hier ist ein Liniensegment La als eine Referenzposition in der Umfangsrichtung im ersten Abschnitt 5a in **Fig. 2A** definiert. Das Liniensegment La bezeichnet die Richtung einer beliebigen Position in Umfangsrichtung zu der Zeit, wenn der Mehrpol-Mechanismus 4, der Wenigerpol-Mechanismus 2 und das Polstück 3 im ersten Abschnitt 5a in der Positionsrelation (Phasenrelation) sind, die in **Fig. 2A** gezeigt ist. In der Zeichnung ist aus Gründen der Einfachheit die Richtung direkt oberhalb der Zeichnung als das Liniensegment La definiert.

[0030] Die Anordnung des Mehrpol-Mechanismus 4, des Wenigerpol-Mechanismus 2 und des Polstücks 3 im zweiten Abschnitt 5b zur gleichen Zeit, wie wenn der erste Abschnitt 5a wie in **Fig. 2A** gezeigt angeordnet wird, ist in **Fig. 2B** gezeigt. Der zweite Abschnitt 5b hat eine Konfiguration, bei der die Anordnung des ersten Abschnitts 5a gegen den Uhrzeigersinn um 180° bis zu einem Liniensegment Lb unter Bezugnahme auf das Liniensegment La rotiert ist.

[0031] Wenn die Phasen des Mehrpol-Mechanismus 4, des Wenigerpol-Mechanismus 2 und des Polstücks 3 mit jenen des ersten Abschnitts 5a verglichen werden, stimmt die Phase des Mehrpol-Mechanismus 4 mit jener des ersten Abschnitts 5a überein, und die Anordnung ist die gleiche. Im Gegensatz haben in der Konfiguration der Wenigerpol-Mechanismus 2 und das Polstück 3 unterschiedliche Phasen, und folglich ist die Querschnittsform unterschiedlich. Das heißt, das Magnetgetriebe-Element 5 bildet die Stufen-Schrägung zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b.

[0032] Der Mechanismus in der Phase mit dem ersten Abschnitt 5a benötigt nicht das Stapeln in der Axialrichtung mit einer Phasenverschiebung, und die Herstellungs-Ausrüstung kann mit dem ersten Abschnitt 5a geteilt bzw. gemeinsam verwendet werden. Daher ist die Herstellungs-Ausrüstung zum Stapeln mit der Phasenverschiebung unnötig, und eine Zunahme der Herstellungskosten kann unterdrückt werden. Die Wirkung wird allgemein derart erhalten, dass ein Abschnitt, in dem zumindest eines von dem Polstück 3, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Mehrpol-Mechanismus 4 eine andere Phase hat, für zwei oder mehr Abschnitte in der Axialrichtung angeordnet wird.

[0033] Als Nächstes werden der Betrieb und Charakteristiken des Magnetgetriebes 1 beschrieben, das das oben beschriebene Magnetgetriebe-Element 5 mit der Zweistufen-Struktur aufweist. Die x-Komponente und die y-Komponente der elektromagnetischen Erregungskraft, die im Mehrpol-Mechanismus 4 jedes von dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b erzeugt wird, die das Magnetgetriebe-Element 5 des Magnetgetriebes 1 gemäß Ausführungsform 1 bilden, sind wie in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** gezeigt. Es zeigt sich, dass dann, wenn eine Rotation um eine Periode (360°) im elektrischen Winkel mit dem Magnetpol des Mehrpol-Mechanismus 4 als Referenz durchgeführt wird, es Komponenten gibt, die in derselben Periode in Richtung der x-Achse und Richtung der Richtung y-Achse oszillieren.

[0034] Das heißt, wie oben beschrieben, zeigt sich, dass die elektromagnetische Erregungskraft einer Periode (erste Ordnung in der räumlichen Ordnung)

im mechanischen Winkel bezüglich der Umfangsrichtung des Mehrpol-Mechanismus 4 in jedem von dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b erzeugt wird. Da der erste Abschnitt 5a und der zweite Abschnitt 5b eine Relation haben, dass sie in der Anordnung um den mechanischen Winkel von 180° rotiert werden, werden die Phasen der elektromagnetischen Erregerkräfte der ersten Ordnung in der räumlichen Ordnung ebenfalls um 180° rotiert, und die Phasen der x-Komponente und der y-Komponente sind invertiert, wie in der Zeichnung gezeigt.

[0035] Im Ergebnis zeigt sich, dass ein Wert, der erhalten wird, indem die elektromagnetischen Erregerkräfte des ersten Abschnitts 5a und des zweiten Abschnitts 5b addiert werden, d. h. die elektromagnetische Erregungskraft des gesamten Magnetgetriebe-Elements 5, kaum erzeugt wird.

[0036] Die Relation zwischen x-Komponente und y-Komponente beim Rotationswinkel von 120° in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** wird durch ein Vektordiagramm dargestellt, wie in **Fig. 4** gezeigt. In **Fig. 4** sind die Trajektorien der Vektoren für den ersten Abschnitt 5a und den zweiten Abschnitt 5b mit einer durchgezogenen Linie bzw. einer gepunkteten Linie gezeigt.

[0037] Die Vektoren der elektromagnetischen Erregerkräfte beim Rotationswinkel von 120° sind um 180° zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b invertiert. Wenn sie addiert werden (Magnetgetriebe-Element 5), ergibt sich im Wesentlichen 0, und es zeigt sich, dass die elektromagnetischen Erregerkräfte durch die elektromagnetischen Erregerkräfte mit gleicher Stärke und umgekehrten Vektoren aufgehoben werden, und folglich wird keine elektromagnetische Erregungskraft erzeugt.

[0038] Da die Vektoren der elektromagnetischen Erregerkräfte des ersten Abschnitts 5a und des zweiten Abschnitts 5b entlang der Trajektorien rotieren, während die Phasenrelation von 180° beibehalten wird, versteht es sich, dass die Unterdrückungswirkung der elektromagnetischen Erregungskraft während einer Rotation einer Periode im elektrischen Winkel beibehalten wird. Das heißt, die Wirkung zum Unterdrücken der elektromagnetischen Erregungskraft wird sogar während einer Rotation einer Periode im mechanischen Winkel beibehalten (in der vorliegenden Ausführungsform gilt Folgendes: Da die Anzahl von Polen N_{p4} einen Wert von 28 hat, entspricht dies 14 Perioden im elektrischen Winkel).

[0039] In Anbetracht der oben beschriebenen Polzahl-Relation ist es möglich, eine Konfiguration zu implementieren, bei der die Wirkung zum Unterdrücken der elektromagnetischen Erregungskraft erzielt wird, während das Rastmoment unterdrückt wird, und es ist möglich, sowohl eine Verbesserung der

Steuerbarkeit der rotierenden elektrischen Maschine, als auch der Last zu erzielen, die mit dem Magnetgetriebe 1 verbunden ist, sowie die Verringerung in Vibrationen und Störungen, die von der elektromagnetischen Erregungskraft des Magnetgetriebes 1 hervorgerufen werden.

Variationsbeispiel

[0040] **Fig. 5A** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse und entspricht **Fig. 2B** im zweiten Abschnitt in einem Magnetgetriebe gemäß einem Variationsbeispiel von Ausführungsform 1, **Fig. 5B** ist ein Vektordiagramm der elektromagnetischen Erregungskraft, die im Mehrpol-Mechanismus erzeugt wird, **Fig. 6A** ist ein Diagramm, das eine Relation zwischen der Umfangsposition und der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft im Mehrpol-Mechanismus des Magnetgetriebes zeigt, und **Fig. 6B** ist ein Diagramm, das eine Relation zwischen der Phasendifferenz (Phasenverschiebung) der zwei Abschnitte und der Amplitude der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft des gesamten Magnetgetriebe-Elements zeigt.

[0041] Das vorliegende Variationsbeispiel ist das gleiche wie jenes, das bei der Ausführungsform 1 beschrieben ist, mit der Ausnahme, dass die Anordnung im zweiten Abschnitt unterschiedlich ist, und der erste Abschnitt hat die Anordnung, die unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** beschrieben ist. Wie in **Fig. 5A** gezeigt, ist der zweite Abschnitt 5b des Magnetgetriebes 1 gemäß dem Variationsbeispiel derart, dass die Anordnung vom ersten Abschnitt 5A bis zum Liniensegment L_b um die Phasenverschiebung θ unter Bezugnahme auf das Liniensegment L_a rotiert ist. Das heißt, der Fall, in dem θ einen Wert von 180° hat, entspricht der Anordnung, die in **Fig. 2B** gezeigt und bei der Ausführungsform 1 beschrieben ist, und das vorliegende Variationsbeispiel zeigt eine Konfiguration, bei der der Rotationswinkel verallgemeinert ist.

[0042] Die Relation zwischen den Vektoren der elektromagnetischen Erregerkräfte ist derart, dass der erste Abschnitt 5a und der zweite Abschnitt 5b eine Phasendifferenz θ haben, wie in **Fig. 5B** gezeigt. Dann versteht es sich, dass die elektromagnetische Erregungskraft des gesamten Magnetgetriebe-Elements 5, die mit dem addierten Vektor angezeigt ist, in Abhängigkeit von der Differenz der Phase zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b schwankt.

[0043] Die Relation zwischen der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft, dargestellt durch die Addition der Vektoren, ist in **Fig. 6A** als eine Verteilung der elektromagnetischen Erregerkräfte an den Umfangspositionen des

Mehrpol-Mechanismus 4 gezeigt. Ähnlich wie die Notation des Vektordiagramms zeigt sich, dass die Amplitude der Wellenform (5: unterbrochene Linie), die die Addition der Komponenten erster Ordnung in der räumlichen Ordnung der elektromagnetischen Erregerkräfte angibt, infolge der Phasendifferenz zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b variiert.

[0044] In dem Fall, in dem die Anordnung des zweiten Abschnitts 5b in der Phase von jener des ersten Abschnitts 5a um die Phasenverschiebung θ auf mechanischer Winkelbasis verschoben ist, ist die Wellenform, die durch Addieren jener des ersten Abschnitts 5a und jener des zweiten Abschnitts 5b erhalten wird, d. h. die Relation zwischen der Amplitude der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft der gesamten Magnetgetriebe-Element 5 und der Phasenverschiebung θ , in **Fig. 6B** gezeigt.

[0045] Wenn die Phasenverschiebung θ im Bereich von größer als 120° und kleiner als 240° liegt, kann die Amplitude der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft kleiner gemacht werden als jene, die von jedem von dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b allein erzeugt wird. Das heißt, es ist möglich die Wirkung zu erhalten, dass das Magnetgetriebe 1 mit niedrigeren Störungen als in dem Fall erhalten wird, in dem ein Magnetgetriebe-Element durch einen einzelnen Abschnitt gebildet wird.

Weiteres Variationsbeispiel

[0046] Bei der Ausführungsform 1 und deren Variationsbeispiel (das oben beschriebene Beispiel) ist ein Beispiel beschrieben, bei dem die Phasen der Mehrpol-Mechanismen 4 miteinander in dem Querschnitt übereinstimmen, der um 180° zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b rotiert ist, aber dies ist keine Beschränkung. Beispielsweise auch in dem Fall, in dem die Phasen des Wenigerpol-Mechanismus 2 oder des Polstücks 3 miteinander um die Rotation von 180° übereinstimmen, ist es möglich, die Schritte zum Stapeln jedes der Mechanismen im zweiten Abschnitt 5b und zum Verschieben der Phase bezüglich der Anordnung des ersten Abschnitts 5a zu verringern, und die gleiche Wirkung zum Verringern der Herstellungskosten kann erhalten werden.

[0047] Ferner wurde in jedem der obigen Beispiele das Beispiel beschrieben, bei dem das Polstück 3 fixiert ist. Das Polstück 3 kann jedoch auch so konfiguriert sein, dass es frei rotierbar ist, und die Phase kann frei eingestellt werden. Ferner kann der Mehrpol-Mechanismus 4 oder der Wenigerpol-Mechanismus 2 fixiert sein. Ferner ist in jedem der obigen Beispiele das Beispiel beschrieben, bei dem die zwei

Arten von Abschnitten (erster Abschnitt 5a und zweiter Abschnitt 5b) in Axialrichtung verbunden sind. Die gleiche Wirkung kann jedoch auch mit einer Konfiguration erzielt werden, bei der mehrere Arten von Abschnitten kombiniert werden, so dass die elektromagnetischen Erregerkräfte durch Addition von Vektoren aufgehoben werden.

Ausführungsform 2

[0048] In Ausführungsform 2 ist die Anordnung der Mechanismen im zweiten Abschnitt bezüglich Ausführungsform 1 geändert. **Fig. 7**, **Fig. 8**, **Fig. 9A** und **Fig. 9B** dienen zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 2, **Fig. 7** ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, schließt die Rotationsachse ein und zeigt die Konfiguration des Magnetgetriebes, und **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im zweiten Abschnitt und entspricht einer Linie C-C in **Fig. 7**.

[0049] **Fig. 9A** ist ein Diagramm, das die Relation der x-Komponenten der elektromagnetischen Erregerkräfte des ersten Abschnitts, des zweiten Abschnitts und des gesamten Getriebeteils bezüglich des Rotationswinkels im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus im Magnetgetriebe-Element zeigt, und **Fig. 9B** ist ein Diagramm, das die Relation der y-Komponenten der elektromagnetischen Erregerkräfte des ersten Abschnitts, des zweiten Abschnitts und des gesamten Getriebeteils bezüglich des Rotationswinkels im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus im Magnetgetriebe-Element zeigt.

[0050] Das Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 2 ist das gleiche wie jenes aus Ausführungsform 1 mit der Ausnahme, dass die Anordnungs-konfiguration der Mechanismen im zweiten Abschnitt 5b, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben ist, ersetzt wird, und es wird auf **Fig. 2A** gemäß Ausführungsform 1 Bezug genommen. Der zweite Abschnitt 5b ist so angeordnet, dass er in der Phase im Zeitverlauf des ersten Abschnitts 5a voreilt, so dass er in einer Phasenrelation ist, bei der eine Aufhebung durch die Addition mit der Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Kraft des ersten Abschnitts 5a erfolgen kann.

[0051] Wie in **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigt, ist der zweite Abschnitt 5b so angeordnet, dass er um 30° im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 bezüglich auf den ersten Abschnitt 5a rotiert ist, der unter Verwendung von **Fig. 2A** beschrieben wird. Wenn Zeit für eine Rotation um 30° im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 verstrichen ist, ist die Richtung, in der der Mehrpol-Mechanismus 4 vom

Liniensegment La rotiert, mit Lb4 bezeichnet, und die Richtung, in der der Wenigerpol-Mechanismus 2 vom Liniensegment La rotiert, ist mit Lb2 bezeichnet.

[0052] Zu der Zeit für die Rotation um 30° im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 bezüglich des Liniensegments La im ersten Abschnitt 5a, rotiert folglich der Mehrpol-Mechanismus 4 zu der Position des Liniensegments Lb4, und der Wenigerpol-Mechanismus 2 rotiert zu der Position des Liniensegments Lb4.

[0053] Genauer gesagt: Wie in **Fig. 8** gezeigt, werden der Mehrpol-Mechanismus 4 und der Wenigerpol-Mechanismus 2 so rotiert, dass sie am Liniensegment Lb4 bzw. am Liniensegment Lb2 positioniert sind, und zwar unter Bezugnahme auf das Liniensegment La des ersten Abschnitts 5a. Wie in **Fig. 9A** und **Fig. 9B** gezeigt, ist die Konfiguration derart, dass die x-Komponente und die y-Komponente der elektromagnetischen Erregerkräfte des ersten Abschnitts 5a und des zweiten Abschnitts 5b einander aufheben, und die elektromagnetische Erregungskraft wird kleiner als jene des einzelnen Abschnitts.

[0054] Wie oben beschrieben, kann sogar dann, wenn der zweite Abschnitt 5a, der die Anordnung hat, die erhalten wird, indem die Anordnung bezüglich der ersten Abschnitte 5b im Zeitverlauf rotiert wird, entlang der Axialrichtung verbunden sind, die gleiche Wirkung wie jene aus Ausführungsform 1 erhalten werden.

Variationsbeispiel

[0055] In Ausführungsform 2 ist das Polstück 3 fixiert, und folglich ist das Beispiel gezeigt, in dem die Phase des Polstücks 3 miteinander im ersten Abschnitt 5a und im zweiten Abschnitt 5b übereinstimmt. Es ist jedoch ersichtlich, dass die gleiche Wirkung sogar in dem Fall erzielt werden kann, in dem der Mehrpol-Mechanismus 4 oder der Wenigerpol-Mechanismus 2 fixiert ist und die übrigen zwei Mechanismen frei rotierbar sind.

[0056] In **Fig. 8** ist der zweite Abschnitt 5b so konfiguriert, dass er die Anordnung zur Zeit für die Rotation um 30° im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 bezüglich der Anordnung des ersten Abschnitts 5a hat, aber dies ist keine Beschränkung. Es ist ersichtlich, dass eine ähnliche Wirkung selbst dann erzielt werden kann, wenn der zweite Abschnitt 5b so konfiguriert ist, dass er eine Anordnung zur Zeit für die Rotation um einen anderen elektrischen Winkel hat, die eine Aufhebung von Vibrationen infolge der elektromagnetischen Erregungskraft ermöglicht.

[0057] Beispielsweise wird beispielhaft der Fall beschrieben, in dem die Anordnung jedes Mechanis-

mus im zweiten Abschnitt 5b zu dieser Zeit eine Anordnung zur Zeit für die Rotation um α Grad ($0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$) im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 bezüglich des ersten Abschnitts 5a ist. Das heißt, wenn die Zeit für die Rotation um α Grad im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 verstrichen ist, ist die Richtung, in der der Mehrpol-Mechanismus 4 vom Liniensegment La rotiert, als Lb4 definiert, und die Richtung, in der der Wenigerpol-Mechanismus 2 vom Liniensegment La rotiert, ist als Lb2 definiert.

[0058] Unter Bezugnahme auf das Liniensegment La im ersten Abschnitt 5a kann zur Zeit für die Rotation um α Grad im elektrischen Winkel unter Bezugnahme auf den Mehrpol-Mechanismus 4 der Mehrpol-Mechanismus 4 so konfiguriert sein, dass er zur Position des Liniensegments Lb4 rotiert, und der Wenigerpol-Mechanismus 2 kann so konfiguriert sein, dass er zur Position des Liniensegments Lb4 rotiert.

[0059] In Ausführungsform 2 inklusive Variationsbeispiel ist das Beispiel beschrieben, bei dem das Polstück 3 fixiert ist. Das Polstück 3 kann jedoch auch so konfiguriert sein, dass es frei rotierbar ist, und folglich kann die Phase frei eingestellt werden. Ferner kann der Mehrpol-Mechanismus 4 oder der Wenigerpol-Mechanismus 2 fixiert sein.

[0060] Außerdem ist bei der Ausführungsform 2 das Beispiel beschrieben, bei dem zwei Typen von Abschnitten (erster Abschnitt 5a und zweiter Abschnitt 5b) in Axialrichtung verbunden sind. Die gleiche Wirkung kann jedoch auch erzielt werden, indem mehr Arten von Abschnitten kombiniert sind, um die elektromagnetischen Erregerkräfte durch Addieren von Vektoren aufzuheben.

Ausführungsform 3

[0061] In Ausführungsform 1 und Ausführungsform 2 sind die Beispiele beschrieben, bei denen das Magnetgetriebe-Element mit der Zweistufen-Struktur vorliegt, wo der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt in Axialrichtung verbunden sind. In Ausführungsform 3 wird ein Beispiel mit einem Magnetgetriebe-Element mit einer Dreistufen-Struktur beschrieben. **Fig. 10** ist eine Querschnittsansicht entlang einer Rotationsachse und schließt die Rotationsachse im Magnetgetriebe ein, zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 3.

Es sei angemerkt, dass ein dritter Abschnitt auf die gleiche Weise (in derselben Phase) wie der erste Abschnitt angeordnet ist, und der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt sind auf die gleiche Weise angeordnet, wie bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 beschrieben.

[0062] Daher wird deren Beschreibung weggelassen, und es wird Bezug genommen auf **Fig. 2A** bis **Fig. 9B**.

[0063] In dem Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 3 gilt Folgendes, wie bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 veranschaulicht: Der zweite Abschnitt 5b, dessen Phase verschieden vom ersten Abschnitt 5a in zumindest einem von dem Wenigerpol-Mechanismus 2, dem Mehrpol-Mechanismus 4 und dem Polstück 3 ist, grenzt an den ersten Abschnitt 5a miteinander in Axialrichtung an. Wie in **Fig. 10** gezeigt, ist auf der gegenüberliegenden Seite des zweiten Abschnitts 5b bezüglich des ersten Abschnitts 5a in Axialrichtung ein dritter Abschnitt 5c, bei dem jeder Mechanismus in derselben Phase wie der erste Abschnitt 5a angeordnet ist, so verbunden, dass die Dreistufen-Struktur gebildet wird.

[0064] Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich von Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 darin, dass die Anzahl von benachbarten Bereichen der Abschnitte mit unterschiedlichen Phasen zwei beträgt, wohingegen die Anzahl von benachbarten Bereichen der Abschnitte mit unterschiedlichen Phasen bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 Eins beträgt, und die übrigen Konfigurationen sind die gleichen wie jene bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2.

[0065] Indem die Abschnitte mit unterschiedlichen Phasen (erster Abschnitt 5a, zweiter Abschnitt 5b und dritter Abschnitt 5c) so angeordnet werden, dass sie in der Axialrichtung angeordnet und verteilt bzw. verstreut sind, ist es möglich, eine Ablenkung in einer Richtung senkrecht zur Axialrichtung infolge des Biegemoments zu unterdrücken, das durch die Kombination der elektromagnetischen Erregerkräfte mit unterschiedlichen Phasen in Umfangsrichtung hervorgerufen wird.

[0066] Hinsichtlich der Verteilung der Bereiche in der Axialrichtung über die Abschnitte mit Anordnungen mit unterschiedlichen Phasen unterscheidet sich die Konfiguration, bei der die Wirkung zum Unterdrücken der Ablenkung optimal ist, in Abhängigkeit von der Positionsrelation zwischen Rotor und Lager 9 oder der Befestigungspositionen bezüglich der Last und der rotierenden elektrischen Maschine. **Fig. 10** zeigt als ein Beispiel eine Konfiguration, bei der das Verhältnis zum Stapeln der Dicken des ersten Abschnitts 5a, des zweiten Abschnitts 5b und des dritten Abschnitts 5c in der Axialrichtung 1:2:1 beträgt.

[0067] Unter dem Gesichtspunkt, die elektromagnetischen Erregerkräfte aufzuheben, ist es wünschenswert, dass die Stapel-Dicken in Axialrichtung in einem Anordnungsmuster A durch den ersten Abschnitt 5a und den dritten Abschnitt 5c mit den

Stapel-Dicken in Axialrichtung in einem Anordnungsmuster B durch den zweiten Abschnitt 5b übereinstimmen.

[0068] In Ausführungsform 3 ist das Beispiel beschrieben, in dem das Magnetgetriebe-Element 5 konfiguriert wird, indem drei Abschnitte in Axialrichtung verbunden werden. Selbst in einem Fall, in dem vier oder mehr Abschnitte vorhanden sind, ist es jedoch möglich, die Ablenkung in der Richtung senkrecht zur Axialrichtung weiter zu verringern, und die gleiche Wirkung wird erzielt. Ferner ist bei der Ausführungsform 3 das Konfigurationsbeispiel gezeigt, in dem die Abschnitte von zwei Arten von Anordnungsmustern in Axialrichtung verbunden sind, aber die gleiche Wirkung kann erzielt werden, indem zwei oder mehr Arten von Abschnitten kombiniert werden, so dass die elektromagnetischen Erregerkräfte durch die Addition der Vektoren aufgehoben werden.

Ausführungsform 4

[0069] In Ausführungsform 1 und Ausführungsform 2, die oben beschrieben sind, sind Beispiele beschrieben, in denen der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt in engem Kontakt miteinander in Axialrichtung verbunden sind und das Magnetgetriebe-Element bilden. In Ausführungsform 4 wird ein Beispiel beschrieben, in dem der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt miteinander via einen magnetischen hohlen Bereich verbunden sind und ein Magnetgetriebe-Element bilden.

[0070] **Fig. 11** ist eine Querschnittsansicht entlang einer Rotationsachse und schließt die Rotationsachse im Magnetgetriebe ein, zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 4. Es sei angemerkt, dass die Anordnung der Mechanismen in jedem von dem ersten Abschnitt und dem zweiten Abschnitt die gleiche wie die Anordnung ist, die bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 beschrieben ist, und deren Beschreibung wird weggelassen, und es wird auf **Fig. 2A** bis **Fig. 9B** Bezug genommen.

[0071] Wie in **Fig. 11** gezeigt, ist das Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 4 das gleiche wie jenes bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 mit der Ausnahme, dass ein magnetischer hohler Bereich 5g unter Verwendung von Luft, einem nichtmagnetischen Material oder dergleichen zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b in Axialrichtung angeordnet ist. Indem der magnetische hohle Bereich 5g zwischen erstem Abschnitt 5a und zweitem Abschnitt 5b mit unterschiedlichen Phasen angeordnet wird, ist es möglich, den Streufluss in Axialrichtung zu verringern, der nicht zur Drehmomentübertragung des Magnetgetriebes 1 beiträgt.

[0072] Daher ist es möglich, eine Abnahme des Übertragungsmoments infolge der Ausbildung des Magnetgetriebe-Elements 5 zu unterdrücken, indem die Abschnitte mit unterschiedlichen Phasen (erster Abschnitt 5a und zweiter Abschnitt 5b) verbunden werden.

Variationsbeispiel

[0073] Obwohl **Fig. 11** zeigt das Beispiel zeigt, bei dem der kleine magnetische hohle Bereich 5g in Axialrichtung angeordnet ist, um die Größe des Magnetgetriebes 1 zu verringern, ist dies keine Beschränkung. Selbst wenn der erste Abschnitt 5a und der zweite Abschnitt 5b in Axialrichtung voneinander getrennt sind und miteinander mittels eines Strukturelements verbunden sind, um den magnetischen hohlen Bereich 5g sicherzustellen, kann die gleiche Wirkung erzielt werden.

[0074] Ferner können der erste Abschnitt 5a und der zweite Abschnitt 5b Abschnitte sein, die aus verschiedenen Strukturelementen gebildet sind, und jeder der Rotoren (in diesem Beispiel: der Mehrpol-Mechanismus 4 und der Wenigerpol-Mechanismus 2) können miteinander mittels eines Strukturelements verbunden sein.

Ausführungsform 5

[0075] In Ausführungsform 5 ist der magnetische hohle Bereich zwischen den Abschnitten wie bei der Ausführungsform 4 bezüglich des Magnetgetriebe-Elements angeordnet, wobei die drei Abschnitte verbunden sind, die bei der Ausführungsform 3 beschrieben sind. **Fig. 12** ist eine Querschnittsansicht entlang einer Rotationsachse und schließt die Rotationsachse im Magnetgetriebe ein, zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 5. Es sei angemerkt, dass die Anordnung des Mechanismus in jedem von dem ersten Abschnitt, dem zweiten Abschnitt und dem dritten Abschnitt die gleiche ist wie jene, die bei der Ausführungsform 3 beschrieben ist, und folglich wird deren Beschreibung weggelassen, und es wird Bezug genommen auf **Fig. 2A** bis **Fig. 9B**.

[0076] Wie in **Fig. 12** gezeigt, ist das Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 5 das gleiche wie jenes aus Ausführungsform 3, mit der Ausnahme, dass der magnetische hohle Bereich 5g unter Verwendung von Luft, einem nichtmagnetischen Material oder dergleichen zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b sowie zwischen dem zweiten Abschnitt 5b und dem dritten Abschnitt 5c in der Axialrichtung angeordnet ist.

[0077] Indem der erste Abschnitt 5a, der zweite Abschnitt 5b und der dritte Abschnitt 5c mit unter-

schiedlichen Phasen so angeordnet sind, dass sie in der Axialrichtung angeordnet und gestreut werden, wird eine Ablenkung in der Richtung senkrecht zur Axialrichtung unterdrückt. Außerdem ist es möglich, den Streufluss in der Axialrichtung zu verringern, der nicht zur Drehmomentübertragung des Magnetgetriebes 1 beiträgt, indem der magnetische hohle Bereich 5g so angeordnet wird, dass er zwischen diesen vorhanden ist.

Variationsbeispiel

[0078] Obwohl **Fig. 12** das Beispiel zeigt, bei dem der kleine magnetische hohle Bereich 5g in Axialrichtung angeordnet ist, um die Größe des Magnetgetriebes 1 zu verringern, ist dies keine Beschränkung. Die gleiche Wirkung kann sogar mit einer Konfiguration erzielt werden, bei der der erste Abschnitt 5a, der zweite Abschnitt 5b und der dritte Abschnitt 5c weiter in Axialrichtung voneinander getrennt sind, und der magnetische hohle Bereich 5g sichergestellt, indem diese mit einem Strukturelement verbunden werden.

[0079] Ferner können der erste Abschnitt 5a, der zweite Abschnitt 5b und der dritte Abschnitt 5c Abschnitte sein, die aus unterschiedlichen Strukturelementen gebildet sind, und jeder der Rotoren (in dem vorliegenden Beispiel der Mehrpol-Mechanismus 4 und der Wenigerpol-Mechanismus 2) kann miteinander mittels eines Strukturelements verbunden sein.

[0080] In der gleichen Weise wie bei der Ausführungsform 3 ist ferner das Beispiel gezeigt, in dem die Abschnitte der zwei Arten der Anordnungsmuster in Axialrichtung verbunden sind, aber die gleiche Wirkung kann erzielt werden, indem mehr Arten von Abschnitten kombiniert werden, um die elektromagnetischen Erregerkräfte durch die Addition der Vektoren aufzuheben.

Ausführungsform 6

[0081] In einem Magnetgetriebe gemäß Ausführungsform 6 wird ein Beispiel beschrieben, bei dem ein Magnetgetriebe-Element durch eine Kombination der Anzahl von Polaritäten konfiguriert ist, die verschieden von jenen bei der Ausführungsform 1 bis Ausführungsform 5 sind. **Fig. 13** bis **Fig. 15** sind Diagramme zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 6, und **Fig. 13** ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, schließt die Rotationsachse ein und zeigt die Konfiguration des Magnetgetriebes, **Fig. 14A** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im ersten Abschnitt und entspricht einer Linie D-D in **Fig. 13**, und **Fig. 14B** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im zweiten Abschnitt und entspricht einer Linie

E-E in **Fig. 13**. **Fig. 15** ist ein Diagramm, das die Relation der elektromagnetischen Erregerkräfte der Komponenten zweiter Ordnung des ersten Abschnitts, des zweiten Abschnitts und des gesamten Getriebeteils bezüglich der Umfangsposition im Magnetspalt zwischen dem Mehrpol-Mechanismus und dem Polstück im Magnetgetriebe-Element zeigt.

[0082] Beim Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 6 gilt Folgendes: Wie in **Fig. 13** und **Fig. 14A** gezeigt, wird der Abschnitt gebildet durch den Mehrpol-Mechanismus 4, wobei 22 (Anzahl von Polen $Np4$) Permanentmagneten $4m$ angeordnet sind, den Wenigerpol-Mechanismus 2, wobei 6 (Anzahl von Polen $Np2$) Permanentmagneten $2m$ angeordnet sind, und das Polstück 3, das von 14 (Anzahl von Polen $Np3$) Magnetpolstücken gebildet wird.

[0083] Das heißt, das Übersetzungsverhältnis des Magnetgetriebes 1, wenn das Polstück 3 fixiert ist, beträgt 3,67, d. h. $(22/2)/(6/2)$. Der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen $Np2$ des Wenigerpol-Mechanismus 2 und der Anzahl von Polen $Np3$ des Polstücks 3, und der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen $Np4$ des Mehrpol-Mechanismus 4 und der Anzahl von Polen $Np3$ des Polstücks 3 sind beide 2. Da der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen 2 ist, kann das kleinste gemeinsame Vielfache der Anzahl von Polen ausreichend groß gemacht werden, wie bei der Ausführungsform 1, und die Amplitude des Rastmoments kann verringert werden.

[0084] Wie in **Fig. 14B** gezeigt, hat der zweite Abschnitt 5b eine Form, die erhalten wird, indem der zweite Abschnitt 5b bezüglich des ersten Abschnitts 5a um 90° im mechanischen Winkel unter Bezugnahme auf das Liniensegment La rotiert wird. Die vorliegende Ausführungsform ist die gleiche wie Ausführungsform 1 bis Ausführungsform 5, die oben beschrieben sind, mit der Ausnahme, dass der erste Abschnitt 5a von der Anordnung, die in **Fig. 2A** gezeigt ist, durch die Anordnung ersetzt ist, die in **Fig. 14A** gezeigt ist, und der zweite Abschnitt 5b von der Anordnung, die in **Fig. 2B** gezeigt ist, durch die Anordnung ersetzt ist, die in **Fig. 14B** gezeigt ist.

[0085] In der Konfiguration der Anzahl von Polen, die bei der Ausführungsform 6 gezeigt ist, gilt Folgendes: Da die räumliche Symmetrie von der zweiten Ordnung ist, wird eine elektromagnetische Erregungskraft erzeugt, die einen räumlichen Modus zweiter Ordnung in der Umfangsrichtung aufweist. Wie in **Fig. 15** gezeigt, gilt Folgendes: Da der erste Abschnitt 5a und der zweite Abschnitt 5b die Phasendifferenz von 90° im mechanischen Winkel aufweisen, versteht es sich, dass die räumlichen Wellenformen der Komponenten zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregerkräfte, die im Mehrpol-

Mechanismus 4 erzeugt werden, einander infolge der Phasenrelation der elektromagnetischen Erregerkräfte zweiter Ordnung aufheben, wenn sie zueinander addiert werden.

Variationsbeispiel

[0086] **Fig. 16A** ist ein Diagramm, das die Relation der Umfangsposition im Magnetspalt zwischen dem Mehrpol-Mechanismus und dem Polstück im Magnetgetriebe-Element bezüglich der Komponenten zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregerkräfte gemäß einem Variationsbeispiel von Ausführungsform 6 zeigt, und **Fig. 16B** ist ein Diagramm, das die Relation zwischen der Phasendifferenz (Phasenverschiebung) der zwei Abschnitte und der Amplitude der Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft des gesamten Magnetgetriebe-Elements zeigt.

[0087] Im vorliegenden Variationsbeispiel wird beschrieben, dass die gleiche Wirkung erzielt werden kann, selbst wenn die Phasendifferenz des mechanischen Winkels eine andere als 90° ist. In der Anordnung des zweiten Abschnitts 5b ändert sich der Winkel des Liniensegments Lb bezüglich des Liniensegments La , das in **Fig. 14B** gezeigt ist, von 90° zu θ . Das heißt, der Fall, in dem θ einen Wert von 90° hat, entspricht der Anordnung, die in **Fig. 14B** gezeigt und bei der Ausführungsform 6 beschrieben ist, und das vorliegende Variationsbeispiel zeigt eine Konfiguration, bei der der Rotationswinkel verallgemeinert ist.

[0088] Wie in **Fig. 16A** gezeigt, ist ersichtlich, dass - selbst wenn die Phasendifferenz θ nicht 90° beträgt - die Amplitude der räumlichen Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft durch die Addition kleiner gemacht werden kann als die Amplitude in dem Fall, in dem jeder der Abschnitte allein verwendet wird. Die Amplitude der räumlichen Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft, wenn die Phasendifferenz θ von 0 zu 360° geändert wird, ändert sich wie in **Fig. 16B** gezeigt.

[0089] Wenn die Phasendifferenz θ in einem Bereich größer als 60° und kleiner als 120° oder in einem Bereich größer als 240° und kleiner als 300° liegt, kann die Amplitude der räumlichen Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft verringert werden, und zwar verglichen mit dem Fall, in dem jeder Abschnitt allein verwendet wird.

Weiteres Variationsbeispiel

[0090] In Ausführungsform 6 und deren Variationsbeispiel wurde das Beispiel beschrieben, in dem das Polstück 3 fixiert ist. Es kann jedoch auch eine Kon-

figuration angenommen werden, bei der das Polstück 3 so konfiguriert ist, dass es frei rotierbar ist, und folglich kann die Phase frei eingestellt werden. Als die Konfiguration des Magnetgetriebe-Elements 5 ist ferner das Beispiel gezeigt, in dem die zwei Typen von Abschnitten, die in **Fig. 1** aus Ausführungsform 1 gezeigt sind, in engem Kontakt miteinander in Axialrichtung verbunden sind, aber das ist keine Beschränkung. Die gleiche Wirkung kann mit den Konfigurationen ähnlich Ausführungsform 3 bis Ausführungsform 5 erzielt werden.

Ausführungsform 7

[0091] In einem Magnetgetriebe gemäß Ausführungsform 7 wird ein Beispiel beschrieben, bei dem ein Magnetgetriebe-Element durch eine Kombination der Anzahl von Polaritäten konfiguriert ist, die verschieden von jenen bei der Ausführungsform 1 bis Ausführungsform 5 und Ausführungsform 6 sind. **Fig. 17**, **Fig. 18A** und **Fig. 18B** dienen zum Beschreiben der Konfiguration und des Betriebs eines Magnetgetriebes gemäß Ausführungsform 7, **Fig. 17** ist eine Querschnittsansicht entlang der Rotationsachse, schließt die Rotationsachse ein und zeigt die Konfiguration des Magnetgetriebes, **Fig. 18A** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im ersten Abschnitt und entspricht einer Linie F-F in **Fig. 17**, und **Fig. 18B** ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotationsachse im zweiten Abschnitt und entspricht einer Linie G-G in **Fig. 17**.

[0092] Wie in **Fig. 17** und **Fig. 18A** gezeigt, wird im Magnetgetriebe 1 gemäß Ausführungsform 7 ein Abschnitt gebildet durch den Mehrpol-Mechanismus 4, in dem 20 (Anzahl von Polen N_{p4}) Permanentmagneten 4m angeordnet sind, den Wenigerpol-Mechanismus 2, in dem 8 (Anzahl von Polen N_{p2}) Permanentmagneten 2m angeordnet sind, und das Polstück 3, das von 14 (Anzahl von Polen N_{p3}) Magnetpolstücken gebildet wird.

[0093] Das heißt, wenn das Polstück 3 fixiert ist, hat das Übersetzungsverhältnis des Magnetgetriebe 1 einen Wert von 2,5, d. h. $(20/2)/(8/2)$. Der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen N_{p2} des Wenigerpol-Mechanismus 2 und der Anzahl von Polen N_{p3} des Polstücks 3, und der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen N_{p4} des Mehrpol-Mechanismus 4 und der Anzahl von Polen N_{p3} des Polstücks 3 sind beide 2. Da der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen 2 ist, kann das kleinste gemeinsame Vielfache der Anzahl von Polen ausreichend groß gemacht werden, wie bei der Ausführungsform 6, und die Amplitude des Rastmoments kann verringert werden.

[0094] Wie in **Fig. 18B** gezeigt, hat der zweite Abschnitt 5b eine Form, die erhalten wird, indem der erste Abschnitt 5a um 90° im mechanischen Win-

kel unter Bezugnahme auf das Liniensegment La rotiert wird. Die vorliegende Ausführungsform ist die gleiche wie Ausführungsform 1 bis Ausführungsform 5, die oben beschrieben sind, mit der Ausnahme, dass der erste Abschnitt 5a von der Anordnung, die in **Fig. 2A** gezeigt ist, durch die Anordnung ersetzt ist, die in **Fig. 18A** gezeigt ist, und der zweite Abschnitt 5b von der Anordnung, die in **Fig. 2B** gezeigt ist, durch die Anordnung ersetzt ist, die in **Fig. 18B** gezeigt ist.

[0095] Die Phase des Wenigerpol-Mechanismus 2 des zweiten Abschnitts stimmt mit jener des ersten Abschnitts 5a überein, und ähnlich zu Ausführungsform 1 benötigt der Wenigerpol-Mechanismus 2 nicht das Stapeln in der Axialrichtung mit der Phasenverschiebung, und folglich kann die Herstellungs-Ausrüstung mit dem ersten Abschnitt 5a geteilt bzw. gemeinsam verwendet werden. Daher ist die Herstellungs-Ausrüstung zum Stapeln mit der Phasenverschiebung unnötig, und eine Zunahme der Herstellungskosten kann unterdrückt werden.

[0096] Obwohl das Beispiel, bei dem die Phase des Wenigerpol-Mechanismus 2 zwischen dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b übereinstimmt, in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben wurde, ist dies keine Beschränkung. Die gleiche Wirkung kann durch eine Kombination der Anzahl von Polen und der Phasendifferenz θ erhalten werden, so dass ein Anordnungsmuster, wo die Phase zumindest eines von dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Mehrpol-Mechanismus 4 unterschiedlich ist, zwei oder mehr in der Axialrichtung angeordnet ist.

[0097] In der Konfiguration der Anzahl von Polen, die bei der Ausführungsform 7 gezeigt ist, gilt Folgendes: Da die räumliche Symmetrie von der zweiten Ordnung ist, wird eine elektromagnetisch Erregungskraft erzeugt, die einen räumlichen Modus zweiter Ordnung in der Umfangsrichtung aufweist.

[0098] Wie in **Fig. 15** gezeigt, gilt Folgendes: Da der erste Abschnitt 5a und der zweite Abschnitt 5b die Phasendifferenz von 90° im mechanischen Winkel aufweisen, versteht es sich, dass die räumlichen Wellenformen der Komponenten zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregerkräfte, die im Mehrpol-Mechanismus 4 erzeugt werden, einander infolge der Phasenrelation der elektromagnetischen Erregerkräfte zweiter Ordnung aufheben, wenn sie zueinander addiert werden.

Variationsbeispiel

[0099] In Ausführungsform 7 wurde das Beispiel beschrieben, bei dem das Polstück 3 fixiert ist. Es kann jedoch auch eine Konfiguration angenommen werden, bei der das Polstück 3 so konfiguriert ist,

dass es frei rotierbar ist, und folglich kann die Phase frei eingestellt werden. Als die Konfiguration des Magnetgetriebe-Elements 5 ist ferner das Beispiel gezeigt, in dem die zwei Typen von Abschnitten, die in **Fig. 1** aus Ausführungsform 1 gezeigt sind, in engem Kontakt miteinander in Axialrichtung verbunden sind, aber das ist keine Beschränkung. Die gleiche Wirkung kann mit den Konfigurationen ähnlich Ausführungsform 3 bis Ausführungsform 5 erzielt werden.

[0100] Obwohl verschiedene beispielhafte Ausführungsformen in der vorliegenden Erfindung beschrieben sind, sind verschiedene Merkmale, Aspekte und Funktionen, die in einer oder mehreren Ausführungsformen beschrieben sind, in der Anwendung der Inhalte, die in einer besonderen Ausführungsform beschrieben sind, nicht inhärent, und sie sind allein oder in deren verschiedenen Kombinationen auf jede Ausführungsform anwendbar.

[0101] Demzufolge können zahlreiche Variationen ersonnen werden, die nicht dargestellt sind, und zwar innerhalb des Umfangs der Technik, die in der Beschreibung der vorliegenden Erfindung offenbart ist. Beispielsweise ist Folgendes enthalten: Der Fall, in dem mindestens eine Komponente modifiziert, hinzugefügt oder weggelassen ist, und der Fall, in dem mindestens eine Komponente extrahiert wird und mit einer Komponente kombiniert wird, die in einer anderen Ausführungsform offenbart ist.

[0102] Beispielsweise sind die Beispiele beschrieben, in denen der Permanentmagnet (Permanentmagneten 4m und Permanentmagneten 2m) jedes Magnetpols im Magnetgetriebe 1Eins für jeden trägt, aber die gleiche Wirkung kann sogar dann erzielt werden, wenn der Permanentmagnet in der Magnetisierungsrichtung, der orthogonalen Richtung bezüglich der Magnetisierungsrichtung, der Axialrichtung und anderen Richtungen geteilt ist.

[0103] Ferner sind Beispiele gezeigt, in denen das Magnetgetriebe 1 vom radialen Typ ist und den Magnetpaltbereich in einer Richtung senkrecht zur Rotationsachse X aufweist, aber die gleiche Wirkung kann erzielt werden, mit einem axialen Typ, der einen Magnetpaltbereich in Richtung parallel zur Rotationsachse X aufweist.

[0104] Ferner ist in jeder der oben beschriebenen Ausführungsformen als eine Kombination der Anzahl von Polen N_{p2} , der Anzahl von Polen N_{p4} und der Anzahl von Polen N_{p3} , eine Gesamtheit von drei Kombinationen der Anzahl von Polen, wie das Kombinationsbeispiel aus 6, 28 und 17, das Kombinationsbeispiel aus 6, 22 und 14 und das Kombinationsbeispiel aus 8, 20 und 14 gezeigt, aber dies ist keine Beschränkung. Ferner sind die Fälle beschrieben, in denen der größte gemeinsame Teiler der

Anzahl von Polen N_{p2} und der Anzahl von Polen N_{p3} und der größte gemeinsame Teiler der Anzahl von Polen N_{p4} und der Anzahl von Polen N_{p3} beide 1 oder 2 sind, aber dies ist keine Beschränkung.

[0105] Selbstverständlich gilt Folgendes: Wenn beide von diesen 1 betragen, kann die räumliche Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft auf das Maximum verringert werden, und wenn beide von diesen 2 betragen, kann die Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft auf das Maximum verringert werden. Selbst wenn eine von ihnen 1 ist und die andere von ihnen 2 ist, ist es möglich, jede von der räumlichen Komponente erster Ordnung und der räumlichen Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft zu verringern.

[0106] Wenn eine von ihnen 1 oder 2 beträgt, ist es ferner möglich - selbst wenn die andere davon weder 1 noch 2 beträgt - die räumliche Komponente erster Ordnung oder die räumliche Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft zu verringern.

[0107] In Anbetracht des oben Beschriebenen kann die gleiche Wirkung erzielt werden, solange zumindest die folgenden drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind.

[0108] Bedingung 1: zwei oder mehr Abschnitte, in denen zumindest eines von dem Polstück 3, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Mehrpol-Mechanismus 4 eine unterschiedliche Phase hat, sind in Axialrichtung angeordnet.

[0109] Bedingung 2: Zumindest einer von dem größten gemeinsamen Teiler der Anzahl von Polen N_{p2} des Wenigerpol-Mechanismus 2 und der Anzahl von Polen N_{p3} des Polstücks 3 und dem größten gemeinsamen Teiler der Anzahl von Polen N_{p4} des Mehrpol-Mechanismus 4 und der Anzahl von Polen N_{p3} ist 1 oder 2.

[0110] Bedingung 3: Wenn die Anzahl von Polpaaren ($= N_{p2}/2$) des Wenigerpol-Mechanismus 2, der den Abschnitt bildet, N_2 ist, die Anzahl von Polpaaren ($= N_{p4}/2$) des Mehrpol-Mechanismus 4 N_4 ist und die Anzahl von Polstücken 3 ($= N_{p3}$) N_3 ist, ergibt sich die Relation, die durch den Ausdruck (1) dargestellt wird.

$$(2k-1)N_3 = N_4 \pm (2m-1)N_2 \quad (1),$$

wobei sowohl k, als auch m natürliche Zahlen sind.

[0111] Außerdem sind die Formen der Zähne des Magnetgetriebes 1, des Polstücks 3 und der Permanentmagneten (Permanentmagneten 2m und Per-

manentmagneten 4m) als die einfachsten Formen veranschaulicht, aber sie sind darauf nicht beschränkt. Die Formen der Zähne und des Polstücks können in der Radialrichtung in Richtung des Magnetspaltbereichs verbreitert oder verjüngt sein.

[0112] Selbst in einem Fall, in dem Bond-Magneten als Permanentmagneten verwendet werden, gilt ferner Folgendes: Wenn zwei oder mehr Permanentmagneten pro Magnetpol verwendet werden und in einer V-Form eingebettet sind, kann die gleiche Wirkung erzielt werden, ungeachtet der Formen der Zähne, des Polstücks 3 und der Permanentmagneten, solange die oben beschriebenen drei Bedingungen erfüllt sind.

[0113] Wie oben beschrieben, weist das Magnetgetriebe der vorliegenden Erfindung das Magnetgetriebe-Element 5 auf, das so konfiguriert ist, dass jeder von dem Mehrpol-Mechanismus 4, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Polstück 3 eine Funktion irgendeines von dem Stator, einem ersten Rotor und einem zweiten Rotor teilt, wobei der Mehrpol-Mechanismus 4 die Magnetpole der ersten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p4}) aufweist, die entlang der Umfangsrichtung mit den Permanentmagneten 4m angeordnet sind, der Wenigerpol-Mechanismus 2 die Magnetpole der zweiten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p2}) aufweist, die weniger als jene der ersten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p4}) betragen und entlang der Umfangsrichtung mit den Permanentmagneten 2m angeordnet sind, das Polstück 3 die Magnetpole der dritten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p3}) aufweist, die entlang der Umfangsrichtung mit weichmagnetischem Material durch die Magnetspalte bezüglich jedes der Magnetpole des Mehrpol-Mechanismus 4 und des Wenigerpol-Mechanismus 2 angeordnet sind; eine erste Welle (Mehrpole-Rotorwelle 7) zum Übertragen von Drehmoment zwischen dem ersten Rotor (beispielsweise dem Mehrpol-Mechanismus 4) und der Außenseite; und eine zweite Welle (beispielsweise den Wenigerpol-Rotorwelle 6) zum Übertragen von Drehmoment zwischen dem zweiten Rotor und der Außenseite.

[0114] Das Magnetgetriebe-Element 5 ist so konfiguriert, dass zwischen benachbarten Abschnitten (beispielsweise dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b, dem zweiten Abschnitt 5b und dem dritten Abschnitt 5c) unter einer Mehrzahl von Abschnitten (beispielsweise dem ersten Abschnitt 5a, dem zweiten Abschnitt 5b, dem dritten Abschnitt 5c), die entlang einer Axialrichtung (der Richtung der Rotationsachse X) geteilt sind, die Positionsrelation der Magnetpole unter dem Mehrpol-Mechanismus 4, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Polstück 3 derart verschieden ist, dass zumindest einer von dem Mehrpol-Mechanismus 4, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Polstück 3 die Phasendifferenz θ hat, und zumindest einer von dem größten

gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p4}) und der dritten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p3}) und dem größten gemeinsamen Teiler der zweiten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p2}) und der dritten Polzahlen (Anzahl von Polen N_{p3}) 1 oder 2 ist. Daher ist es möglich, sowohl eine Verringerung des Rastmoments, als auch eine Verringerung der elektromagnetischen Erregungskraft zu erzielen, ohne dass die Herstellungskosten erhöht werden.

[0115] Insbesondere wenn Flächen, die in Axialrichtung der Permanentmagneten (Permanentmagneten 4m und Permanentmagneten 2m) verlaufen, die jeweils im Mehrpol-Mechanismus 4 und im Wenigerpol-Mechanismus 2 verwendet werden, parallel zur Axialrichtung sind, können die Magnetpole ausgebildet werden, ohne eine spezielle Verarbeitung durchzuführen.

[0116] Hier ist zumindest einer von dem größten gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen und der dritten Polzahlen und dem größten gemeinsamen Teiler der zweiten Polzahlen und der dritten Polzahlen 1, und die Mehrzahl von Abschnitten werden von zwei Typen von Abschnitten gebildet, inklusive einem Abschnitt in einem ersten Anordnungsmuster (beispielsweise der erste Abschnitt 5a), in dem die Magnetpole in der ersten Positionsrelation angeordnet sind, und einem Abschnitt in einem zweiten Anordnungsmuster (beispielsweise, der zweite Abschnitt 5b), in dem die Magnetpole in der zweiten Positionsrelation angeordnet sind, wobei die Phasendifferenz θ bezüglich des Abschnitts im ersten Anordnungsmuster (beispielsweise der erste Abschnitt 5a, der dritte Abschnitt 5c) in einem Winkelbereich größer als 120° und kleiner als 240° auf mechanischer Winkelbasis sind, und zwar als die Positionsrelation der Magnetpole, und dann kann die räumliche Komponente erster Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft wirksam verringert werden.

[0117] Alternativ ist zumindest einer von dem größten gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen und der dritten Polzahlen und dem größten gemeinsamen Teiler der zweiten Polzahlen und der dritten Polzahlen 1, und die Mehrzahl von Abschnitten werden von zwei Typen von Abschnitten gebildet, inklusive einem Abschnitt in einem ersten Anordnungsmuster (beispielsweise der erste Abschnitt 5a), in dem die Magnetpole in der ersten Positionsrelation angeordnet sind, und einem Abschnitt in einem zweiten Anordnungsmuster (beispielsweise der zweite Abschnitt 5b), in dem die Magnetpole in der zweiten Positionsrelation angeordnet sind, in der die Phasendifferenz θ bezüglich des Abschnitts im ersten Anordnungsmuster (beispielsweise der erste Abschnitt 5a, der dritte Abschnitt 5c) in einem Winkelbereich sind, der größer als 60° und kleiner als 120° oder größer als 240° und kleiner als 300° auf mechanischer Win-

kelbasis ist, und zwar als die Positionsrelation der Magnetpole, und dann kann die räumliche Komponente zweiter Ordnung der elektromagnetischen Erregungskraft wirksam verringert werden.

X

Drehwelle,

 θ

Phasendifferenz

[0118] Wenn der magnetische hohle Bereich 5g zwischen benachbarten Abschnitten (beispielsweise dem ersten Abschnitt 5a und dem zweiten Abschnitt 5b) unter der Mehrzahl von Abschnitten angeordnet ist, so ist es möglich, den Streufluss zwischen benachbarten Abschnitten zu verringern, so dass eine Verringerung des Übertragungsmoments unterdrückt werden kann.

[0119] Wenn drei oder mehr Abschnitte (beispielsweise der erste Abschnitt 5a, der zweite Abschnitt 5b, der dritte Abschnitt 5c), die geteilt sind, als die Mehrzahl von Abschnitten angeordnet sind, kann die Ordnung des Vibrationsmodus der Biegekraft in der Axialrichtung erhöht werden, so dass die Biegekraft verringert wird.

[0120] In diesem Fall gilt Folgendes: Wenn zumindest zwei Abschnitte (beispielsweise der erste Abschnitt 5a und der dritte Abschnitt 5c) unter den drei oder mehr Abschnitten, die die gleichen Positionsrelation in den Magnetpolen unter dem Mehrpol-Mechanismus 4, dem Wenigerpol-Mechanismus 2 und dem Polstück 3 haben, kann die Ordnung des Vibrationsmodus der Biegekraft in der Axialrichtung erhöht werden, so dass die Biegekraft verringert wird, ohne die Anzahl von Arten von Komponenten zu erhöhen und den Prozess zu verkomplizieren.

Bezugszeichenliste

1	Magnetgetriebe,
2	Wenigerpol-Mechanismus,
2m	Permanentmagnet,
3	Polstück,
4	Mehrpole-Mechanismus,
4m	Permanentmagnet,
5	Magnetgetriebe-Element,
5a	erster Abschnitt,
5b	zweiter Abschnitt,
5c	dritter Abschnitt,
6	Wenigpol-Rotorwelle (erste Welle oder zweite Welle),
7	Mehrpole-Rotorwelle (zweite Welle oder erste Welle),
Np2	Anzahl von Polen (zweite Polzahlen),
Np3	Anzahl von Polen (dritte Polzahlen),
Np4	Anzahl von Polen (erste Polzahlen),

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- WO 2015/053005 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Magnetgetriebe, das Folgendes aufweist:

- ein Magnetgetriebe-Element, das so konfiguriert ist, dass jeder von einem Mehrpol-Mechanismus, einem Wenigerpol-Mechanismus und einem Polstück eine Funktion irgendeines von einem Stator, einem ersten Rotor und einem zweiten Rotor teilt, wobei der Mehrpol-Mechanismus Magnetpole erster Polzahlen hat, die entlang der Umfangsrichtung mit Permanentmagneten angeordnet sind, der Wenigerpol-Mechanismus Magnetpole von zweiten Polzahlen hat, die geringer als jene der ersten Polzahlen sind und entlang der Umfangsrichtung mit Permanentmagneten angeordnet sind, das Polstück Magnetpole von dritten Polzahlen hat, die entlang der Umfangsrichtung mit weichmagnetischem Material durch Magnetspalte bezüglich jedem der Magnetpole des Mehrpol-Mechanismus und des Wenigerpol-Mechanismus angeordnet sind;
- eine erste Welle zum Übertragen eines Drehmoments zwischen dem ersten Rotor und der Außenseite; und
- eine zweite Welle zum Übertragen eines Drehmoments zwischen dem zweiten Rotor und der Außenseite, wobei im Magnetgetriebe-Element zwischen benachbarten Abschnitten unter einer Mehrzahl von Abschnitten, die entlang einer Axialrichtung geteilt sind, die Positionsrelation der Magnetpole unter dem Mehrpol-Mechanismus, dem Wenigerpol-Mechanismus und dem Polstück verschieden ist, so dass zumindest einer von dem Mehrpol-Mechanismus, dem Wenigerpol-Mechanismus und dem Polstück eine Phasendifferenz hat, und zumindest einer von einem größten gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen und der dritten Polzahlen und einem größten gemeinsamen Teiler der zweiten Polzahlen und der dritten Polzahlen gleich 1 oder 2 ist.

2. Magnetgetriebe nach Anspruch 1, wobei Flächen der Permanentmagneten, die in Axialrichtung verlaufen, parallel zur Axialrichtung sind, wobei die Permanentmagneten im Mehrpol-Mechanismus und im Wenigerpol-Mechanismus verwendet werden.

3. Magnetgetriebe nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest einer von einem größten gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen und der dritten Polzahlen und einem größten gemeinsamen Teiler der zweiten Polzahlen und der dritten Polzahlen 1 beträgt, und die Mehrzahl von Abschnitten von zwei Typen von Abschnitten gebildet werden, inklusive einem Abschnitt in einem ersten Anordnungsmuster, in dem die Magnetpole in einer ersten Positionsrelation angeordnet sind, und einem Abschnitt in einem zweiten Anordnungsmuster, wobei die Magnetpole in einer zweiten Positionsrelation angeordnet sind, in der die Phasendifferenz bezüglich des Abschnitts im ersten Anordnungsmuster in einem Winkelbe-

reich größer als 120° und kleiner als 240° auf mechanischer Winkelbasis sind, und zwar als die Positionsrelation der Magnetpole.

4. Magnetgetriebe nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest einer von einem größten gemeinsamen Teiler der ersten Polzahlen und der dritten Polzahlen und einem größten gemeinsamen Teiler der zweiten Polzahlen und der dritten Polzahlen 2 beträgt, und die Mehrzahl von Abschnitten von zwei Typen von Abschnitten gebildet werden, inklusive einem Abschnitt in einem ersten Anordnungsmuster, in dem die Magnetpole in einer ersten Positionsrelation angeordnet sind, und einem Abschnitt in einem zweiten Anordnungsmuster, wobei die Magnetpole in einer zweiten Positionsrelation angeordnet sind, in der die Phasendifferenz bezüglich des Abschnitts im ersten Anordnungsmuster in einem Winkelbereich größer als 60° und kleiner als 120° oder größer als 240° und kleiner als 300° auf mechanischer Winkelbasis sind, und zwar als Positionsrelation der Magnetpole.

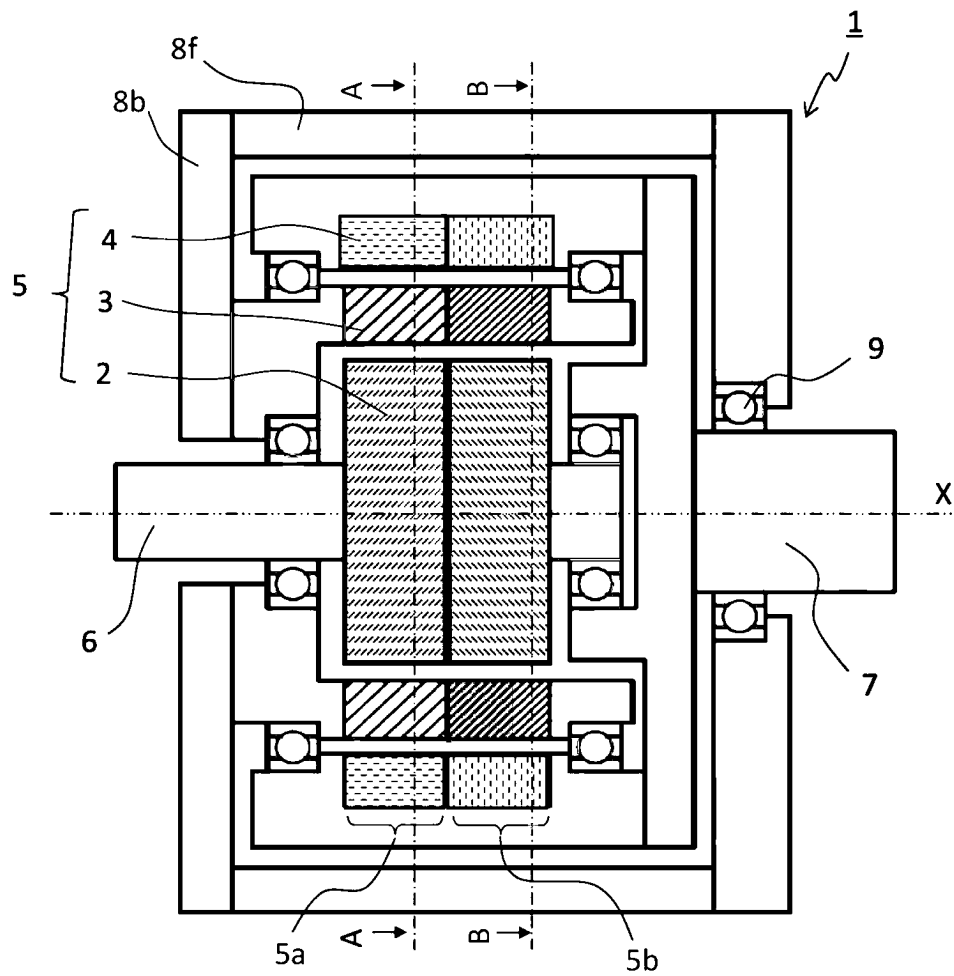
5. Magnetgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein magnetischer hohler Bereich zwischen benachbarten Abschnitten unter der Mehrzahl von Abschnitten angeordnet ist.

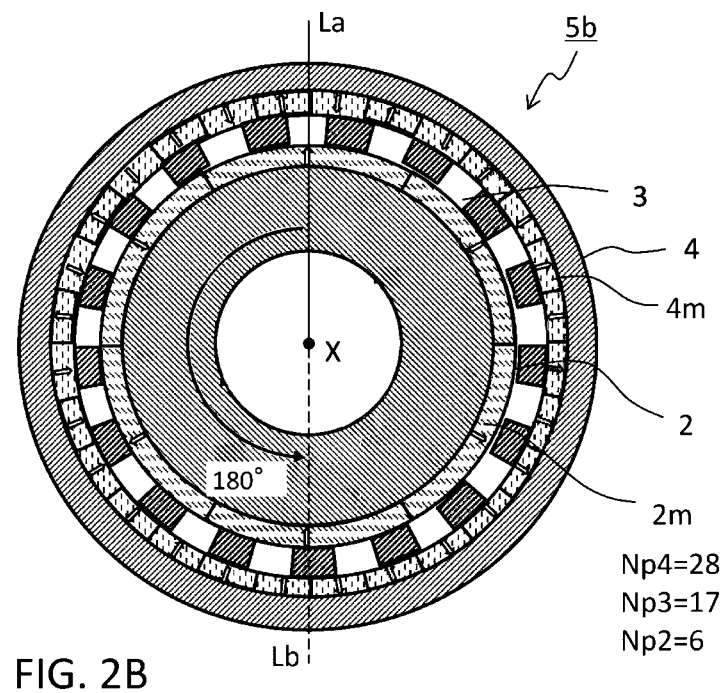
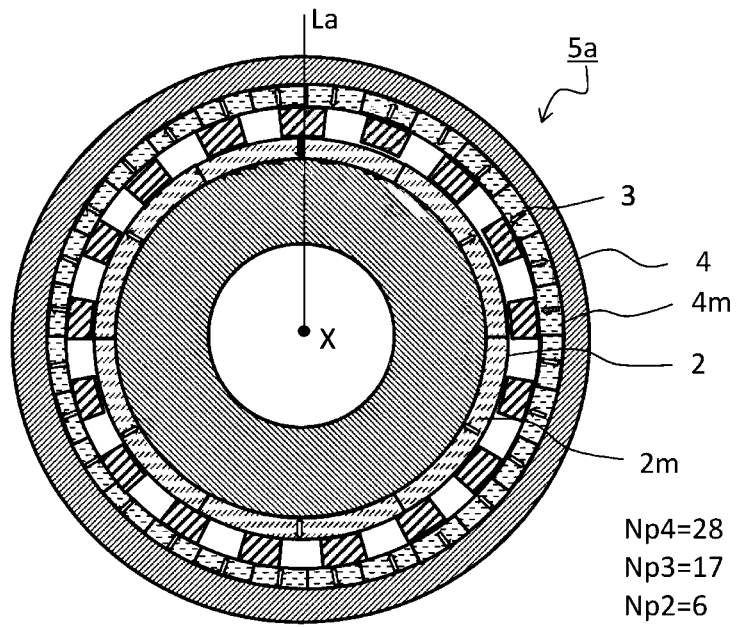
6. Magnetgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei drei oder mehr Abschnitte, die geteilt sind, als die Mehrzahl von Abschnitten angeordnet sind.

7. Magnetgetriebe nach Anspruch 6, wobei mindestens zwei Abschnitte unter den drei oder mehr Abschnitten die gleiche Positionsrelation in den Magnetpolen haben.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





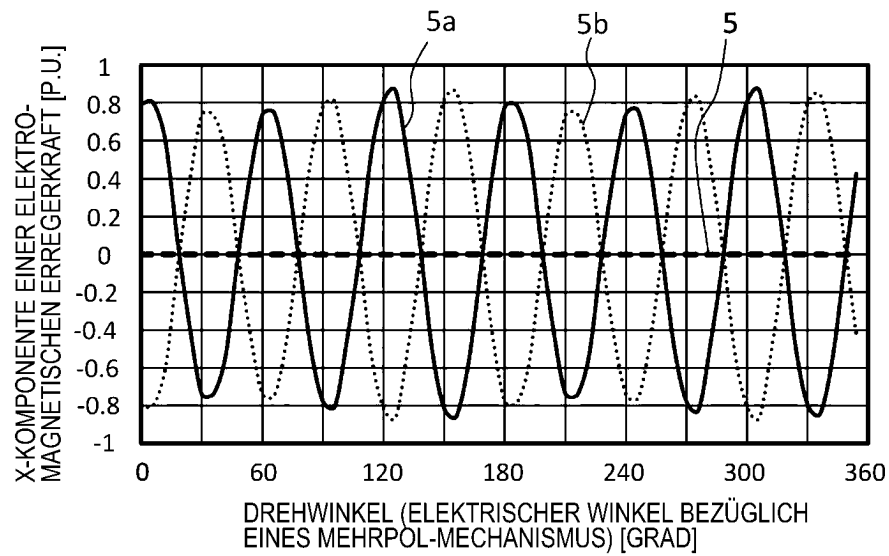


FIG. 3A

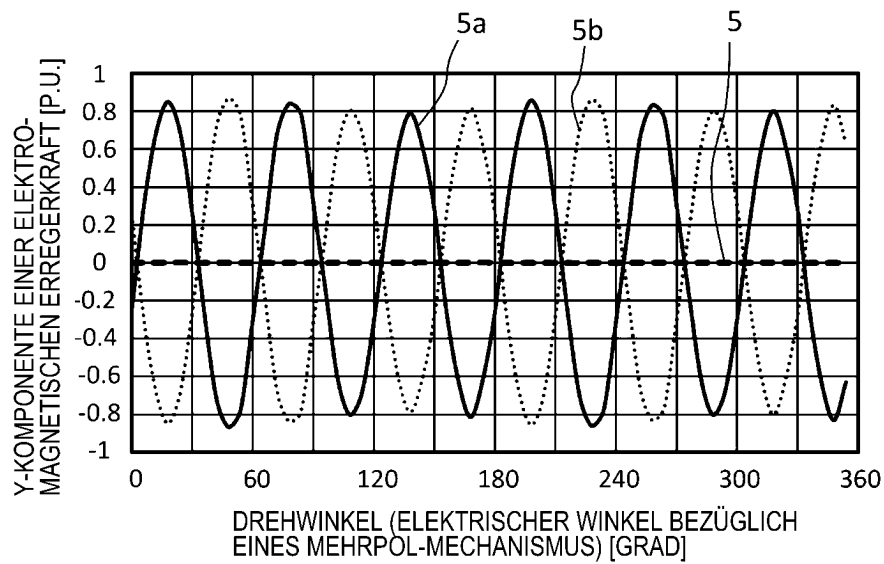


FIG. 3B

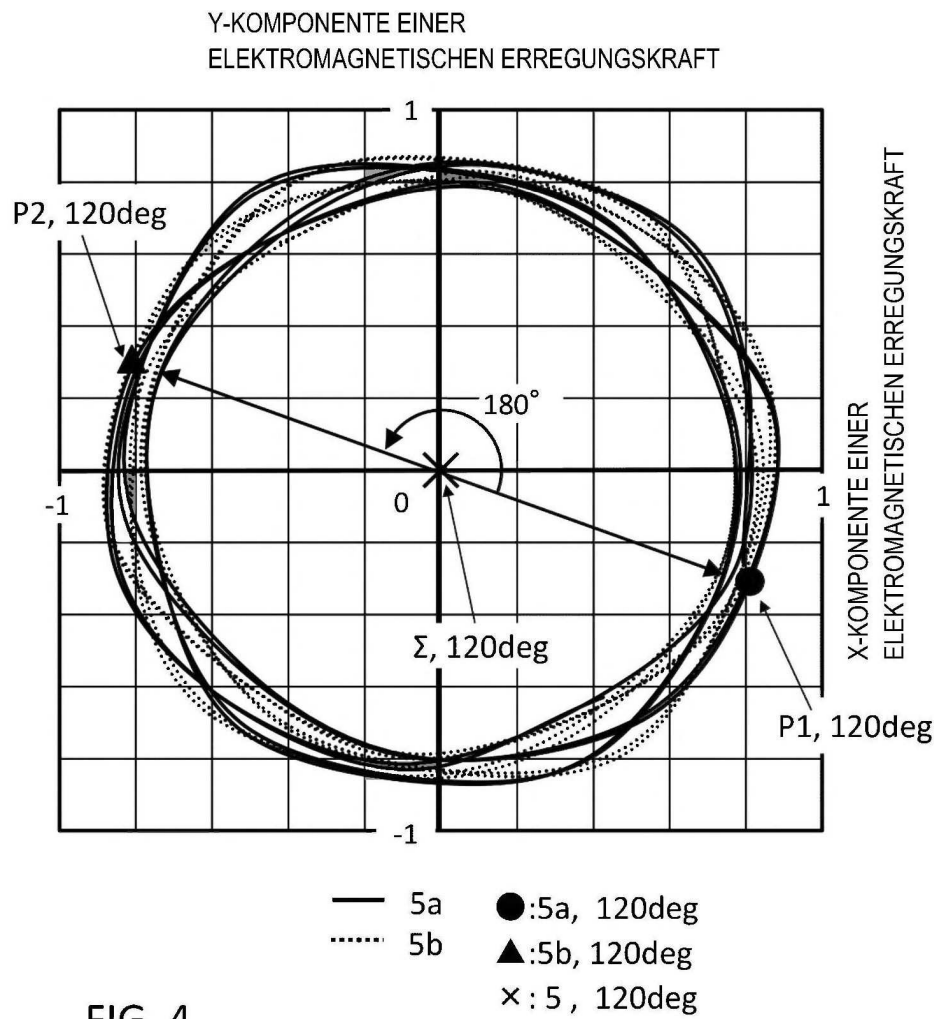


FIG. 4

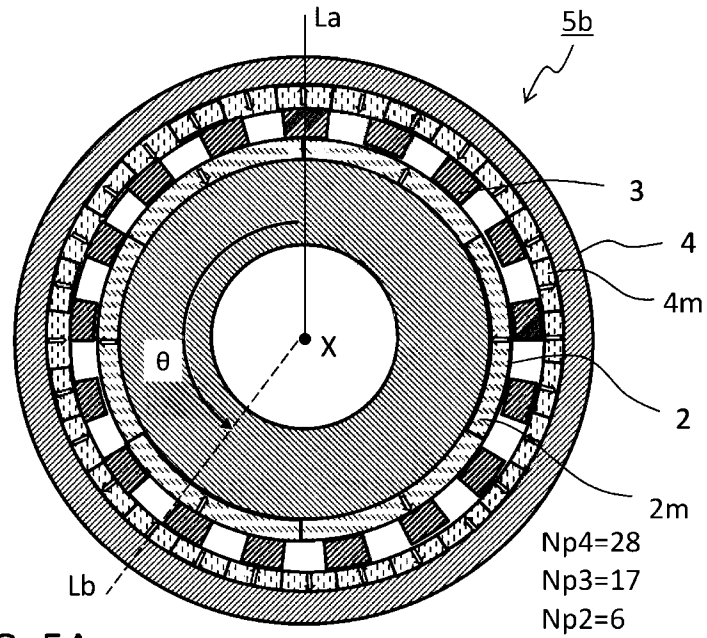


FIG. 5A

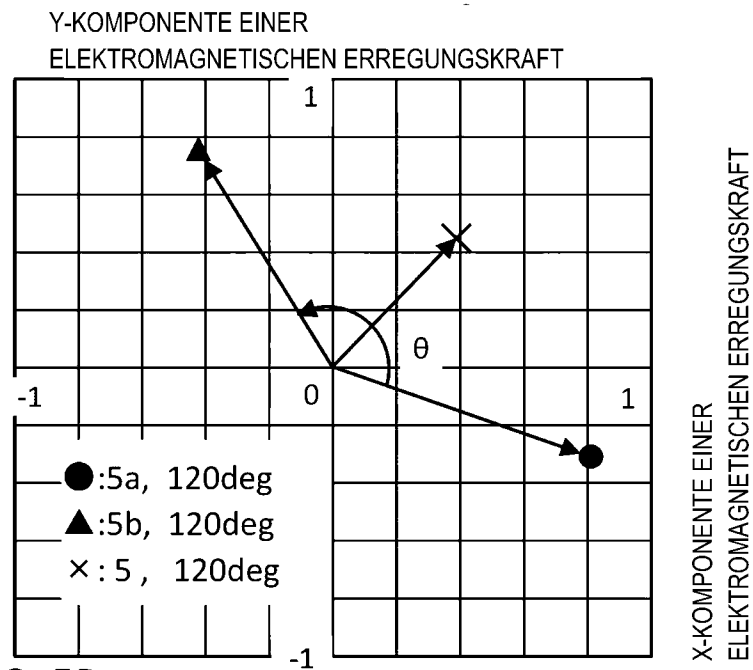


FIG. 5B

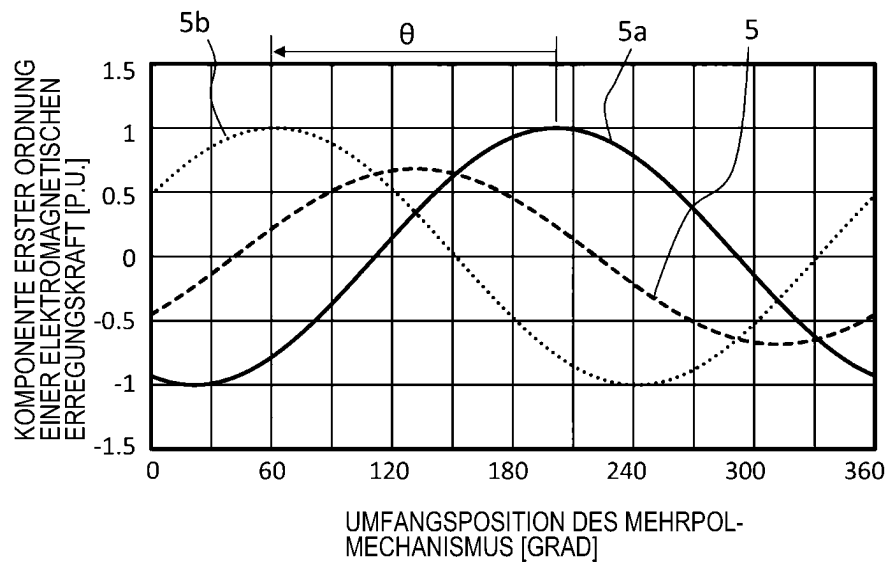


FIG. 6A

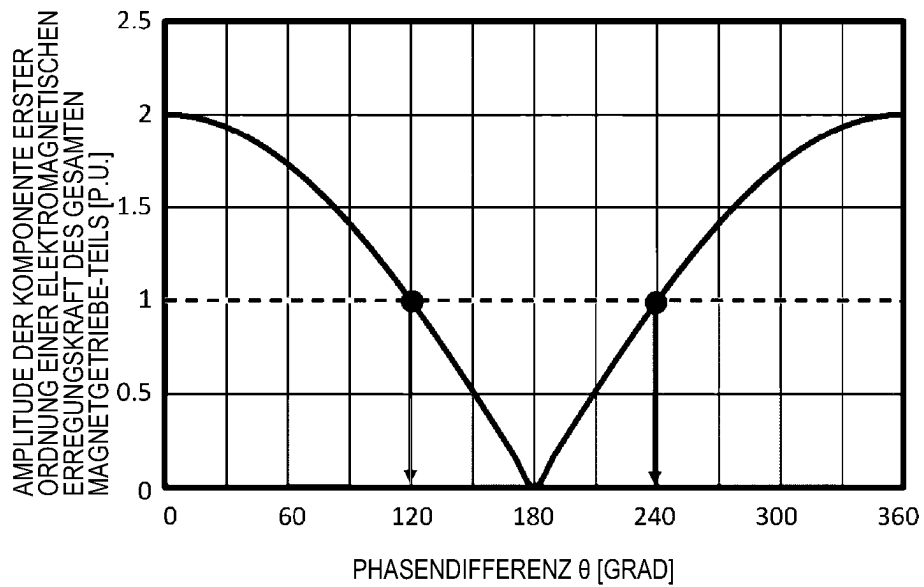


FIG. 6B

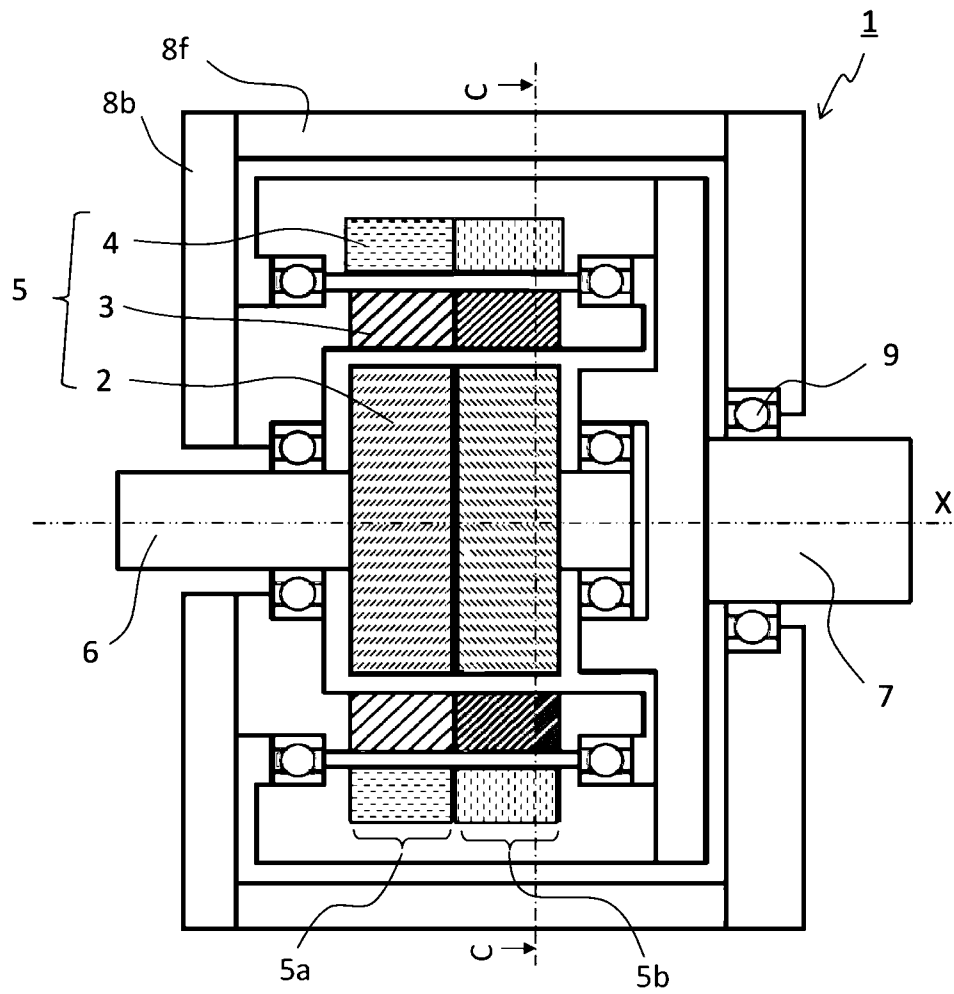


FIG. 7

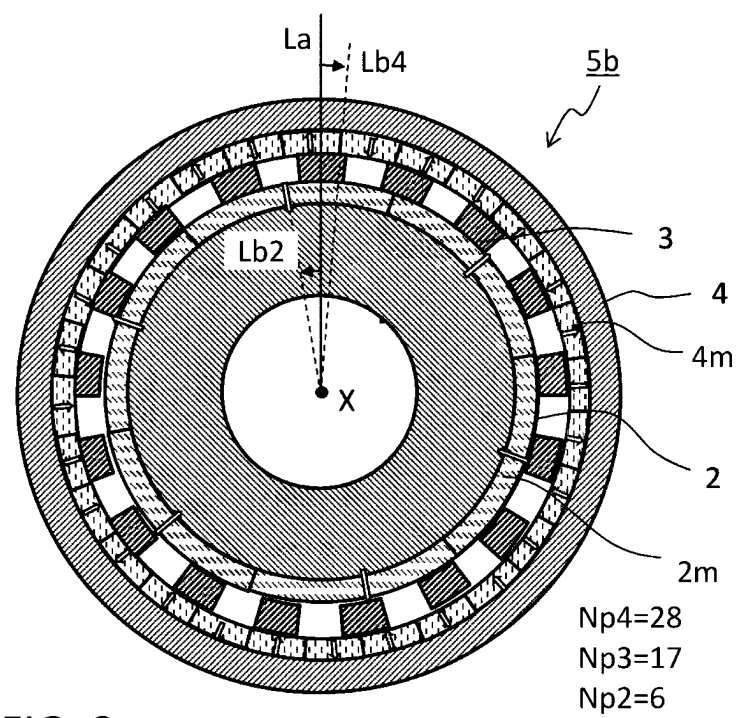


FIG. 8

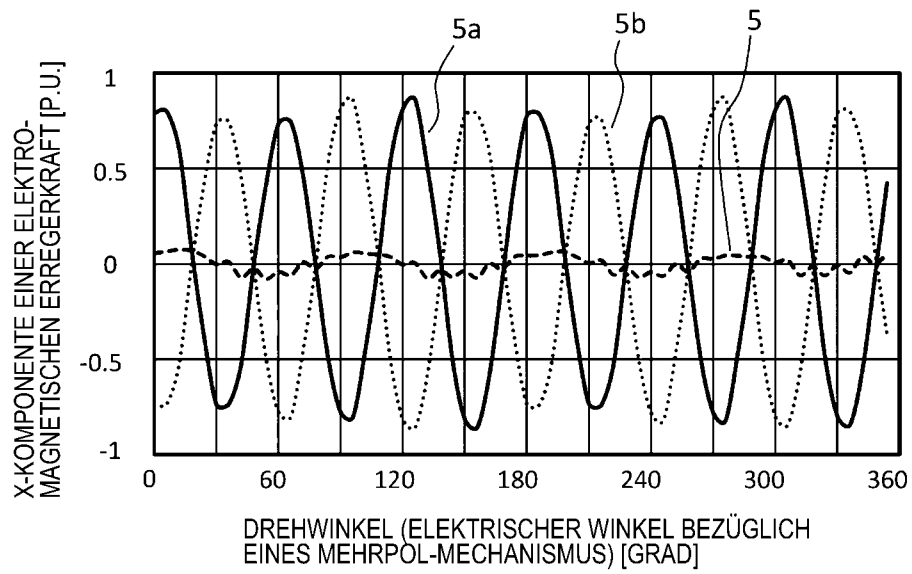


FIG. 9A

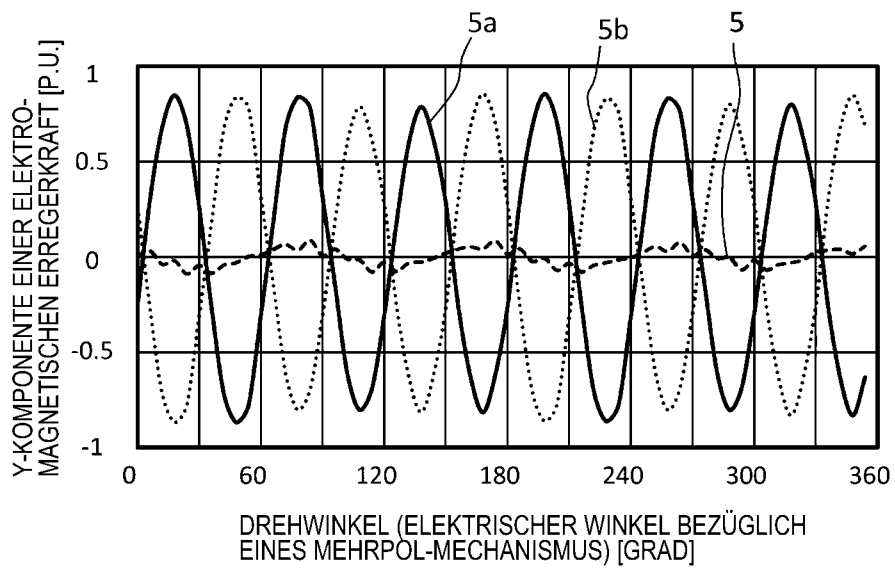


FIG. 9B

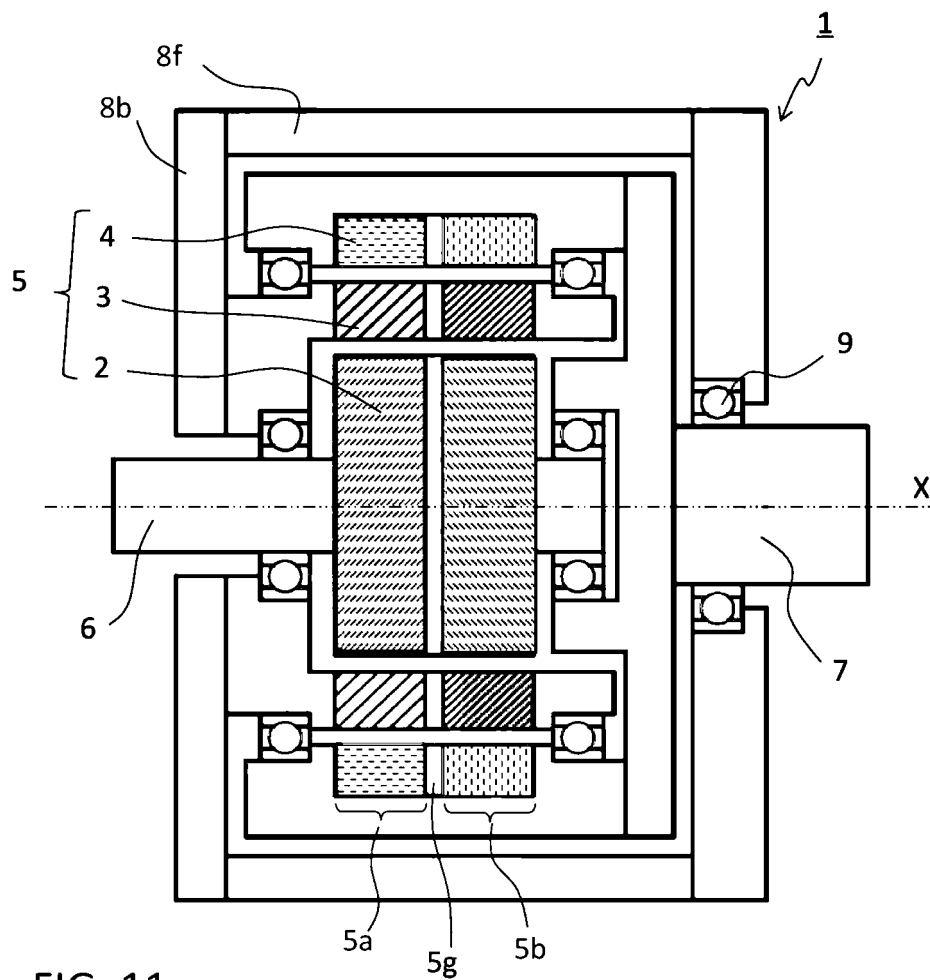
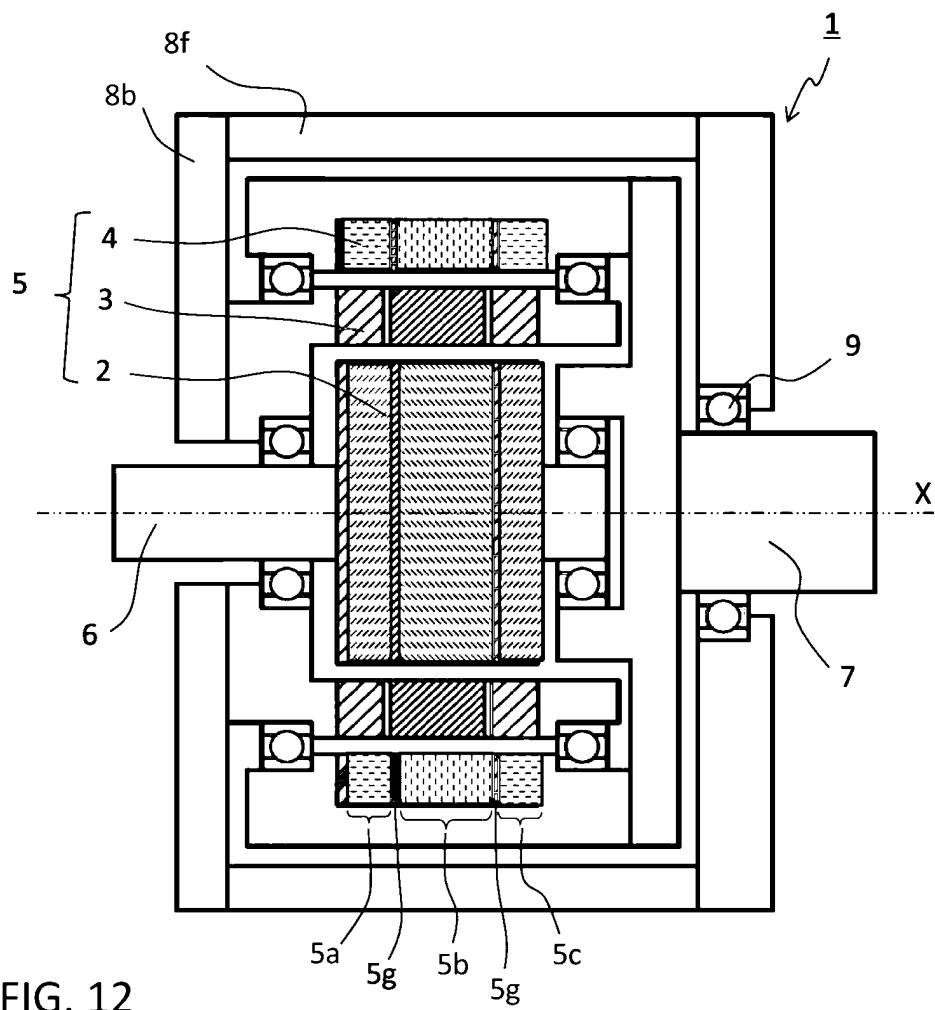


FIG. 11



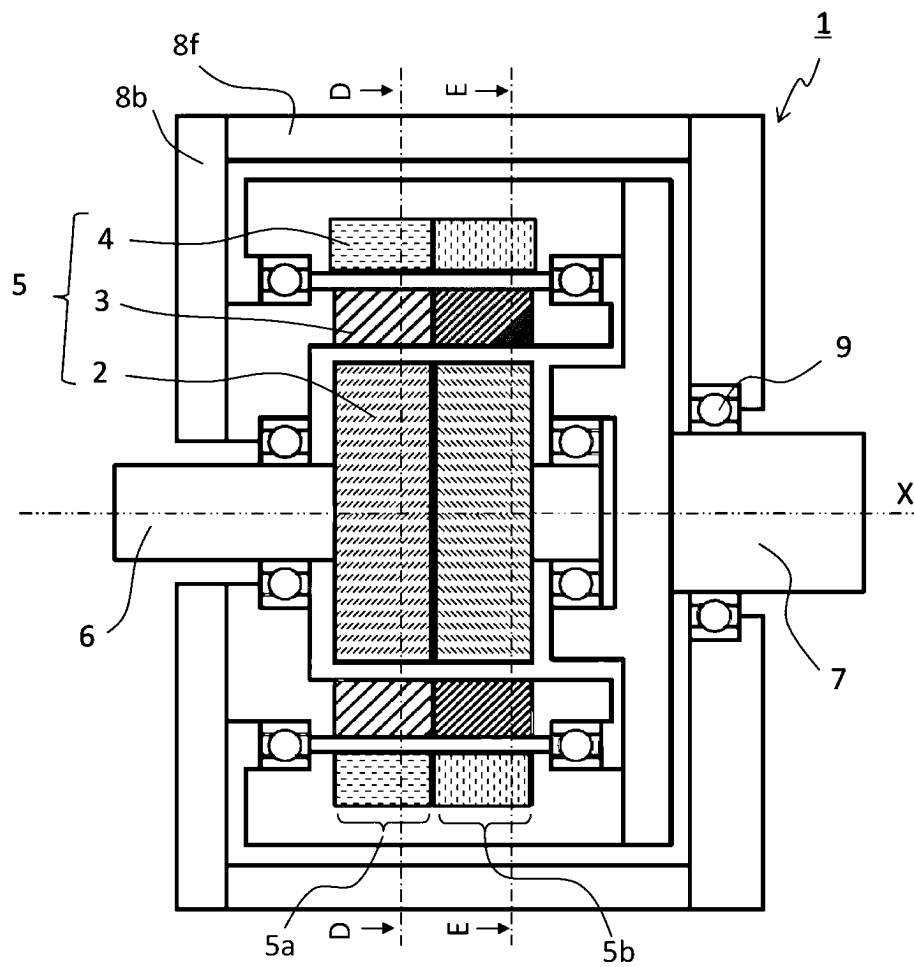


FIG. 13

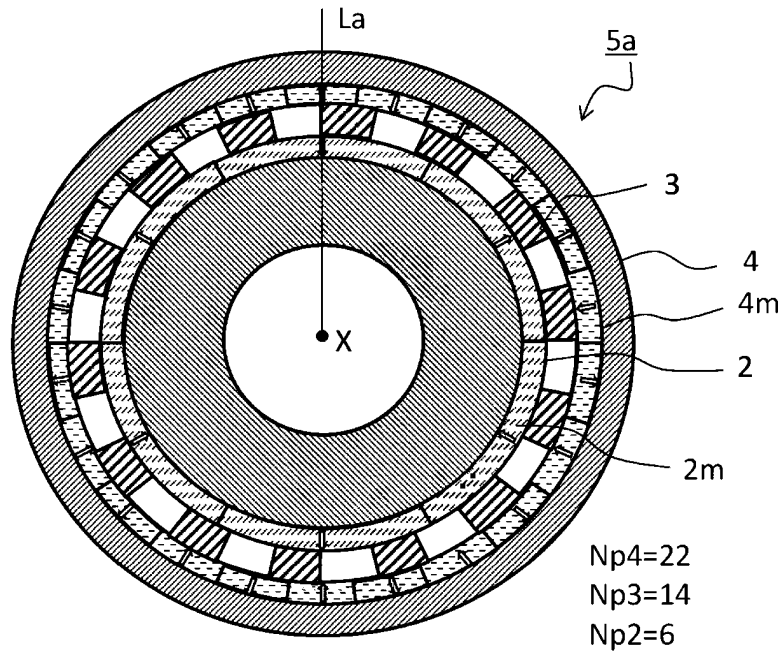


FIG. 14A

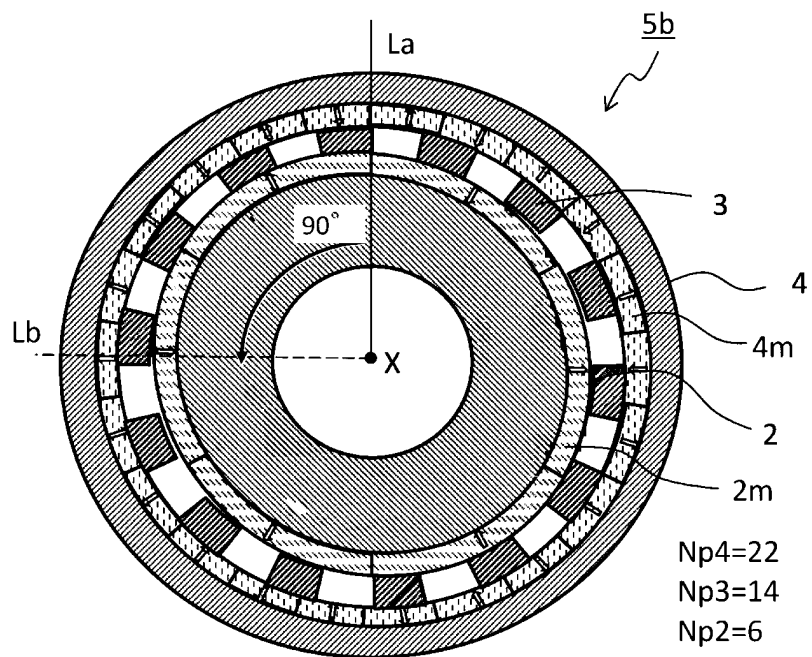


FIG. 14B

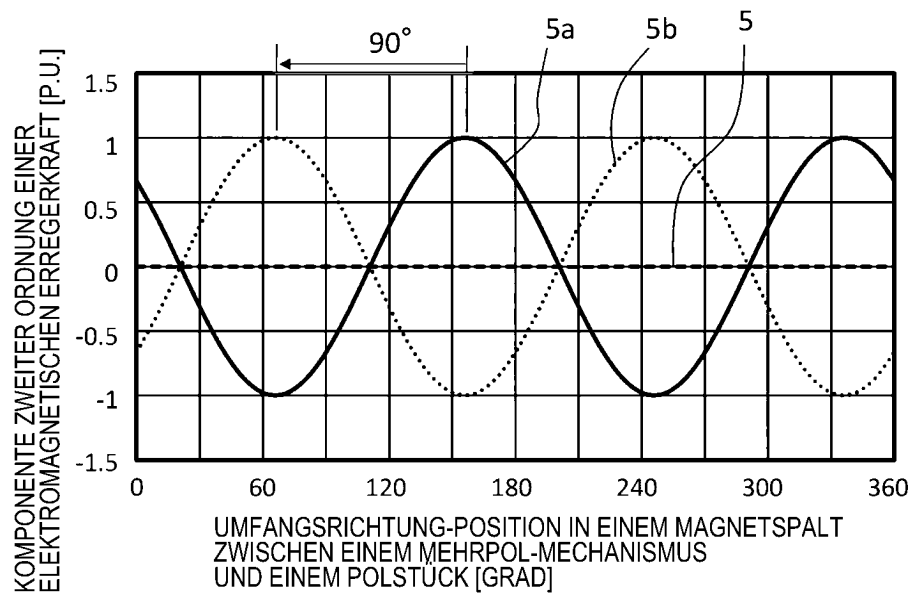


FIG. 15

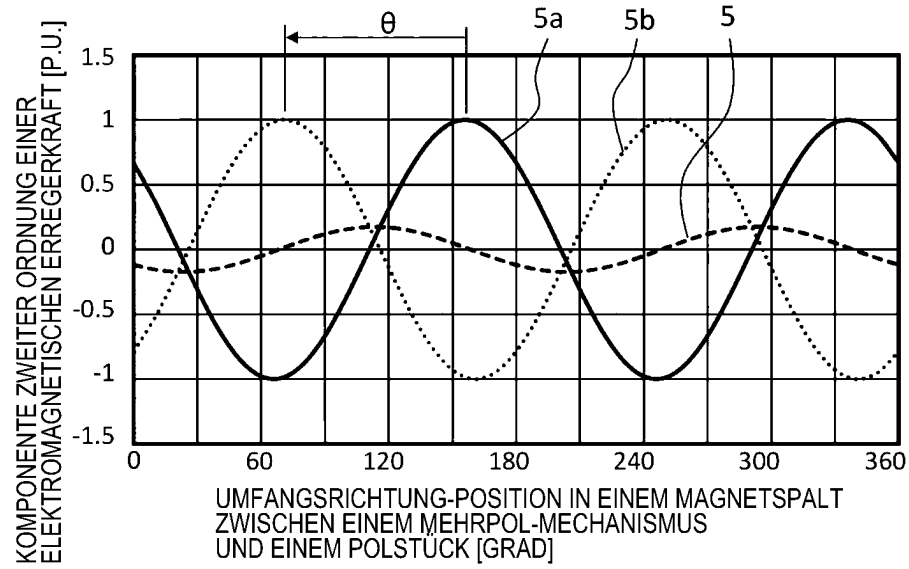


FIG. 16A

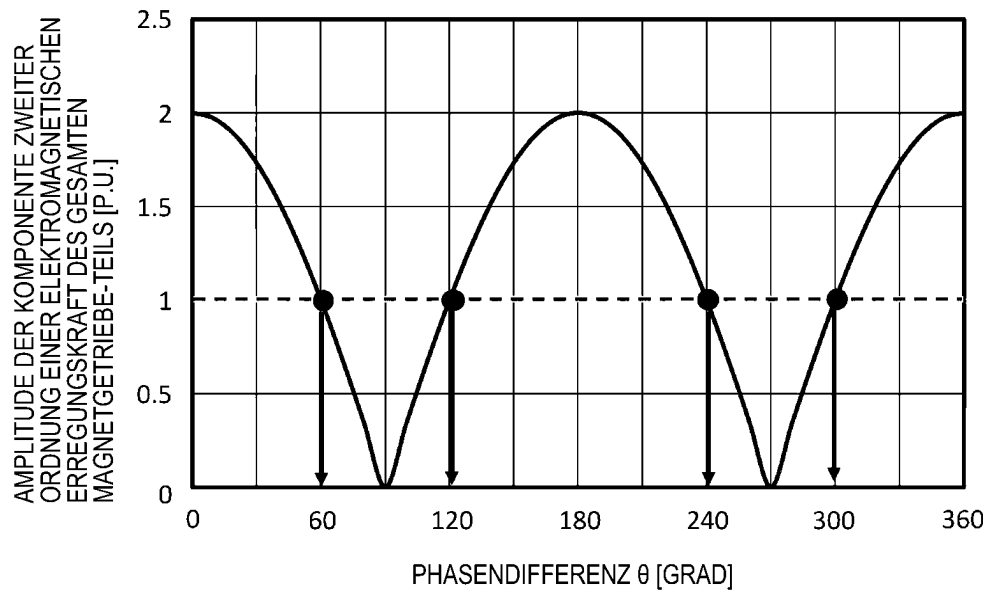
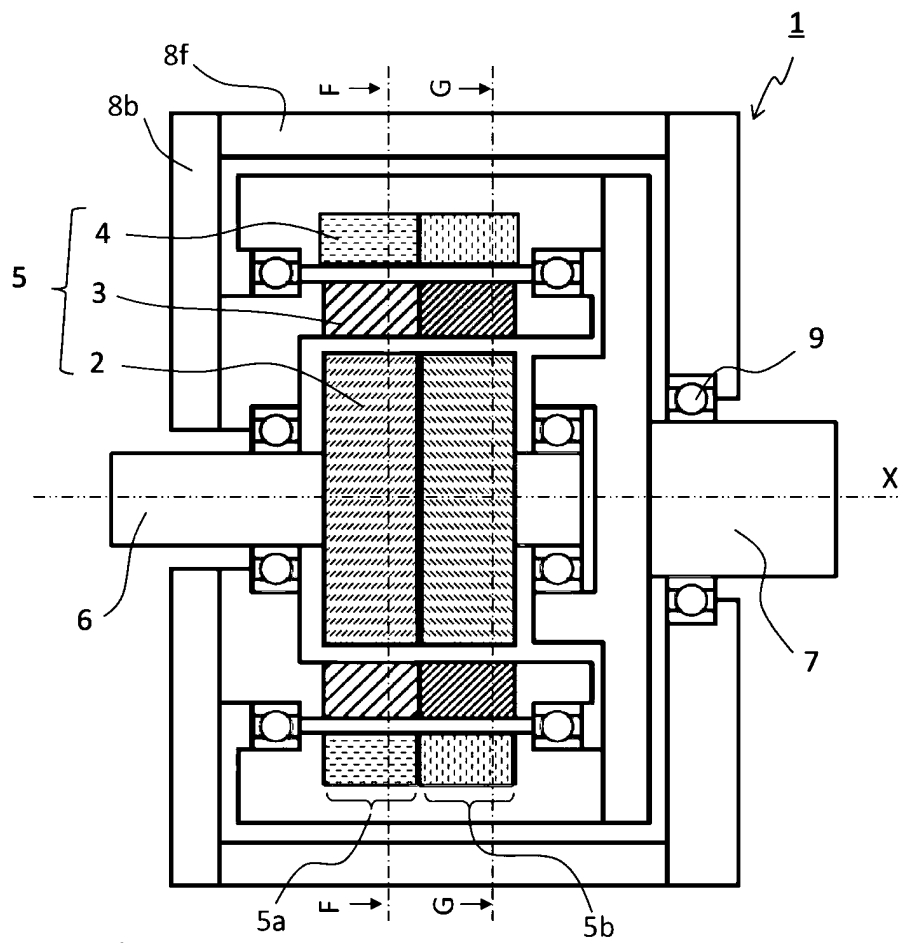


FIG. 16B



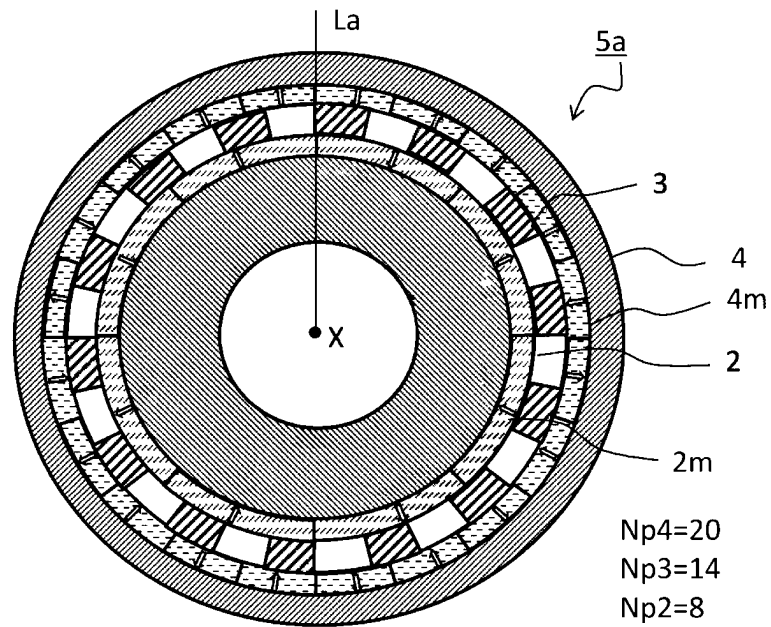


FIG. 18A

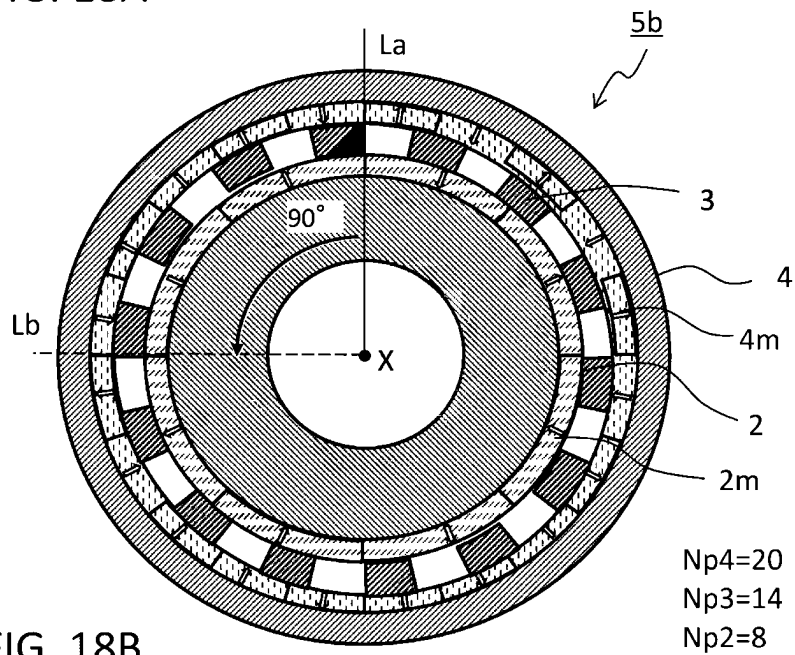


FIG. 18B