



(10) **DE 10 2011 107 803 A1** 2012.03.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 107 803.0**

(22) Anmeldetag: **18.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **22.03.2012**

(51) Int Cl.: **H02K 1/27 (2011.01)**

**H02K 21/14 (2011.01)**

(30) Unionspriorität:

**2010-164018 21.07.2010 JP**

**2010-227825 07.10.2010 JP**

(71) Anmelder:

**ASMO Co., Ltd., Kosai-shi, Shizuoka-ken, JP**

(72) Erfinder:

**Takemoto, Yoshiaki, Kosai-shi, Shizuoka-ken, JP;**

**Kato, Shigemasa, Kosai-shi, Shizuoka-ken, JP;**

**Yokoyama, Seiya, Kosai-shi, Shizuoka-ken, JP;**

**Koide, Keisuke, Kosai-shi, Shizuoka-ken, JP**

(74) Vertreter:

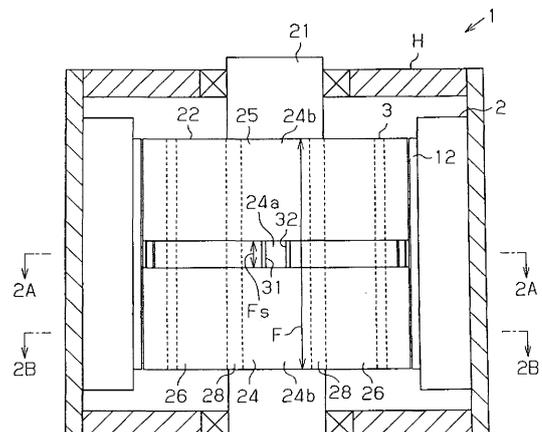
**Schatt IP Patent- und Rechtsanwaltskanzlei,  
80331, München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **MOTOR**

(57) Zusammenfassung: Ein Motor umfasst einen Rotor und einen Stator. Der Rotor umfasst einen Rotorkern, Magnetpolabschnitte, und Kernpolabschnitte. Erste Magnetpolabschnitte, welche die Magnetpolabschnitte oder die Kernpolabschnitte sind, umfassen je einen ersten und zweiten entgegengesetzten Abschnitt, angeordnet in Axialrichtung. Jeder erste entgegengesetzte Abschnitt weist eine Hilfsnut auf, und jeder zweite entgegengesetzte Abschnitt weist keine Hilfsnut auf.

M (°) repräsentiert einen Öffnungswinkel des Magnetpolabschnitts, G (°) repräsentiert einen Öffnungswinkel der Leerstelle, und L repräsentiert die Anzahl der Zähne, wobei ein Winkel D1 von der Längsachse in der Umfangsrichtung des ersten Magnetpolabschnitts zu der Seitenoberfläche in der Hilfsnut ist, die näher zu der Längsachse in der Umfangsrichtung ist, die Bedingung  $D1 = M/2 + G - a \times 360 (^\circ)/L$  erfüllt (wobei a eine natürlich Zahl ist).



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Motor mit einem Rotor, der eine Folgepolstruktur anwendet.

**[0002]** Die offengelegte Japanische Offenlegungsschrift NO. 4-71342 beschreibt einen Rotor einer sogenannten Folgepolstruktur, die in dem Motor verwendet wird. In einem solchen Motor sind eine Mehrzahl von Magneten entlang einer Umfangsrichtung des Rotorkerns angeordnet. Als Kernpolabschnitte wirkende Magnetpole unterscheiden sich von Magneten, die zwischen den Magneten angeordnet sind und integral mit dem Rotorkern ausgebildet sind. Der Motor, umfassend einen derartigen Rotor, reduziert die Anzahl der Magnete in dem Rotor auf die Hälfte ohne Reduzierung der Leistung und ist daher vorteilhaft, da weniger natürliche Ressourcen verwendet werden und die Kosten reduziert sind.

**[0003]** In einem Rotor mit einer Folgepolstruktur sind Magnete, die eine Zwangskraft auf den Magnetfluss (Induktion) ausüben, gemischt mit Magnetpolen, die keine Zwangskraft auf den Magnetfluss ausüben. Daher existiert eine Tendenz, dass ein magnetisches Ungleichgewicht auftritt. Dies kann die Vibrationen erhöhen, verursacht durch die Erzeugung von Rastmomenten und dadurch nachteilig die Dreheigenschaften beeinflussen. Dem zufolge weist der Rotor beschreiben in der offengelegten Japanische Offenlegungsschrift No. 4-71342 ein Nut auf, die sich entlang der Axialrichtung in die Außenfläche von jedem Magnetpolabschnitt erstreckt, um einen Bias des Magnetflusses in dem Magnetpolabschnitt zu unterdrücken und die Rastmomente zu reduzieren. Jedoch beschreibt diese Veröffentlichung detailliert, wie die Nut des Magnetpolabschnitts gewählt ist, um wirksam Vibrationen des Motors zu reduzieren.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Motor zur Verfügung zu stellen, der Vibrationen verringert und die Dreheigenschaften verbessert.

**[0005]** Ein Aspekt der Erfindung ist ein Motor, einen Rotor und einen Ständer aufweisend. Der Rotor weist einen Rotorkern, eine Mehrzahl von Magnetpolabschnitte angeordnet entlang der Umfangsrichtung des Motorkerns, und eine Mehrzahl von integral mit dem Rotorkern ausgebildeten Kernpolabschnitten auf, wobei jeder der Kernpolabschnitte durch Einbetten eines Magneten in den Rotorkern gebildet ist. Jeder der Kernpolabschnitte ist zwischen den Magnetpolabschnitten angeordnet, die angrenzend zueinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jeder der Kernpolabschnitte ist beabstandet von dem

angrenzenden der Magnetpolabschnitte durch eine Leerstelle. Der Ständer weist eine Mehrzahl von Zähnen auf, die in gleichen Intervallen beabstandet voneinander entlang der Umfangsrichtung angeordnet sind, und eine Mehrzahl von Wicklungen, welche an der Mehrzahl der Zähne angeordnet sind.

**[0006]** Die Magnetpolabschnitte oder die Kernpolabschnitte definieren erste Magnetpolabschnitte. Jeder der ersten Magnetpolabschnitte weist eine Oberfläche auf, welche den Zähnen zugewandt ist, und einen ersten entgegengesetzten Abschnitt und einen zweiten entgegengesetzten Abschnitt, die in Axialrichtung angeordnet sind. Der erste entgegengesetzte Abschnitt weist eine Hilfsnut auf, welche zwei Seitenflächen aufweist, die einander zugewandt sind in der Umfangsrichtung als Teil der Oberfläche in der Umfangsrichtung. Der zweite entgegengesetzte Abschnitt umfasst nicht völlig die Hilfsnut in der Oberfläche in der Umfangsrichtung.

**[0007]**  $M$  ( $^{\circ}$ ) repräsentiert einen offenen Winkel des Magnetpolabschnitts,  $G$  ( $^{\circ}$ ) repräsentiert einen offenen Winkel der Leerstelle, und  $L$  repräsentiert die Anzahl der Zähne repräsentiert, wobei ein Winkel  $D1$  von der Längsachse in der Umfangsrichtung des ersten Magnetpolabschnitts zu der Seitenoberfläche in der Hilfsnut ist, die näher zu der Längsachse in der Umfangsrichtung ist, die die Bedingung  $D1 = M/2 + G - a \times 360$  ( $^{\circ}$ )/ $L$  erfüllt (wobei  $a$  eine natürlich Zahl ist).

**[0008]** Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, in der die Grundgedanken der Erfindung beispielhaft veranschaulicht sind.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0009]** Die Erfindung, zusammen mit Merkmalen und Vorteilen, wird verständlich unter Bezugnahme auf die folgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen zusammen mit den angefügten Zeichnungen, wobei

**[0010]** [Fig. 1](#) eine schematische Seitenansicht eines Motors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel ist,

**[0011]** [Fig. 2A](#) einen Querschnitt entlang der Linie 2A-2A in [Fig. 1](#) ist,

**[0012]** [Fig. 2B](#) einen Querschnitt entlang der Linie 2B-2B in [Fig. 1](#) ist,

**[0013]** [Fig. 3](#) eine vergrößerte Draufsicht, die Magnetpolabschnitte der [Fig. 2A](#) darstellend, ist,

**[0014]** [Fig. 4](#) eine teilweise perspektivische Ansicht eines Segmentleiters der [Fig. 2A](#) ist,

[0015] [Fig. 5](#) eine schematische Ansicht des Motors der [Fig. 2A](#) in einer entwickelten Weise ist,

[0016] [Fig. 6](#) ein schematisches Diagramm ist, das die Beziehung zwischen dem Rotationswinkel des Rotors und das Rastmoment zeigt,

[0017] [Fig. 7](#) ein charakteristisches Diagramm ist, das die Beziehung zwischen dem Rotationswinkel des Rotors und dem Rastmoment zeigt,

[0018] [Fig. 8](#) ein charakteristisches Diagramm ist, das die Beziehung zwischen dem Rotationswinkel des Rotors und dem Rastmoment zeigt,

[0019] [Fig. 9](#) ein charakteristisches Diagramm ist, das die Beziehung zwischen einem offenen Winkel der Hilfsnut und der Löschdrehmomentkomponente zeigt,

[0020] [Fig. 10](#) eine schematische Darstellung ist, die ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Motors zeigt,

[0021] [Fig. 11](#) eine Seitenansicht ist, die schematisch noch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Motors zeigt,

[0022] [Fig. 12A](#) ein Querschnitt entlang der Linie 12A-12A in [Fig. 11](#) ist,

[0023] [Fig. 12B](#) ein Querschnitt entlang der Linie 12B-12B in [Fig. 11](#) ist,

[0024] [Fig. 13](#) eine schematische Darstellung ist, die den Motor der [Fig. 11](#) in einem ungefalteten Zustand zeigt,

[0025] [Fig. 14A](#) eine schematische Darstellung ist, die einen Motor gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt,

[0026] [Fig. 14B](#) eine teilweise vergrößerte Darstellung der [Fig. 14A](#) ist,

[0027] [Fig. 15A](#) eine schematische Darstellung ist, die einen Motor zeigt, wenn der Rotor von [Fig. 14A](#) einen Rotationswinkel R1 aufweist,

[0028] [Fig. 15B](#) eine schematische Darstellung ist, die einen Motor zeigt, wenn der Rotor von [Fig. 14A](#) einen Rotationswinkel R2 aufweist,

[0029] [Fig. 16](#) eine Darstellung ist, die die Beziehung zwischen dem Rotationswinkel des Rotors und dem Rastmoment zeigt,

[0030] [Fig. 17](#) eine charakteristische Darstellung ist, die die Beziehung zwischen dem offenen Winkel A, offenen Winkel B, und dem Drehmoment zeigt,

[0031] [Fig. 18](#) eine charakteristische Darstellung ist, die die Beziehung zwischen dem offenen Winkel A, offenen Winkel B, und den Drehmomentwellen zeigt, und

[0032] [Fig. 19](#) eine charakteristische Darstellung ist, die die Beziehung zwischen dem offenen Winkel A, offenen Winkel B, und dem Rastmoment zeigt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0033] Eine erste Ausführungsform der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) beschrieben.

[0034] Wie [Fig. 1](#) zeigt, umfasst ein Innenrotormotor **1** eines ersten Ausführungsbeispiels im Allgemeinen einen ringförmigen Ständer **2**, der in einem Gehäuse H aufgenommen ist, und einen Rotor **3**, welcher rotierbar in Bezug zu dem Gehäuse H in die einwärts gerichtete Radialrichtung von dem Ständer **2** gelagert ist.

[0035] Wie die [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) zeigen, umfasst der Ständer **2** eine Zylinderabschnitt **11** und einen Ständerkern **4**. Der Ständerkern **4** weist eine Mehrzahl von (60 im vorliegenden Ausführungsbeispiel) Zähnen **12** auf, die sich in die einwärts gerichtete Radialrichtung von dem Zylinderabschnitt **11** erstrecken und in einer Umfangsrichtung angeordnet sind. Der Ständerkern **4** ist gebildet durch Anordnen von Stapelelementen in einem Stapel in der Axialrichtung. Die Stapelelemente sind Metallplatten mit hoher magnetischer Permeabilität. Ein Schlitz S ist gebildet zwischen einem Paar von aneinander grenzenden Zähnen **12**. Eine Segmentwicklung **13**, welche ein magnetisches Feld erzeugt, um den Rotor **3** zu drehen, ist eingefügt in jeden Schlitz S. Der Schlitz S hat einen rechteckförmigen Querschnitt, der sich in die Radialrichtung wie gesehen aus der Axialrichtung erstreckt. Die Anzahl der Schlitze S (60 im vorliegenden Ausführungsbeispiel) ist die gleiche wie die Anzahl der Zähne **12**. Ein Isolator (nicht dargestellt) ist zwischen jedem Zahn **12** und der korrespondierenden Segmentwicklung **13** angeordnet.

[0036] Die Segmentwicklungen **13** bilden mehrere Phasen (drei Phasen im vorliegenden Ausführungsbeispiel) und sind verbunden mit dem Ständerkern **4** als verteilte Wicklungen. Die Segmentwicklungen **13** umfassen eine Mehrzahl von Segmentleitern **14** (siehe [Fig. 4](#)). Jeder Segmentleiter **14** weist einen tetragonalen Querschnitt auf. Jeder Segmentleiter **14** umfasst zwei Schlitz-einfügeabschnitte **14a**, zwei Schlitzvorsprünge **14b**, und einen gebogenen Abschnitt **14c**. Der Schlitz-einfügeabschnitt **14a** ist in dem korrespondierenden Schlitz S derart angeordnet, dass er sich durch den Schlitz S in die Axialrichtung erstreckt (in orthogonaler Richtung zu der Zeichenebene).

ne). Die Schlitzvorsprünge **14b** erstrecken sich von einem Ende des korrespondierenden Schlitzzufügeabschnitts **14a**, so dass sie aus dem Schlitz S in die Axialrichtung hervorragen. Der gebogene Abschnitt **14c** ist bogenförmig und erstreckt sich zwischen zwei Schlitzzufügeabschnitten **14a**. Die Segmentleiter **14** bilden die Segmentwicklung **13** jeder Phase, die elektrisch durch Wicklungsschlitzvorsprünge **14b** verbunden sind, die aneinander grenzend in der Radialrichtung angeordnet sind. Die Segmentleiter **14** bilden auf diese Weise eine einzelne Segmentwicklung **13**, welche kontinuierlich in der Umfangsrichtung ist. Jeder Segmentleiter **14** ist im Wesentlichen U-förmig und durch Biegen einer leitfähigen Platte gebildet. Die zwei Schlitzzufügeabschnitte **14a**, die zu den parallelen Linearabschnitten der U-Form korrespondieren, sind diesbezüglich in zwei der Schlitze S derart angeordnet, dass sie beabstandet voneinander durch einen Mehrzahl von (sechs) Zähnen **12** in der Umfangsrichtung sind.

**[0037]** Der Rotor **3** umfasst im Allgemeinen einen ringförmigen Rotorkern **22**, welcher auf eine Drehachse **21** aufgesetzt ist. Der Rotorkern **22** ist gebildet durch Anordnen von Stapелеlementen zu einem Stapel. Die Stapелеlemente sind Metallplatten mit einer hohen magnetischen Permeabilität in der Axialrichtung. Fünf Magnete **23**, die N Pole bilden, sind in dem äußeren Umfangsabschnitt des Rotorkerns **22** mit einem Intervall von  $72^\circ$  in der Umfangsrichtung eingesetzt, um den Magnetpoleabschnitt **24** zu bilden. Das bedeutet, dass jeder Magnetpoleabschnitt **24** einen Magneten **23** aufweist und der Teil des Rotorkerns **22** an der äußeren Umfangsseite (äußere Umfangsabschnitt **25**) des Magneten **23** angeordnet ist.

**[0038]** Der Magnet **23** ist im Allgemeinen balkenförmig und erstreckt sich in eine Richtung orthogonal zu der Radialrichtung des Rotors **3**, wie gesehen von der Axialrichtung des Rotors **3** aus. Kernpolabschnitte **26** sind integral gebildet mit dem Rotorkern **22**. Eine Leerstelle **27** ist gebildet zwischen jedem Kernpolabschnitt **26** und dem Magnetpoleabschnitt **24**, der in Umfangsrichtung angrenzt. Die Leerstellen **27** haben jede die gleiche Fläche, wie gesehen von Axialrichtung aus. Kupplungsabschnitte **28** sind gebildet an der äußeren Umfangsseite der Leerstellen **27**, um die äußeren Umfangsabschnitte **25** der Magnetpoleabschnitte **24** und die Kernpolabschnitte **26** zu verbinden. Die kontinuierliche äußere Umfangsoberfläche der äußeren Umfangsabschnitte **25**, die Kernpolabschnitte **26**, und die Kupplungsabschnitte **28** bilden die äußere Umfangsoberfläche des Rotors **3**.

**[0039]** Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, sind jeder Magnetpoleabschnitt **24** und die angrenzenden Leerstellen **27** symmetrisch in Bezug zu der Linie Q1, die sich durch die Mitte des Magnetpoleabschnitts **24** in die Umfangsrichtung erstreckt. Die Längsachse Q1 erstreckt sich entlang der Radialrichtung und durch eine Achse C

des Rotors **3**. Die Bereiche der Leerstellen **27** in dem Rotor **3** sind die gleichen, gesehen von der Axialrichtung des Rotorkerns **22** aus. Die Magnetpoleabschnitte **24** und die Kernpolabschnitte **26** sind abwechselnd in gleichen Winkelintervallen von  $36^\circ$  angeordnet. Die Rotor **3** ist vom Nachfolgepoltyp, aufweisend zehn Magnetpole, in welchem die Kernpolabschnitte **26** als S Pole und die Magnetpoleabschnitte **24** als N Pole wirken. Die Anzahl der Polpaare des Rotors **3** ist die gleiche wie die Anzahl der Magnete **23**. Im ersten Ausführungsbeispiel ist die Anzahl der Polpaare fünf. Die Anzahl der Zähne **12**, die sich über jeden Segmentleiter **14** erstrecken, ist bestimmt durch die Anzahl der Schlitze, geteilt durch die Anzahl der Magnetpole. Im ersten Ausführungsbeispiel beträgt die Anzahl der Zähne **12** sechs (60/10).

**[0040]** Der Ständer **2** des ersten Ausführungsbeispiels ist derart gebildet, dass die Anzahl L der Zähne **12** die Gleichung „ $L = 2 \times p \times m \times n$ “ erfüllt, wobei p die Anzahl der Magnete **23** (Anzahl der Polpaare) des Rotors **3** und ist eine Ganzzahl größer als oder gleich zwei, m die Anzahl der Phasen der Segmentwicklungen **13**, und n eine natürliche Zahl ist. Durch diese Gleichung ist die Anzahl L der Zähne **12** festgelegt auf  $L = 2 \times 5$  (Anzahl der Magnete **23**)  $\times 3$  (Anzahl der Phasen)  $\times 2 = 60$  in dem ersten Ausführungsbeispiel.

**[0041]** Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, weist jeder Magnet **24** einen ersten entgegengesetzten Abschnitt **24a** (siehe [Fig. 2A](#)) und zwei zweite entgegengesetzte Abschnitte **24b** (siehe [Fig. 2B](#)) entlang der Axialrichtung angeordnet auf. Der erste entgegengesetzte Abschnitt **24a** ist zwischen den zweiten entgegengesetzten Abschnitten **24b** angeordnet. Der erste entgegengesetzte Abschnitt weist zwei Hilfsnuten **31** und **32** in der äußeren Umfangsoberfläche des umlaufenden Abschnitts **25** (Oberfläche, die den Zähnen **12** zugewandt ist) auf. Die Hilfsnuten **31** und **32** erstrecken sich völlig über die axiale Länge  $F_s$  des ersten entgegengesetzten Abschnitts **24a** und sind nicht in dem zweiten entgegengesetzten Abschnitt **24b** gebildet.

**[0042]** Wie [Fig. 3](#) zeigt, sind die beiden Hilfsnuten **31** und **32** des ersten entgegengesetzten Abschnitts **24a** an symmetrischen Positionen relativ zu der Längsachse Q1 angeordnet. Die Hilfsnuten **31** und **32** haben die gleiche Form. Die Nut **31** umfasst zwei Seitenoberflächen **31a** und **31b**, die zugewandt zueinander in der Umfangsrichtung sind. Die Nut **32** umfasst zwei Seitenoberflächen **32a** und **32b**, die zugewandt zueinander in der Umfangsrichtung sind. Die Seitenoberflächen **31a** und **32a** sind der Innenseite (näher zu der Längsachse Q1 in der Umfangsrichtung) der korrespondierenden Hilfsnuten **31** und **32** angeordnet. Die Seitenoberflächen **31b** und **32b** sind der Außenseite (näher zu der Kante des korrespondierenden Magnetpoleabschnitts **24** in der Umfangsrichtung) der korrespondierenden Hilfsnuten **31** und **32** ange-

ordnet. Die Hilfsnuten **31** und **32** erstrecken sich jede linear entlang der Axialrichtung.

[0043] Wie [Fig. 1](#) zeigt, ist der erste entgegengesetzte Abschnitt **24a**, der die Hilfsnuten **31** und **32** aufweist, angeordnet in der Mitte des Magnetpolabschnitts **24** in Axialrichtung. Die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24b** sind an entgegengesetzten Seiten der ersten entgegengesetzten Abschnitte **24a** in der Axialrichtung angeordnet. Die ersten entgegengesetzten Abschnitte **24a** und die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24b** können diskrete Körper oder integral ausgebildet sein. Im ersten Ausführungsbeispiel weist jede der Hilfsnuten **31** und **32** eine Axiallänge  $F_s$  auf, welche die Axiallänge des ersten entgegengesetzten Abschnitts **24a** ist, und jeder Magnetpolabschnitt **24** hat eine Axiallänge  $F$ . Das Verhältnis  $F_s/F$  erfüllt die Bedingung  $F_s/F = 0,11$ .

[0044] Hier ist ein Öffnungswinkel des Magnetpolabschnitts **24** an der äußeren Umfangsfläche durch  $M$  ( $^\circ$ ) repräsentiert, ein Öffnungswinkel der Leerstelle **27** durch  $G$  ( $^\circ$ ) repräsentiert, und die Anzahl der Zähne **12** wird durch  $L$  repräsentiert. In diesem Fall ist ein Positionswinkel  $D1$  von jeder der Hilfsnuten **31** und **32** (Winkel  $D1$  von der Längslinie  $Q1$  des Magnetpolabschnitts **24** zu den Seitenoberfläche **31a** und **32a** der Hilfsnuten **31** und **32**) so gewählt, dass er die Bedingung  $D1 = M/2 + G - a \times 360$  ( $^\circ$ )/ $L$  erfüllt, wobei  $a$  eine natürliche Zahl ist (siehe [Fig. 5](#)). Der Öffnungswinkel bezieht sich auf einen Winkelbereich, dessen Mitte die Achse  $C$  des Rotors **3** ist. Hier bezieht sich der Öffnungswinkel auf einen Winkelbereich des Magnetpolabschnitts **24** in der Umfangsrichtung oder einem Winkelbereich der Leerstelle **27** in der Umfangsrichtung. Der Öffnungswinkel  $G$  der Leerstelle **27** bezieht sich auf einen Öffnungswinkel der Leerstelle **27** an der äußersten Seite in der Radialrichtung (d. h. Öffnungswinkel der äußeren Umfangsoberfläche der Kupplungsabschnitte **28**) (siehe [Fig. 3](#)). In der mathematischen Formel repräsentiert  $360$  ( $^\circ$ )/ $L$  einen Winkelbereich, von dem die Mitte die Achse  $C$  ist und welche sich von einem Zahn **12** zum angrenzenden Zahn **12** zwischen den Enden erstreckt, welcher an der gleichen Umfangsseite des korrespondierenden Zahns **12** angeordnet ist. Das bedeutet, dass  $360$  ( $^\circ$ )/ $L$  das Intervall des Zahns **12** in der Umfangsrichtung repräsentiert.

[0045] Wenn die Winkelposition  $D1$  der Hilfsnuten **31** und **32** wie oben beschrieben gewählt ist, erfüllen der Zahn **12**, die Kernpolabschnitte **26** und die Hilfsnuten **31** die in [Fig. 5](#) gezeigte Positionsbeziehung. Genauer, ein Zahn **12** (Zahn **12b** an der rechten Ende in [Fig. 5](#)) weist einen distalen Abschnitt **12a** mit einem ersten umlaufenden Ende **12x** auf. Ein Kernpolabschnitt **26** weist ein erstes umlaufendes Ende **26x** auf. Wenn das erste umlaufende Ende **12x** in der Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **26x** überlappt, überlappen die Seitenoberflächen **31a** in der

Hilfsnut **31** der angrenzenden Magnetpolabschnitte **24** an der Vorderseite des Kernpolabschnitts **26** in der Rotationsrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** des  $a$ -ten Zahns **12**, genauer des dritten Zahns **12** in dem Beispiel gemäß [Fig. 5](#) (Zahn **12c**) in der Umfangsrichtung (linksgerichtet in [Fig. 5](#)) von dem Zahn **12b**. Hier zeigt ein Überlappen in der Radialrichtung an, dass zwei Subjekte aneinander in der Radialrichtung ausgerichtet sind. In [Fig. 5](#), überlappt das erste umlaufende Ende **26x** des einen Kernpolabschnitts **26** radial mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** des Zahnes **12b**. Auf diese Weise wird der magnetische Fluss an den radialen, sich überlappenden Abschnitten konzentriert. Dies hebt das Rastmoment (Hauptkomponente) auf seinen Spitzenwert an. Weiter überlappen sich die Seitenoberflächen **31a** von einer Hilfsnut **31** in der Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** von dem Zahn **12c**. Auf diese Weise wird der magnetische Fluss einfach an den radial sich überlappenden Abschnitten konzentriert und das Rastmoment, erzeugt an der Hilfsnut **31** bekommt ein Umkehrspitze. Das Rastmoment, erzeugt während der Rotation von dem Rotor **3** wird reduziert. Das Rastmoment, erzeugt an der Hilfsnut **31**, wirkt als eine Komponente, die das Rastmoment (Hauptkomponente) auslöscht, die nahe des ersten, umlaufenden Endes **26x** des Kernpolabschnitts **26** erzeugt wird. Ein ähnliches Phänomen tritt in der anderen Hilfsnut **32** auf.

[0046] [Fig. 6](#) zeigt die Wellenform des im Motor **1** erzeugten Rastmoments. In [Fig. 6](#) ist der Maximalwert das Rastmoments der Struktur, die nicht die Hilfsnuten **31** und **32** umfasst, 100%. Die Wellenform des Rastmoments, erzeugt an dem ersten entgegengesetzten Abschnitt **24a**, ist durch doppelt gestrichelte Linie dargestellt. Die Wellenform des Rastmoments, erzeugt an dem zweiten entgegengesetzten Abschnitt **24b**, ist durch eine einfach gestrichelte Linie dargestellt. Wie [Fig. 6](#) zeigt, hat die Wellenform, erzeugt an dem zweiten entgegengesetzten Abschnitt **24b**, eine Phase, die entgegengesetzt ist zu der Phase des Rastmoments, die am ersten entgegengesetzten Abschnitt **24a** erzeugt wird. Dies führt zu einer kleinen kombinierten Rastmoment (Wellenform gekennzeichnet durch eine durchgezogene Linie in [Fig. 6](#)). Auf diese Art und Weise sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel der erste entgegengesetzte Abschnitt **24a** und der zweite entgegengesetzten Abschnitt **24b** in der Axialrichtung ausgerichtet, um ein Rastmoment zu verhindern (Löschkomponente), die an den Hilfsnuten **31** und **32** erzeugt wird, das zu groß wird in Bezug der Hauptkomponente des Rastmoments. Dem zufolge wird das Rastmoment, das in dem gesamten Motor **1** erzeugt wird, auf gewünschte Weise reduziert, und die Dreheigenschaften des Rotors **3** werden weiter verbessert.

[0047] In [Fig. 7](#) zeigt die unterbrochene Linie das Rastmoment, das in dem gesamten Motor **1** in einer

Struktur erzeugt wird, in welcher die Hilfsnuten **31** und **32** in den Magnetpolabschnitten **24** völlig in der Axialrichtung gebildet sind (d. h., die Struktur erfüllt die Bedingung  $F_s/F = 1,0$ ). Die durchgezogene Linie zeigt das Rastmoment, das im gesamten Motor **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ( $F_s/F = 1,0$ ) erzeugt wird. In **Fig. 7** ist der Maximalwert des Rastmoments der Struktur, die nicht die Hilfsnuten **31** und **32** umfasst, 100%. Wie **Fig. 7** zeigt, wird das Rastmoment, das im gesamten Motor **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erzeugt wird, von dem Rastmoment, das in der Struktur die Bedingung  $F_s/F = 1$ , = erfüllend erzeugt wird, reduziert (Struktur, die nicht die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24b** aufweist). Mit anderen Worten zeigt **Fig. 7** den abnehmenden Effekt des Rastmoments, das aus einer Anordnung der zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24** in den Magnetpolabschnitten **24** resultiert.

**[0048]** Die charakteristischen Diagramme der **Fig. 6** und **Fig. 7** werden unter der Bedingung erhalten, unter welchen der Öffnungswinkel der Kernpolabschnitte **26**  $23,6^\circ$  ist, der Positionswinkel  $D1$  der Hilfsnuten **31** und **32**  $7,6^\circ$  ist, der Öffnungswinkel  $W_s$  der Hilfsnuten **31** und **32** ist  $1,265^\circ$ , und die Nuttiefe  $H_s$  der Hilfsnuten **31** und **32** und ein Luftspalt  $A_g$  zwischen dem Rotor **3** und dem Zahn erfüllt **12** erfüllt ein Nuttiefeverhältnis  $H_s/A_g$  von 1,333. **Fig. 8** zeigt das Löschrastmoment, wenn das Nuttiefeverhältnis  $H_s/A_g$  unter den gleichen Bedingungen variiert wird. **Fig. 9** zeigt das Löschrastmoment, wenn der Öffnungswinkel  $W_s$  der Hilfsnuten **31** und **32** unter den gleichen Bedingungen variiert wird. In den **Fig. 8** und **Fig. 9** ist die Löschrastmomentkomponente der Struktur, die nicht die Hilfsnuten **31** und **32** umfasst, 100%.

**[0049]** Der optimale Wert für  $a$  in dem oben genannten Ausdruck wird aus dem Verständnis erhalten, dass das Rastmoment am wirksamsten reduziert wird, wenn  $a$  auf einen derartigen Wert gesetzt wird. Die Anzahl der Zähne **12**, über die der Segmentleiter **14** erstreckt, wird erhalten durch Dividieren der Anzahl der Schlitze durch die Anzahl der Magnetpole, wie oben beschrieben. Durch Anordnen der Hilfsnuten **31** und **32** an Stellen, an denen die Anzahl der Zähne die Hälfte beträgt, sind Löschrastkomponenten (Rastmoment, erzeugt durch die Hilfsnuten **31** und **32**), welche das Rastmoment reduzieren, in der Umfangsrichtung in einer ausbalancierten Art und Weise angeordnet. Dies steigert nochmal die Effektivität. Daher ist es bevorzugt, dass  $a$  aus der Gleichung  $a = L/(E \times 2)$  erhalten wird, wobei  $L$  die Anzahl der Zähne **12** repräsentiert (Anzahl der Schlitze) und  $E$  die Anzahl der Magnetpole des Rotors **3** repräsentiert. In dem ersten Ausführungsbeispiel wird das Rastmoment wirksam reduziert, wenn die Bedingung  $a = 60/(10 \times 2) = 3$  erfüllt ist.

**[0050]** Das erste Ausführungsbeispiel hat die unten beschriebenen Vorteile,

(1) In dem ersten Ausführungsbeispiel weisen die ersten entgegengesetzten Abschnitte **24** der Magnetpolabschnitte **24** die Hilfsnuten **31** und **32** auf, um die Bedingung  $D1 = M/2 \cdot G - a \times 360 (^\circ)/L$  zu erfüllen, wobei  $a$  eine natürliche Zahl ist. Zum Beispiel, überlappt auf diese Weise das erste umlaufende Ende **12x** des distalen Abschnitts **12a** des Zahns **12b** in der Radialrichtung des ersten umlaufenden Endes **26x** des Kernpolabschnitts **26**, wobei die Seitenoberfläche **31a** der Hilfsnut **31** des Magnetpolabschnitts **24** angrenzend zu dem Kernpolabschnitt **26** in Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** des  $a$ -ten Zahns **12c** in der Umfangsrichtung von dem Zahn **12b** überlappt. In diesem Fall wirkt das Rastmoment, erzeugt an den Hilfsnuten **31** und **32**, als eine Löschrastkomponente, die das Rastmoment reduziert, die an dem ersten umlaufenden Ende **26x** des Kernpolabschnitts **26** erzeugt wird. Auf diese Weise wird das Rastmoment, das im gesamten Motor **1** erzeugt wird, reduziert und die Dreheigenschaften des Motors **3** werden verbessert. Ferner umfasst jeder Magnetpolabschnitt **24** den ersten entgegengesetzten Abschnitt **24a**, durch den sich die Hilfsnuten **31** und **32** in die Umfangsrichtung erstrecken, und die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24b**, die nicht völlig die Hilfsnuten **31** und **32** in der Umfangsrichtung umfassen. Der erste entgegengesetzte Abschnitt **24a** und die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24a** sind in der Axialrichtung angeordnet. Auf diese Art und Weise sind die Hilfsnuten **31** und **32** in der Axialrichtung auf eine ausbalancierte Art und Weise angeordnet, und es wird verhindert, dass das Rastmoment (Löschrastkomponente), erzeugt an den Hilfsnuten **31** und **32**, zu groß wird in Bezug zu der Hauptkomponente des Rastmoments. Demzufolge wird das Rastmoment, das in dem gesamten Motor **1** erzeugt wird, auf die gewünschte Weise reduziert, und die Dreheigenschaften des Rotors **3** sind weiter verbessert.

(2) In dem ersten Ausführungsbeispiel sind die Hilfsnuten **31** und **32** symmetrisch in der Umfangsrichtung gepaart in Bezug zu der Längsachse **Q1** in der Umfangsrichtung von jedem Magnetpolabschnitt **24**. Auf diese Art und Weise sind die Hilfsnuten **31** und **32** wie ein Paar für jeden Kernpolabschnitt **26** auf entgegengesetzten Abschnitten der Magnetpolabschnitte **24** angeordnet. Dies reduziert das Rastmoment nochmals.

(3) In dem ersten Ausführungsbeispiel sind die Segmentwindungen **13** des Ständers **2** durch verteilte Wicklungen gebildet. Auf diese Art und Weise wird das Rastmoment in dem Motor **1** reduziert, der den Ständer **2** umfasst, in welchen Segmentwicklungen **13** durch verteilte Wicklungen gebildet sind. Dies verbessert die Dreheigenschaften des Rotors **3**.

**[0051]** Das erste Ausführungsbeispiel kann wie unten beschrieben modifiziert werden.

**[0052]** In dem ersten Ausführungsbeispiel sind die Hilfsnuten **31** und **32** in dem Magnetpolabschnitt **24** angeordnet, können aber in den Kernpolabschnitten **26** angeordnet sein.

**[0053]** In dem ersten Ausführungsbeispiel umfasst jeder erste entgegengesetzte Abschnitte **24** die Hilfsnuten **31** und **32**, und die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **24b**, ohne die Hilfsnuten **31** und **32**, sind in der Axialrichtung angeordnet. Jedoch ist die Erfindung nicht auf eine derartige Struktur begrenzt. Zum Beispiel kann, wie in [Fig. 10](#) gezeigt, der Magnetpolabschnitt **24** einen Magnetpolabschnitt **24A** umfassen, welcher Hilfsnuten **31** und **32** in seiner äußeren Umfangsoberfläche umfasst, und Magnetpolabschnitte **24B**, welche keine Hilfsnuten **31** und **32** in ihrer äußeren Umfangsoberfläche umfassen. In dem in [Fig. 10](#) gezeigten Beispiel sind zwei Magnetpolabschnitte **24A**, welche Nuten umfassen, und drei Magnetpolabschnitte **24B**, welche keine Nuten umfassen. Wenigstens ein Magnetpolabschnitt **24B** ist zwischen zwei Magnetpolabschnitten **24A** in der Umfangsrichtung angeordnet, so dass Magnetpolabschnitte **24A**, welche keine Nuten aufweisen, nicht kontinuierlich in der Umfangsrichtung angeordnet sind.

**[0054]** Solche eine Struktur erreicht die Vorteile des ersten Ausführungsbeispiels. Mit anderen Worten, sind in einer solchen Konfiguration die Hilfsnuten **31** und **32** in einer aus balancierten Art und Weise in der Umfangsrichtung angeordnet. Auf diese Art und Weise wird verhindert, dass das Rastmoment (Löschkomponenten), das an den Hilfsnuten erzeugt wird, zu groß wird in Bezug zu der Hauptkomponente des Rastmoments. Demzufolge wird das Rastmoment, erzeugt im gesamten Motor **1**, auf die gewünschte Art und Weise reduziert, und die Dreheigenschaften des Motors werden nochmals verbessert.

**[0055]** In dieser Struktur können die Hilfsnuten **31** und **32** in den korrespondierenden Magnetpolabschnitten **24** völlig in der Axialrichtung oder teilweise in der Axialrichtung wie beim ersten Ausführungsbeispiel gebildet sein. Ferner können die Hilfsnuten **31** und **32** in den Kernpolabschnitten **26** anstelle der Magnetpolabschnitte **24** gebildet sein, und die Kernpolabschnitte **26** können die mit Nuten versehen und die nuttfreien umfassen.

**[0056]** Das erste Ausführungsbeispiel wird auf einen IPM Motor angewendet, in welchem die Magnete **23** in den Rotorkern **22** eingebettet sind. Jedoch ist die Erfindung nicht hierauf begrenzt. Zum Beispiel kann die Erfindung in einem SPM Motor verwendet werden, in welchem die Magnete **23** an der Oberfläche des Rotorkerns **22** angeordnet sind. In der in den

[Fig. 11](#) bis [Fig. 12B](#) gezeigten Konfiguration umfasst der Ständer **2** zwölf Zähne **12** und Wicklungen **41** für die U-Phase, V-Phase und W-Phase, die in Reihe um die Zähne **12** als konzentrierte Wicklungen gewickelt sind. Die innere Umfangsoberfläche des distalen Abschnitts **12a** von jedem Zahn **12** ist gebogen. Die Mitte dieser gebogenen Oberfläche liegt entlang der Achse C des Motors **1**.

**[0057]** In dem Rotor **3** sind vier N Magnetpole **23** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung entlang des äußeren umlaufenden Abschnitts des Rotorkerns **22** angeordnet. Ein vorspringender Pol **51** (Kernpolabschnitt), welche integral mit dem äußeren umlaufenden Abschnitt des Motorkerns **22** gebildet ist, ist zwischen den Magneten **23** angeordnet. Die Magnete **23** und die vorspringenden Pole **51** sind abwechselnd in gleichen Winkelintervallen angeordnet, und der Rotor **3** ist ein sogenannter Nachfolgepoltyp mit acht Magnetpolen, in welchen die vorspringenden Pole **51** als S Pole wirken und die Magnete **23** als N Poles wirken. Die Anzahl der Magnetpole (acht) des Rotors **3** ist zwei Drittel der Anzahl der der Zähne **12** (zwölf). Auf diese Art und Weise beträgt das Verhältnis der Anzahl der Magnetpole des Rotors **3** zu der Anzahl der Zähne **12** 2:3.

**[0058]** Die Mitte der äußeren umlaufenden Oberfläche von jedem Magneten **23**, welcher gebogen ist, liegt entlang der Achse C. Ferner ist die Umfangslänge des Magneten **23** größer als die der vorspringenden Pole **51**. Eine innere Seitenoberfläche des Magneten **23** ist an einer Befestigungsoberfläche **52** befestigt, die zwischen aneinandergrenzenden vorspringenden Polen **51** des Motorkerns **22** angeordnet ist. Ferner ist eine Leerstelle **27**, die sich in die Umfangsrichtung erstreckt, zwischen aneinandergrenzenden vorspringenden Polen **51** angeordnet. Die Magnete **23** sind so ausgebildet, dass ihre äußere Umfangsoberfläche entlang des gleichen Umfangs verläuft.

**[0059]** Jeder vorspringende Pol **51** ist im Allgemeinen dreieckig und ragt auswärts in eine radiale Richtung. Die äußere Umfangsoberfläche des vorspringenden Pols **51** ist bogenförmig. Ein Öffnungswinkel R jedes vorspringenden Pols **51**, dessen Mittellinie entlang der Achse C verläuft, ist größer als der Öffnungswinkel T des distalen Abschnitts **12a** von jedem Zahn **12**, von welchem die Mitte entlang der Achse C verläuft (siehe [Fig. 13](#)).

**[0060]** Wie [Fig. 11](#) zeigt weist jeder vorspringende Pol **51** einen ersten entgegengesetzten Abschnitt **51a** (siehe [Fig. 12A](#)), wobei jeder mit zwei Hilfsnuten **61** und **62** in der äußeren Umfangsoberfläche (d. h., die den Zähnen **12** zugewandte Oberfläche), und zweiten entgegengesetzten Abschnitten **51b** (siehe [Fig. 12B](#)), die frei von Hilfsnuten **61** und **62** über die gesamte umlaufende Richtung der äußeren Um-

fangsoberfläche sind, versehen ist. Der erste entgegengesetzte Abschnitt **51a** und der zweite entgegengesetzte Abschnitt **51b** sind in der Axialrichtung angeordnet. Der erste entgegengesetzte Abschnitt **51a** ist in der Mitte des vorspringenden Pols **51** in der Axialrichtung angeordnet, und die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **51b** sind an entgegengesetzten Seiten des ersten entgegengesetzten Abschnitts **51a** in der Axialrichtung angeordnet.

**[0061]** Die beiden Hilfsnuten **61** und **62** des ersten entgegengesetzten Abschnitts **51a** sind symmetrisch in Bezug zu der Linie Q2 angeordnet, die sich durch das Zentrum des vorspringenden Pols **51** in der Umfangsrichtung erstreckt. Die Hilfsnuten **61** und **62**, welche die gleiche Form haben, umfassen zwei entgegengesetzte Seitenoberflächen **61a** und **61b** und zwei entgegengesetzte Seitenoberflächen **62a** und **62b**. Die Seitenoberflächen **61a** und **62a** sind an den Innenseiten der korrespondierenden Hilfsnuten **61** und **62** angeordnet und sind näher zu der Längsachse Q2. Die Seitenoberflächen **61b** und **62b** sind an den Außenseiten der korrespondierenden Hilfsnuten **61** und **62** angeordnet, die näher zu den umlaufenden Enden der aneinandergrenzenden vorspringenden Pole **51** sind. Die Hilfsnuten **61** und **62** erstrecken sich linear in die Axialrichtung.

**[0062]** Hier repräsentiert  $T$  ( $^{\circ}$ ) den Öffnungswinkel des distalen Abschnitts **12a** von jedem Zahn **12** und  $R$  ( $^{\circ}$ ) repräsentiert den Öffnungswinkel von jedem vorspringenden Pol **51**. In diesem Fall ist der Positionswinkel  $D2$  von jeder der Hilfsnuten **61** und **62** (Winkel  $D2$  von der Längsachse Q2 des vorspringenden Pols **51** zu den Seitenoberflächen **61a** und **62a** der Hilfsnuten **61** und **62**) so gewählt, dass er die Bedingung  $D2 = T - R/2$  erfüllt. Demzufolge, wie in **Fig. 13** gezeigt, überlappt, wenn das erste umlaufende Ende **12x** des distalen Abschnitts **12a** von jedem Zahn **12** in der Radialrichtung mit einem ersten umlaufenden Ende **51x** des vorspringenden Pols **51** überlappt, ein zweites umlaufendes Ende **12y** des distalen Abschnitts **12a** des Zahns **12** in die Radialrichtung mit der Seitenoberfläche **61a** der Hilfsnut **61**. Auf diese Weise wird, wenn das erste umlaufende Ende **12x** der Zahns **12** in die Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **51x** des vorspringenden Pols **51** sich überlappt, der Magnetfluss an den sich radial überlappenden Abschnitten leicht konzentriert und die Hauptkomponente des Rastmoments erreicht einen Spitzenwert. Hier überlappt das zweiten umlaufende Ende **12y** von dem Zahn **12** sich in der Radialrichtung mit den Seitenoberflächen **61a** von einer Hilfsnut **61**. Auf diese Weise wird der Magnetfluss leicht an den sich radial überlappenden Abschnitten konzentriert und das Rastmoment, erzeugt an dem Abschnitt der Hilfsnut **61** erreicht einen inversen Spitzenwert. Mit anderen Worten wird das Rastmoment, das während der Rotation des Rotors **3** erzeugt wird, reduziert. Das Rastmoment dient als Löschkompo-

nente, die die Hauptkomponente des Rastmoments, erzeugt an dem ersten umlaufenden Ende **51x** des vorspringenden Pols **51** in der Hilfsnut **61** erzeugt wird. Ein ähnliches Phänomen tritt in der anderen Hilfsnut **62** auf.

**[0063]** Auf die gleiche Art und Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel, in den in den **Fig. 11** bis **Fig. 13** gezeigten Strukturen, sind der erste entgegengesetzte Abschnitt **51a**, welcher die Hilfsnuten **61** und **62** umfasst, und die zweiten entgegengesetzten Abschnitte **51b**, welche keine Hilfsnuten **61** und **62** umfasst, in der Axialrichtung angeordnet. Auf diese Weise sind die Hilfsnuten **61** und **62** in ausbalancierter Art und Weise in der Axialrichtung angeordnet. Das Rastmoment (Löschkomponente), das bei den Hilfsnuten **61** und **62** erzeugt wird, wird auf diese Weise daran gehindert, zu groß in Bezug zu der Hauptkomponenten des Rastmoments zu werden. Daher wird das Rastmoment, das in dem gesamten Motor **1** erzeugt wird, auf die gewünschte Art und Weise reduziert, und die Dreheigenschaften des Rotors **3** werden nochmals verbessert. Ferner sind die beiden Hilfsnuten **61** und **62** in der Umfangsrichtung symmetrisch in Bezug zu der Längsachse Q1 in der Umfangsrichtung des vorspringenden Pols **51** angeordnet. Auf diese Weise sind zwei Hilfsnuten **61** und **62** in Korrespondenz mit zwei umlaufenden Enden der vorspringenden Pole **51** angeordnet. Dies reduziert das Rastmoment nochmals.

**[0064]** In dem in den **Fig. 11** bis **Fig. 13** gezeigten Beispiel ist jeder vorspringende Pol **51** so geformt, dass der erste entgegengesetzte Abschnitt **51a**, der die Hilfsnuten **61** und **62** umfasst, und der zweite entgegengesetzte Abschnitt **51b**, welcher keine Hilfsnuten **61** und **62** umfasst, in der Axialrichtung angeordnet sind. Jedoch ist die Erfindung nicht hierauf beschränkt. Die vorspringenden Pole **51** können vorspringende Pole aufweisen, die mit den Hilfsnuten **61** und **62** und mit vorspringenden Polen frei von Hilfsnuten **61** und **62** versehen sind. Solch eine Struktur erreicht Vorteile wie die der in den **Fig. 11** bis **Fig. 13** gezeigten Strukturen. In einer derartigen Struktur sind die Hilfsnuten **61** und **62** in der Umfangsrichtung in einer ausbalancierten Art und Weise angeordnet, so dass das Rastmoment (Löschkomponente), die an den Hilfsnuten **61** und **62** erzeugt wird, so unterdrückt wird, dass sie nicht zu groß in Bezug zu der Hauptkomponente des Rastmoments wird. Demzufolge wird das Rastmoment, die in dem gesamten Motor **1** erzeugt wird, auf die gewünschte Weise reduziert, und die Dreheigenschaften des Rotors **3** sind nochmals verbessert.

**[0065]** In dem ersten Ausführungsbeispiel ist das Verhältnis  $FS/F$  der Axiallänge  $F_s$  der Hilfsnuten **31** und **32** (Axiallänge des ersten entgegengesetzten Abschnitts **24a**) zu der Axiallänge  $F$  des Magnetpolabschnitts **24** so gewählt, dass es die Bedingung  $F_s/$

$F = 0,11$  erfüllt. Jedoch ist die Erfindung nicht auf diese Art und Weise beschränkt und kann mit anderen Werten in dem Bereich von  $F_s/F < 1$  variiert werden.

**[0066]** Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 14A](#) bis [Fig. 19](#) beschrieben. In dem zweiten Ausführungsbeispiel werden für gleiche Komponenten die gleichen Bezugszeichen wie für Komponenten des ersten Ausführungsbeispiels verwendet. Sich vom ersten Ausführungsbeispiel unterscheidende Teile werden unten beschrieben.

**[0067]** In dem ersten Ausführungsbeispiel sind die Hilfsnuten **31** und **32** so ausgebildet, dass über die gesamte Axiallänge  $F_s$  des ersten entgegengesetzten Abschnitts **24a** in jedem Magnetpolabschnitt **24** erstrecken. In dem zweiten Ausführungsbeispiel sind die Hilfsnuten **31** und **32** so ausgebildet, dass sie über die gesamte Axiallänge des Magnetpolabschnitts **24** erstrecken. Ansonsten ist das zweite Ausführungsbeispiel das gleiche wie das erste Ausführungsbeispiel.

**[0068]** In dem zweiten Ausführungsbeispiel ist der Positionswinkel  $D1$  der Hilfsnuten **31** und **32** derart gewählt, dass sie die Bedingung  $D1 = M/2 + G - a \times 360$  ( $^\circ$ )/ $L$  erfüllt (wobei  $a$  eine natürliche Zahl ist). Demzufolge überlappt, wie in [Fig. 15A](#) gezeigt, wenn ein erstes umlaufendes Ende **12x** des distalen Abschnitts **12a** eines beliebigen Zahns **12** (Zahn **12b** an dem rechten Ende in [Fig. 15A](#)) sich überlappt in der Radialrichtung mit einem ersten umlaufenden Ende **26x** des Kernpolabschnitts **26**, die Seitenoberfläche **31a** von der Hilfsnut **31** in dem angrenzenden Magnetpolabschnitt **24** an der Vorderseite des Kernpolabschnitts **26** in der Rotationsrichtung angeordnet, die sich überlappt in die Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** des  $a$ -ten (dritten in dem Beispiel der [Fig. 15A](#)) Zahn **12** (Zahn **12c** in der [Fig. 15A](#)) in der Umfangsrichtung (linke Seite in [Fig. 15A](#)) von dem Zahn **12b**. Auf die gleiche Art und Weise, wie in [Fig. 15B](#) gezeigt, überlappt, wenn ein zweites umlaufendes Ende **12y** des distalen Abschnitts **12a** eines beliebigen Zahns **12** (Zahn **12d** an dem linken Ende in [Fig. 15A](#)) sich überlappt in der Radialrichtung mit dem zweiten Ende **26y** in der Umfangsrichtung des Kernpolabschnitts **26**, die Seitenoberfläche **32a** der Hilfsnut **32** in dem angrenzenden Magnetpolabschnitt **24** an der Rückseite des Kernpolabschnitts **26** in der Rotationsrichtung in die Radialrichtung mit dem zweiten umlaufenden Ende **12y** des dritten Zahns **12e** in der Umfangsrichtung (rechte Seite in [Fig. 15B](#)) von dem Zahn **12d**.

**[0069]** [Fig. 16](#) zeigt die Rastmomentwellenform während der Rotation des Rotors **3** in dem zweiten Ausführungsbeispiel. Die durch durchbrochene Linien dargestellte Wellenform in [Fig. 16](#) zeigt die Wellenform der Hauptkomponente des Rastmoments

(Rastmomentwellenform in einer Struktur, in welcher die Hilfsnuten **31** und **32** nicht in dem Magnetpolabschnitt **24** gebildet sind). Die durchgezogene Linie zeigt die Wellenform des Rastmoments, die durch die Hilfsnuten **31** und **32** erzeugt wird. Die durchgezogenen Linien zeigen die Wellenform der Rastmomentwellenform, die in dem Motor **1** der zweiten Ausführungsform erzeugt wird und durch Kombinieren der Wellenform der Hauptkomponenten der Rastmomente (Wellenform in durchbrochenen Linien) und der Rastmomentwellenform erhalten wird, die durch die Hilfsnuten **31** und **32** erzeugt wird (Wellenform in gestrichelten Linien).

**[0070]** Der Rotationswinkel  $R1$  in [Fig. 16](#) ist der Rotationswinkel des Rotors **3** in dem in [Fig. 15A](#) gezeigten Zustand. Beim Rotationswinkel  $R1$  überlappt sich der erste umlaufende Ende **26x** des Kernpolabschnitts **26** in der Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** des Zahns **12b**. Auf diese Weise wird der Magnetfluss leicht an den sich radial überlappenden Abschnitten konzentriert.

**[0071]** Als ein Ergebnis nimmt die Hauptkomponente des Rastmoments zu der negativen Seite hin ab. In diesem Fall überlappt sich die Seitenoberfläche **31a** der Hilfsnut **31** in die Radialrichtung mit dem ersten umlaufenden Ende **12x** des Zahns **12c**. Auf diese Art und Weise wird der Magnetfluss leicht an den sich radial überlappenden Abschnitten konzentriert. Als ein Ergebnis erreicht das Rastmoment, das an durch die Hilfsnuten **31** und **32** erzeugt wird, einen positiven Spitzenwert. Demzufolge löschen sich die Hauptkomponente des Rastmoments und das Rastmoment, erzeugt durch die Hilfsnuten **31** und **32** bei dem Rotationswinkel  $R1$ , gegenseitig aus (siehe die durch durchgezogene Linie dargestellte Wellenform in [Fig. 16](#)), und das Rastmoment, das während der Rotation des Rotors **3** erzeugt wird, wird reduziert.

**[0072]** Der in [Fig. 16](#) gezeigte Rotationswinkel  $R2$  ist der Rotationswinkel des Rotors **3** in dem in [Fig. 15B](#) gezeigten Zustand. Auf die gleiche Weise wie beim Rotationswinkel  $R1$ , löschen sich beim Rotationswinkel  $R2$  die Hauptkomponenten des Rastmoments und das Rastmoment, das durch die Hilfsnuten **31** und **32** erzeugt werden, gegenseitig aus. Auf diese Weise wird das Rastmoment, das während der Rotation des Rotors **3** erzeugt wird, reduziert. Ferner, wie in [Fig. 16](#) gezeugt ist, ist die Phase der Hauptkomponente des Rastmoments entgegengesetzt zu der Phase des Rastmoments, das durch die Hilfsnuten **31** und **32** (positiv und negativ sind umgekehrt) erzeugt werden, unabhängig von dem Rotationswinkel des Rotors **3**. Das Rastmoment, das durch die Hilfsnuten **31** und **32** erzeugt wird, ist die Löschkomponente für die Hauptkomponente des Rastmoments, unabhängig von dem Rotationswinkel des Rotors **3**. Auf diese Weise wird das Rastmoment in dem ge-

samten Motor **1** reduziert, und die Dreheigenschaften des Rotors **3** sind verbessert.

**[0073]** In dem zweiten Ausführungsbeispiel ist ein Öffnungswinkel, dessen Zentrum in der Achse C liegt, von der Längsachse Q in der Umfangsrichtung des Magnetpolabschnitts **24** zu einem umlaufenden Ende **24c** des Magnetpolabschnitts **24** durch A repräsentiert. Ein Öffnungswinkel von der Längsachse Q des Magnetpolabschnitts **24** zu einem umlaufenden Ende **26a** von dem Kernpolabschnitt **2**, der dem umlaufenden Ende **24c** des Magnetpolabschnitts **24** durch die Leerstelle **27** zugewandt ist, ist durch B repräsentiert (siehe **Fig. 14B** für beide Öffnungswinkel A und B). Das Drehmoment, die Drehmomentwellen und das Rastmoment sind, wenn der Öffnungswinkel A und der Öffnungswinkel B variiert werden, in den **Fig. 17** bis **Fig. 19** gezeigt. Mit anderen Worten erstreckt sich der Öffnungswinkel A von der Längsachse Q des Magnetpolabschnitts **24** zu dem Ende, dass näher zu dem Magnetpolabschnitt **24** der Leerstelle **27** liegt. Der Öffnungswinkel B erstreckt sich von der Längsachse Q zu dem Ende, dass näher zu dem Kernpolabschnitt **26** der Leerstelle **27** liegt. Der Öffnungswinkel A ist gleich der Hälfte des Öffnungswinkels M des Magnetpolabschnitts **24** wie oben beschrieben, und der Öffnungswinkel B ist gleich zu dem Winkel, erhalten durch Addition des Öffnungswinkel G des Leerstelle **27** zu dem Öffnungswinkel A.

**[0074]** **Fig. 17** zeigt das Drehmoment, wenn der Öffnungswinkel A und B variiert wird. Das Drehmoment ist, wenn  $A = 15,3$  und  $B = 19$  ist zu 100% erfüllt. Wie **Fig. 17** zeigt, ist, wenn der Öffnungswinkel A in dem Bereich von  $15,3 \leq A \leq 16,1$  und der der Öffnungswinkel B in dem Bereich von  $19,0 \leq B \leq 31,0$  liegt, das Drehmoment relativ stabil. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend. Ferner, wenn der Öffnungswinkel A innerhalb des Bereichs von  $15,3 \leq A \leq 16,1$  und der Öffnungswinkel B innerhalb des Bereichs  $21,0 \leq B \leq 25$  liegt, steigt das Drehmoment auf ein Maximum von 105%. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend.

**[0075]** **Fig. 18** zeigt die Drehmomentwellen, wenn die Öffnungswinkel A und B variiert werden. Hier ist sind die Drehmomentwellen 100%, wenn  $A = 15,3$  erfüllt und  $B = 19$  erfüllt ist. Wie **Fig. 18** zeigt, ist, wenn der Öffnungswinkel A in dem Bereich von  $15,3 \leq A \leq 18,7$  und der Öffnungswinkel B in dem Bereich von  $23,0 \leq B \leq 27,0$  liegt, die Drehmomentwellen reduziert. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend. Ferner wenn der Öffnungswinkel A in dem Bereich von  $17,8 \leq A \leq 18,7$  und der Öffnungswinkel B in dem Bereich  $26,0 \leq B \leq 27,5$  liegt, sind die Drehmomentwellen weiter reduziert. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend.

**[0076]** **Fig. 19** zeigt das Rastmoment, wenn die Öffnungswinkel A und B variiert werden. Hier ist das

Rastmoment 100%, wenn  $A = 15,3$  und  $B = 19$  erfüllt ist. Wie **Fig. 19** zeigt, ist der Öffnungswinkel A in dem Bereich von  $15,3 \leq A \leq 18,7$ , und der Öffnungswinkel B in dem Bereich von  $19,0 \leq B \leq 27,5$  das Rastmoment relativ stabil und niedrig. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend. Ferner, wenn der Öffnungswinkel A in dem Bereich von  $15,3 \leq A \leq 18,7$  und der Öffnungswinkel B in dem Bereich von  $19,0 \leq B \leq 27,0$  liegt, ist das Rastmoment auf 100% oder weniger reduziert. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend. Weiterhin, wenn der Öffnungswinkel A in dem Bereich von  $15,3 \leq A \leq 18,7$  und der Öffnungswinkel B in dem Bereich von  $21,5 \leq B \leq 23,0$  liegt, ist das Rastmoment auf 100% oder weniger reduziert. Auf diese Weise sind diese Bereich zufriedenstellend.

**[0077]** Demzufolge ist es wünschenswert, dass die Öffnungswinkel A und B auf Werte im Bereich gesetzt werden, in denen die Drehwellen und das Rastmoment reduziert sind, während das Drehmoment gesteigert und nicht reduziert ist. Speziell die Drehwellen und das Rastmoment sind stabil reduziert während sie das Drehmoment stabilisieren durch Wählen des Öffnungswinkels A in einem Bereich von  $15,3 \leq A \leq 18,7$  und des Öffnungswinkels B in einem Bereich von  $23,0 \leq B \leq 27,0$ . Weiterhin sind die Drehwellen und das Rastmoment weiter reduziert, während sie das Drehmoment stabilisieren durch Wählen des Öffnungswinkels A in einem Bereich von  $17,8 \leq A \leq 18,7$  und des Öffnungswinkels B in einem Bereich von  $26,0 \leq B \leq 27,0$ .

**[0078]** Das zweite Ausführungsbeispiel hat die unten beschriebenen Vorteile.

(4) In dem zweiten Ausführungsbeispiel sind die Hilfsnuten **31** und **32** derart ausgebildet, dass sie sich völlig über den Magnetpolabschnitt **24** in die Axialrichtung erstrecken. In einer derartigen Struktur erfüllt der Winkel D1 die Bedingung  $D1 = /2 + G - a \times 360 (^{\circ})/L$  (wobei a eine natürliche Zahl ist). So werden die gleichen Vorteile wie die Vorteile bei (1) erreicht.

(5) Die gleichen Vorteile wie die Vorteile bei (2) des ersten Ausführungsbeispiels werden erreicht.

(6) Die gleichen Vorteile wie die Vorteile bei (3) des ersten Ausführungsbeispiels werden erreicht.

**[0079]** Die ersten und zweiten Ausführungsbeispiele können wie unten beschrieben modifiziert werden.

**[0080]** In den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen ist die Bedingung  $a = 3$  erfüllt. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt und a kann ein anderer Wert als drei sein.

**[0081]** In den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen sind die beiden Hilfsnuten **31** und **32** in den Magnetpolabschnitten **24** gebildet. Stattdessen kann

jeder Magnetpolabschnitt **24** nur eine Hilfsnut umfassen.

**[0082]** In dem Rotor **3** der ersten und zweiten Ausführungsbeispiele können die Form der Magnete **23** und die Form der Rotorkerns **22**, umfassend den äußeren Umfangsabschnitt **25** der Magnetpolabschnitt **24**, die Kernpolabschnitte **26** und die Kupplungsabschnitte **28**, verändert werden. Zum Beispiel kann eine Struktur verwendet werden, die keine Kupplungsabschnitte **28** aufweist.

**[0083]** In den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen wirken die Magnete **23** als N Pole und die Kernpolabschnitte **26** wirken als S Pole. Stattdessen können die Magnete **23** als S Pole wirken und die Kernpolabschnitte **26** als N Pole wirken.

**[0084]** In den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen wird die vorliegende Erfindung bei dem Zehn-Magnet Pol Rotor **3** verwendet, der fünf Magnetpolabschnitte **24** und fünf Kernpolabschnitte **26** aufweist. Jedoch kann die Anzahl der Magnetpole des Rotors **3** variiert werden, und die Anzahl der Magnetpole (Anzahl der Schlitze) des Ständers **2** kann dem entsprechend variiert werden.

**[0085]** Der numerische Bereich für die ersten und zweiten Ausführungsbeispiele kann gemäß der Situation oder dergleichen verändert werden.

**[0086]** In den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen sind die Wicklungen des Ständers **2** durch die Segmentwicklungen **13** gebildet. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt, und kontinuierliche Leitungen können um den Zahn **12** gewickelt sein (siehe **Fig. 12**).

**[0087]** In den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen wird die vorliegende Erfindung auf einen Motor **1** vom Innenrotortyp angewendet. Die vorliegende Erfindung kann ebenso auf einen Außenrotortypmotor angewendet werden.

**[0088]** Es versteht sich für mit dem Stand der Technik Vertrauten von selbst, dass die vorliegende Erfindung in vielen verschiedenen Ausführungsformen verwirklicht werden kann ohne die Idee oder den Bereich der Erfindung zu verlassen. Daher sind die vorliegenden Beispiele und Ausführungsformen als darstellend und nicht beschränkend anzusehen, und die Erfindung ist nicht auf hierbei genannte Details beschränkt, kann aber innerhalb des Umfangs und des Äquivalenzbereichs der angefügten Ansprüche modifiziert werden.

**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 4-71342 [[0002](#), [0003](#)]

## Patentansprüche

### 1. Motor, welcher aufweist:

einen Läufer (3) mit einem Läuferkern (22), eine Mehrzahl von Magnetpolabschnitten (24), die entlang einer Umfangsrichtung des Rotorkerns (22) angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Kernpolabschnitten (26), die integriert in den Rotorkern (22) ausgebildet sind, wobei jeder der Magnetpolabschnitte (24) durch Einbetten eines Magneten (23) in den Rotorkern (22) gebildet ist, jede der Kernpolabschnitte (26) zwischen Magnetpolabschnitten (24) derart angeordnet ist, dass sie aneinandergrenzend zueinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jeder der Kernpolabschnitte (26) beabstandet voneinander von einem aneinandergrenzenden Magnetpolabschnitt (24) durch eine Leerstelle (27) ist; und;  
 einen Ständer (2) mit einer Mehrzahl von Zähnen (12), die in gleichen Intervallen entlang der Umfangsrichtung und dem Rotor (3) in einer Radialrichtung zugewandt angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Windungen (13), welche an der Mehrzahl der Zähne (12) angeordnet sind,  
 gekennzeichnet durch die Magnetpolabschnitte (24) oder die Kernpolabschnitte (26), die erste Magnetpolabschnitte definieren, wobei jeder der Magnetpolabschnitte eine Oberfläche aufweist, die sich den Zähnen (12) zuwendet, eine ersten entgegengesetzten Abschnitt (24a) und einen zweiten entgegengesetzten Abschnitt (24b), welche in einer Axialrichtung angeordnet sind, der erste entgegengesetzte Abschnitt (24a) eine Hilfsnut (31, 32) aufweist, die zwei Seitenoberflächen (31a, 31b, 32a, 32b) aufweist, die in der Umfangsrichtung zueinander zugewandt sind, teilweise als die Oberfläche in der Umfangsrichtung, und der zweite entgegengesetzte Abschnitt (24b) nicht völlig die Hilfsnut (31, 32) in der Oberfläche in der Umfangsrichtung umfasst; und  
 wobei  $M$  ( $^{\circ}$ ) einen Öffnungswinkel des ersten Magnetpolabschnitts repräsentiert,  $G$  ( $^{\circ}$ ) einen Öffnungswinkel der Leerstelle (27) repräsentiert, und  $L$  die Anzahl der Zähne repräsentiert, wobei ein Winkel  $D1$  von der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung des ersten Magnetpolabschnitts zu der Seitenoberfläche (31a, 32a) in der Hilfsnut (31, 32) ist, der näher zu der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung ist, die Bedingung  
 $D1 = M/2 + G - a \times 360$  ( $^{\circ}$ )/ $L$  erfüllt (wobei  $a$  eine natürlich Zahl ist).

2. Motor nach Anspruch 1, wobei die Hilfsnut (31, 32) eine von zwei Hilfsnuten (31, 32), angeordnet in jedem ersten Magnetpolabschnitt, ist, und die zwei Hilfsnuten (31, 32) in der Umfangsrichtung symmetrisch in Bezug zu der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung des korrespondierenden ersten Magnetpolabschnitt.

### 3. Motor, welcher aufweist:

einen Läufer (3) mit einem Läuferkern (22), eine Mehrzahl von Magnetpolabschnitten (24A, 24B), die entlang einer Umfangsrichtung des Rotorkerns (22) angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Kernpolabschnitten (26), die integriert in den Rotorkern (22) ausgebildet sind, wobei jeder der Magnetpolabschnitte (24A, 24B) durch Einbetten eines Magneten (23) in den Rotorkern (22) gebildet ist, jede der Kernpolabschnitte (26) zwischen Magnetpolabschnitten (24A, 24B) derart angeordnet ist, dass sie aneinandergrenzend zueinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jeder der Kernpolabschnitte (26) beabstandet voneinander von einem aneinandergrenzenden Magnetpolabschnitt (24A, 24B) durch eine Leerstelle (27) ist; und;

einen Ständer (2) mit einer Mehrzahl von Zähnen (12), die in gleichen Intervallen entlang der Umfangsrichtung und dem Rotor (3) in einer Radialrichtung zugewandt angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Windungen (13), welche in der Mehrzahl der Zähne (12) angeordnet sind,

gekennzeichnet durch die Magnetpolabschnitte (24A, 24B) oder die Kernpolabschnitte (26), die erste Magnetpolabschnitte definieren, wobei jeder der Magnetpolabschnitte eine Oberfläche aufweist, die sich den Zähnen (12) zuwendet, eine ersten nutaufweisenden Polabschnitt (24A) und eine zweiten nutfreien Polabschnitt (24B), wobei der nutaufweisende Polabschnitt (24A) eine Hilfsnut (31, 32) aufweist, die zwei Seitenoberflächen (31a, 31b, 32a, 32b) aufweist, die in der Umfangsrichtung zueinander zugewandt sind, und der nutfreie Polabschnitt (24B) nicht die Hilfsnut (31, 32) in der Oberfläche umfasst; und

wobei  $M$  ( $^{\circ}$ ) einen Öffnungswinkel des nutaufweisenden Polabschnitts repräsentiert,  $G$  ( $^{\circ}$ ) einen Öffnungswinkel der Leerstelle (27) repräsentiert, und  $L$  die Anzahl der Zähne repräsentiert, wobei ein Winkel  $D1$  von der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung des nutaufweisenden Polabschnitts (24A) zu der Seitenoberfläche (31a, 32a) in der Hilfsnut (31, 32) ist, die näher zu der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung ist, die Bedingung  
 $D1 = M/2 + G - a \times 360$  ( $^{\circ}$ )/ $L$  erfüllt (wobei  $a$  eine natürlich Zahl ist).

4. Motor nach Anspruch 3, wobei die Hilfsnut (31, 32) eine von zwei Hilfsnuten (31, 32) angeordnet in jedem nutaufweisenden Polabschnitt (24A) ist, und die zwei Hilfsnuten (31, 32) in der Umfangsrichtung symmetrisch in Bezug zu der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung des korrespondierenden ersten Magnetpolabschnitt.

### 5. Motor, welcher aufweist:

einen Läufer (3) mit einem Läuferkern (22), eine Mehrzahl von Magneten (23), die entlang einer Umfangsrichtung des Rotorkerns (22) angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Kernpolabschnitten (51), die integriert in den Rotorkern (22) ausgebildet sind, wobei jeder der Kernpolabschnitte (51) zwischen den

Magneten (23) angeordnet ist, die aneinandergrenzend zueinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jeder der Kernpolabschnitte (51) beabstandet voneinander von einem aneinandergrenzenden der Magnete (23) durch eine Leerstelle (27) ist; und; einen Ständer (2) mit einer Mehrzahl von Zähnen (12), die in gleichen Intervallen entlang der Umfangsrichtung und dem Rotor (3) in einer Radialrichtung zugewandt angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Windungen (41), welche in der Mehrzahl der Zähne (12) angeordnet sind,

gekennzeichnet dadurch, dass jeder der Kernpolabschnitte (51) eine Oberfläche aufweist, die sich den Zähnen (12) zuwendet, eine ersten entgegengesetzten Abschnitt (51a) und einen zweiten entgegengesetzten Abschnitt (51b) aufweist, welche in einer Axialrichtung angeordnet sind, der erste entgegengesetzte Abschnitt (51a) eine Hilfsnut (61, 62) aufweist, die zwei Seitenoberflächen (61a, 61b, 62a, 62b) aufweist, die in der Umfangsrichtung zueinander zugewandt sind, teilweise als die Oberfläche in die Umfangsrichtung, und der zweite entgegengesetzte Abschnitt (51b) nicht völlig die Hilfsnut (61, 62) in der Oberfläche in der Umfangsrichtung umfasst; und wobei T (°) einen Öffnungswinkel von dem distalen Ende von jedem der Zähne (12) repräsentiert, R (°) einen Öffnungswinkel des Kernpolabschnitts (51) repräsentiert, wobei ein Winkel D2 von der Längsachse (Q2) in der Umfangsrichtung des Kernpolabschnitts (51) zu der Seitenoberfläche (61a, 61b, 62a, 62b) in der Hilfsnut (61, 62) ist, der näher zu der Längsachse (Q2) in der Umfangsrichtung ist, die Bedingung  $D2 = T - R/2$  erfüllt.

6. Motor nach Anspruch 5, wobei die Hilfsnut (61, 62) eine von zwei Hilfsnuten (61, 62) angeordnet in jedem Kernpolabschnitt (51) ist, und die zwei Hilfsnuten (61, 62) in der Umfangsrichtung symmetrisch in Bezug zu der Längsachse (Q2) in der Umfangsrichtung des Kernpolabschnitts (51) ist.

7. Motor, welcher aufweist:  
einen Läufer (3) mit einem Läuferkern (22), eine Mehrzahl von Magneten (23), die entlang einer Umfangsrichtung des Rotorkerns (22) angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Kernpolabschnitten (51), die integriert in den Rotorkern (22) ausgebildet sind, wobei jeder der Kernpolabschnitte (51) zwischen den Magneten (23) angeordnet ist, die aneinandergrenzend zueinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jeder der Kernpolabschnitte (51) beabstandet voneinander von einem aneinandergrenzenden der Magnete (23) durch eine Leerstelle (27) ist; und; einen Ständer (2) mit einer Mehrzahl von Zähnen (12), die in gleichen Intervallen entlang der Umfangsrichtung und dem Rotor (3) in einer Radialrichtung zugewandt angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Windungen (41), welche in der Mehrzahl der Zähne (12) angeordnet sind,

gekennzeichnet dadurch, dass jeder der Kernpolabschnitte (51) eine Oberfläche aufweist, die sich den Zähnen (12) zuwendet, eine ersten nutaufweisenden Kernpolabschnitt und einen nutfreien Kernpolabschnitt aufweisend, wobei der nutaufweisende Kernpolabschnitt eine Hilfsnut (61, 62) aufweist, die zwei Seitenoberflächen (61a, 61b, 62a, 62b) aufweist, die in der Umfangsrichtung zueinander zugewandt sind und der nutfreie Kernpolabschnitt nicht völlig die Hilfsnut (61, 62) in der Oberfläche in der Umfangsrichtung umfasst; und

wobei T (°) einen Öffnungswinkel von dem distalen Ende von jedem der Zähne (12) repräsentiert, R (°) einen Öffnungswinkel des Kernpolabschnitts (51) repräsentiert, wobei ein Winkel D2 von der Längsachse (Q2) in der Umfangsrichtung des Kernpolabschnitts (51) zu der Seitenoberfläche (61a, 61b, 62a, 62b) in der Hilfsnut (61, 62) ist, der näher zu der Längsachse (Q2) in der Umfangsrichtung ist, die Bedingung  $D2 = T - R/2$  erfüllt.

8. Motor nach Anspruch 7, wobei die Hilfsnut (61, 62) eine von zwei Hilfsnuten (61, 62) angeordnet in jedem Kernpolabschnitt (51) ist, und die zwei Hilfsnuten (61, 62) in der Umfangsrichtung symmetrisch in Bezug zu der Längsachse (Q2) in der Umfangsrichtung des Kernpolabschnitts (51) ist.

9. Motor, welcher aufweist:  
einen Läufer (3) mit einem Läuferkern (22), eine Mehrzahl von Magnetpolabschnitten (24), die entlang einer Umfangsrichtung des Rotorkerns (22) angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Kernpolabschnitten (26), die in dem Rotorkern (22) ausgebildet sind, wobei jeder der Magnetpolabschnitte (24) durch Einbetten eines Magneten (23) in den Rotorkern (22) gebildet ist, jede der Kernpolabschnitte (26) zwischen Magnetpolabschnitten (24) derart angeordnet ist, dass sie aneinandergrenzend zueinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jeder der Kernpolabschnitte (26) beabstandet voneinander von einem aneinandergrenzenden Magnetpolabschnitt (24A, 24B) durch eine Leerstelle (27) ist; und;  
einen Ständer (2) mit einer Mehrzahl von Zähnen (12), die in gleichen Intervallen entlang der Umfangsrichtung und dem Rotor (3) in einer Radialrichtung zugewandt angeordnet sind, und einer Mehrzahl von Windungen (13), welche in der Mehrzahl der Zähne (12) angeordnet sind,  
gekennzeichnet dadurch, dass jeder der Magnetpolabschnitte (24) eine Oberfläche aufweist, die sich den Zähnen (12) zuwendet, und eine Hilfsnut (61, 62) aufweist, die zwei Seitenoberflächen (61a, 61b, 62a, 62b) aufweist, die in der Umfangsrichtung zueinander zugewandt sind; und  
wobei M (°) einen Öffnungswinkel des Magnetpolabschnitts (24) repräsentiert, G (°) einen Öffnungswinkel der Leerstelle (27) repräsentiert, und L die Anzahl der Zähne repräsentiert, wobei ein Winkel D1 von der Längsachse (Q1) in der Umfangsrichtung des Ma-

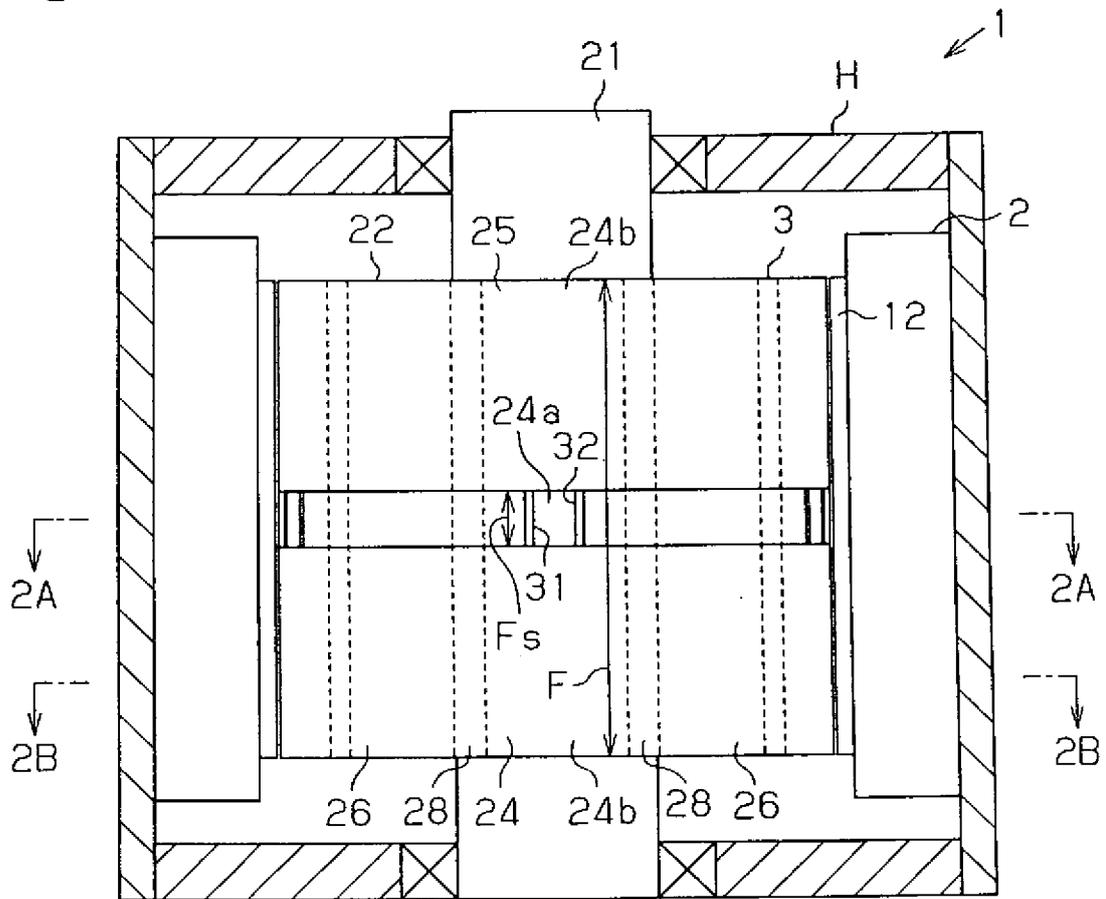
gnetpolabschnitts (**24**) zu der Seitenoberfläche (**31a**, **32a**) in der Hilfsnut (**31**, **32**) ist, die näher zu der Längsachse (Q) in der Umfangsrichtung ist, die Bedingung

$D1 = M/2 + G - a \times 360 (^{\circ})/L$  erfüllt (wobei a eine natürlich Zahl ist).

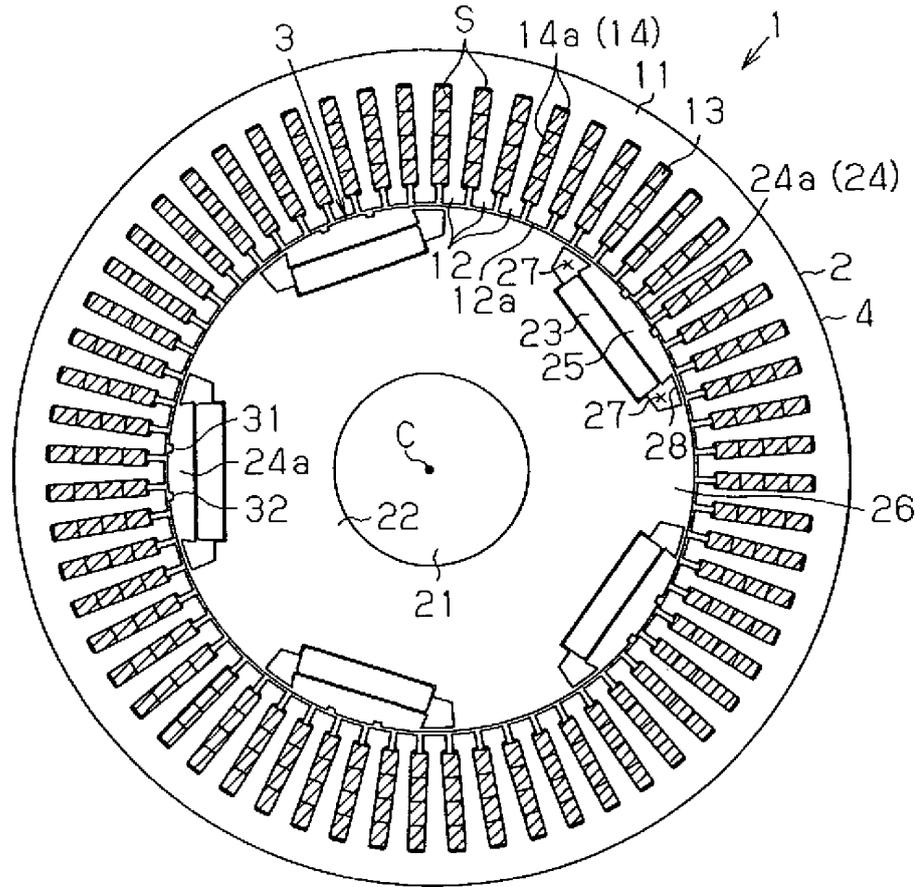
Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

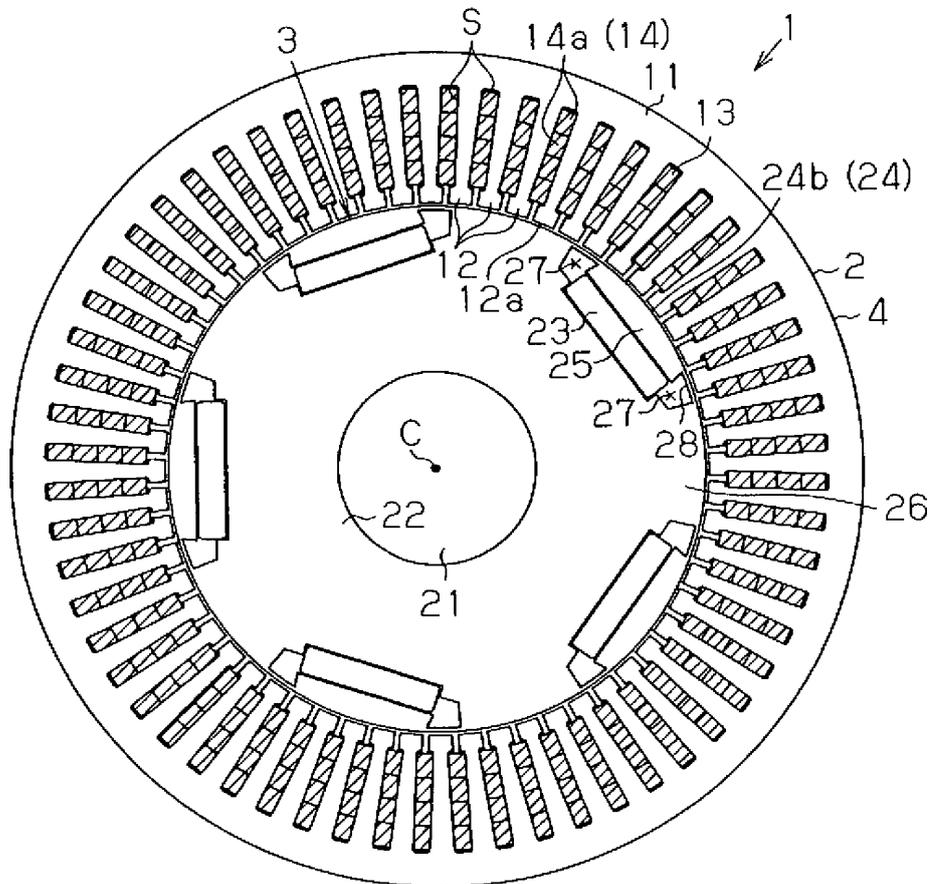
**Fig. 1**



**Fig.2A**



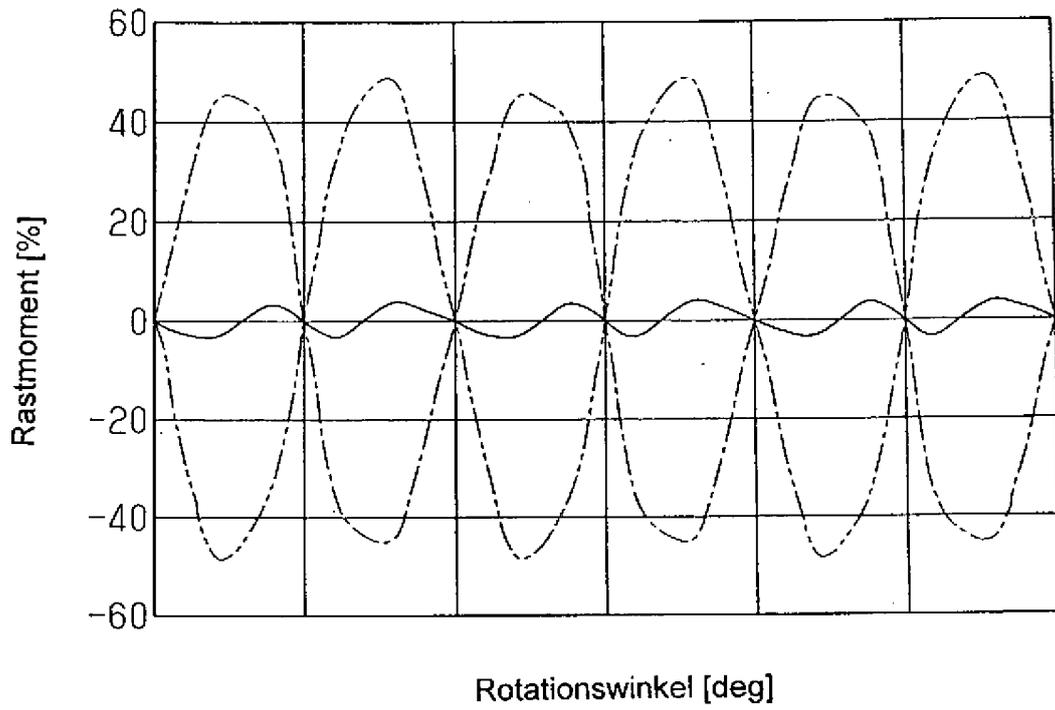
**Fig.2B**



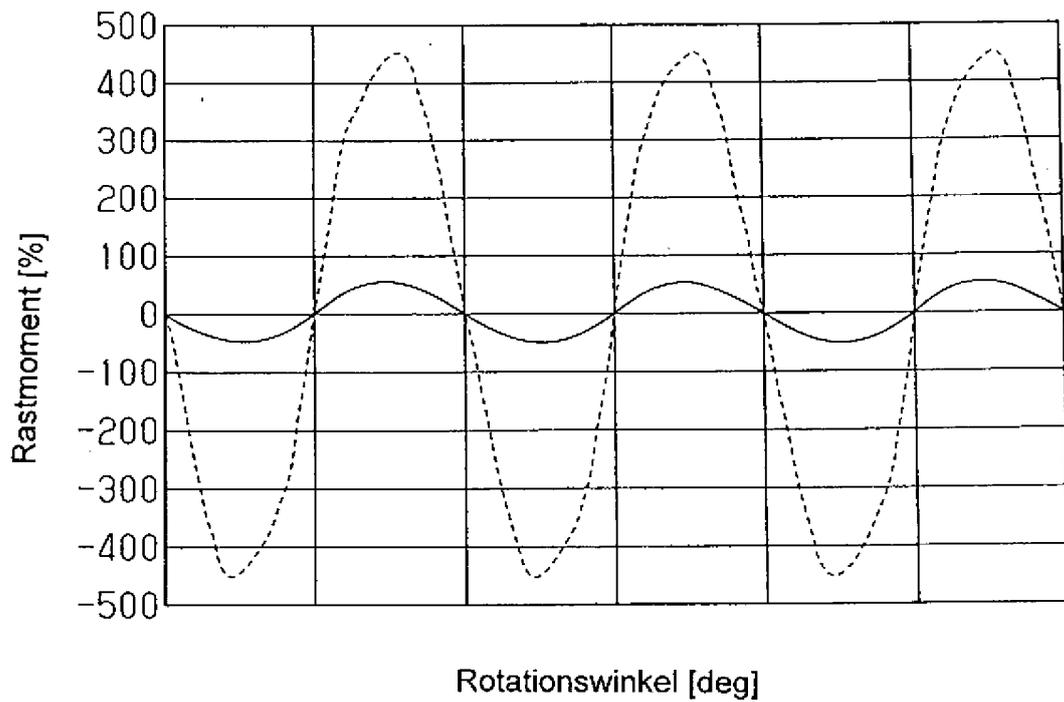




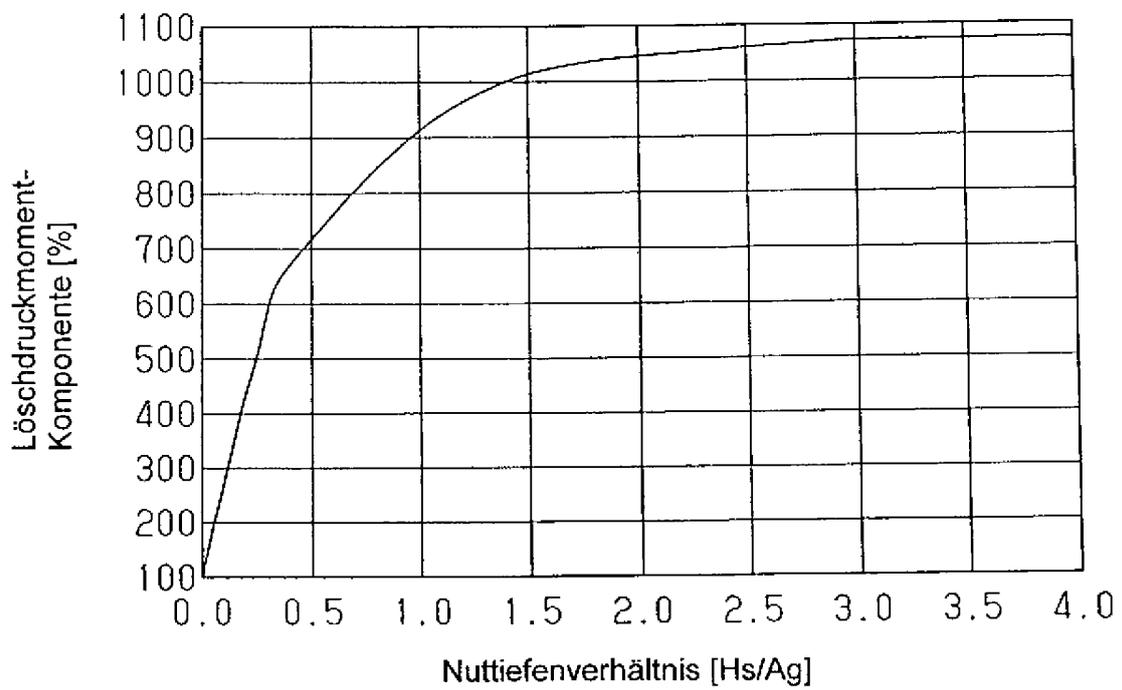
**Fig. 6**



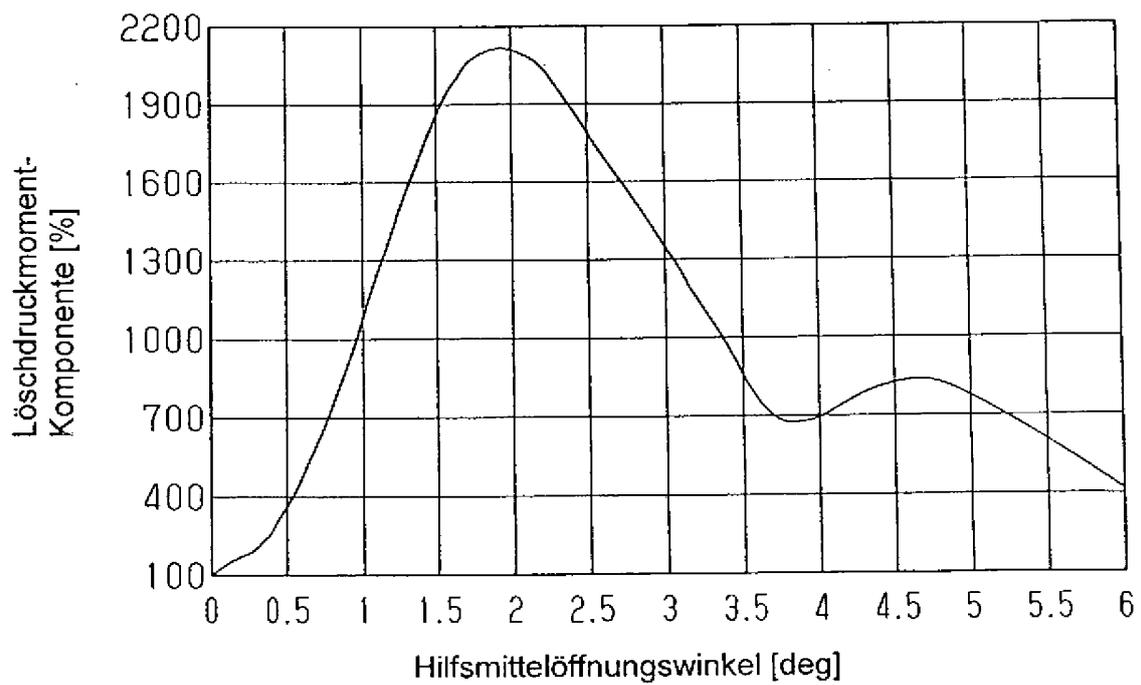
**Fig. 7**



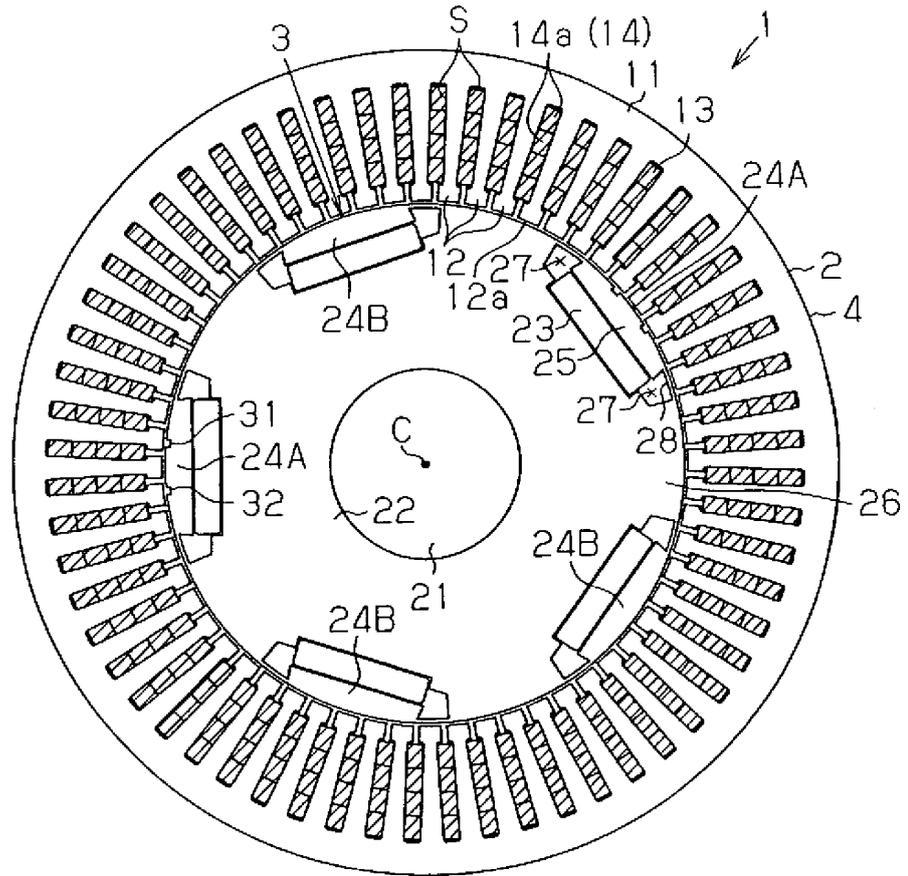
**Fig. 8**



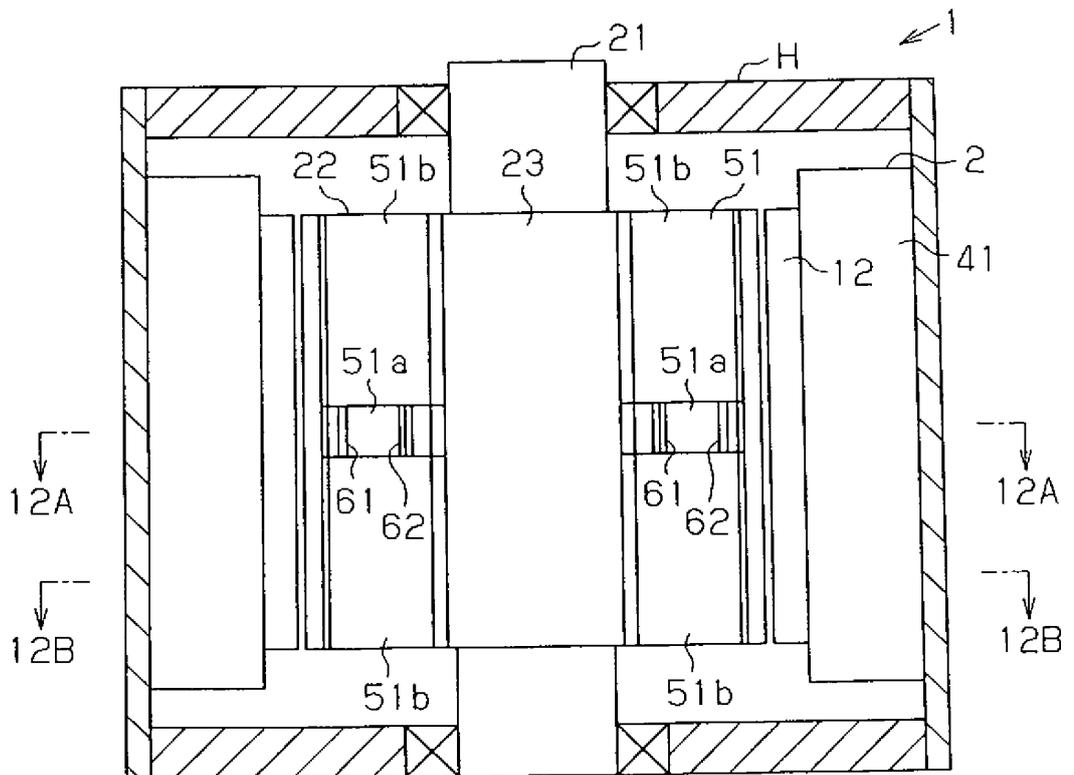
**Fig. 9**



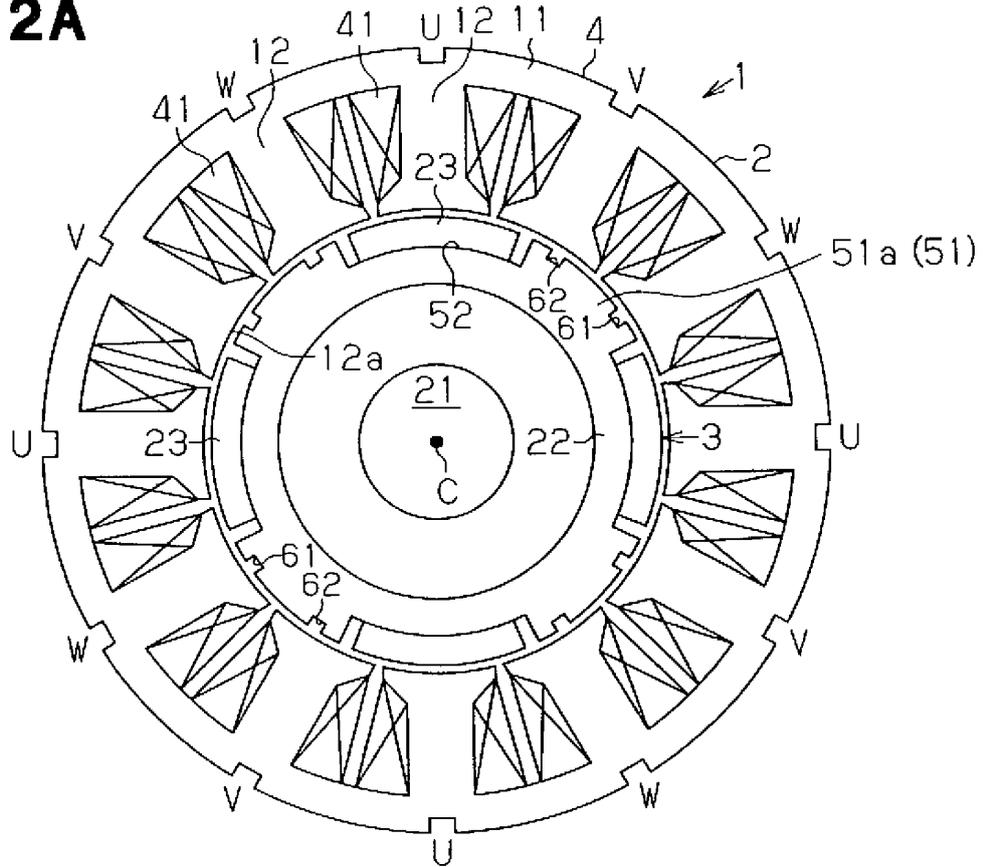
**Fig.10**



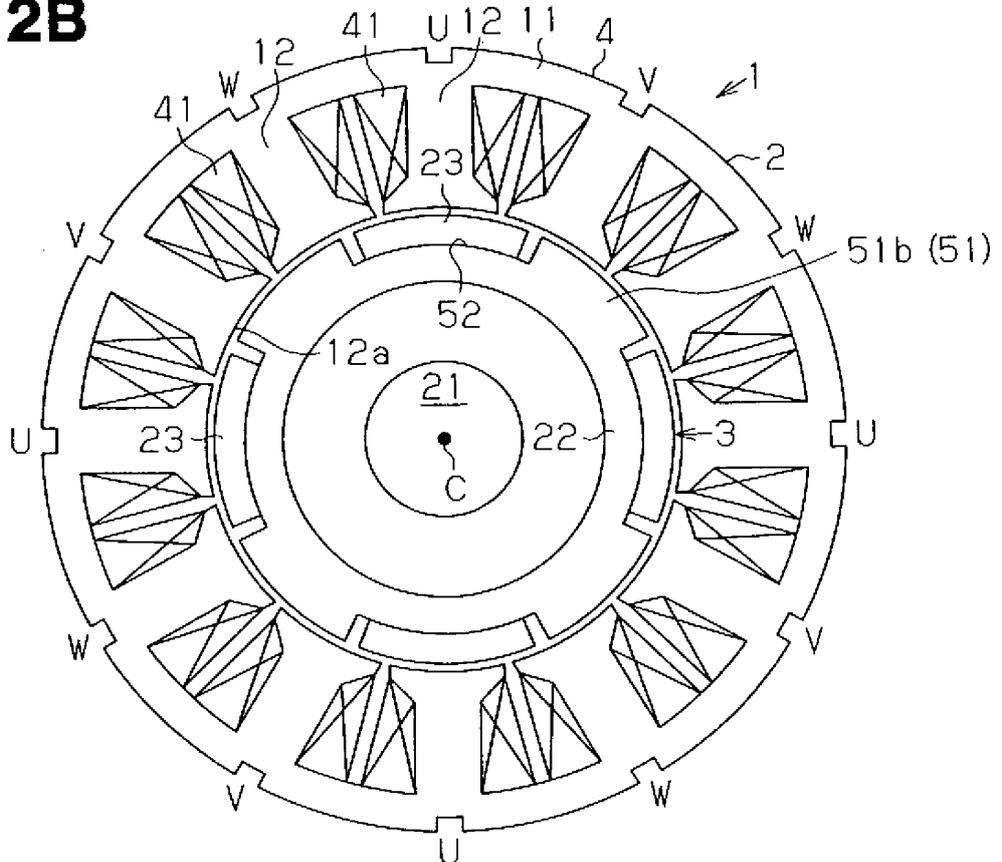
**Fig.11**



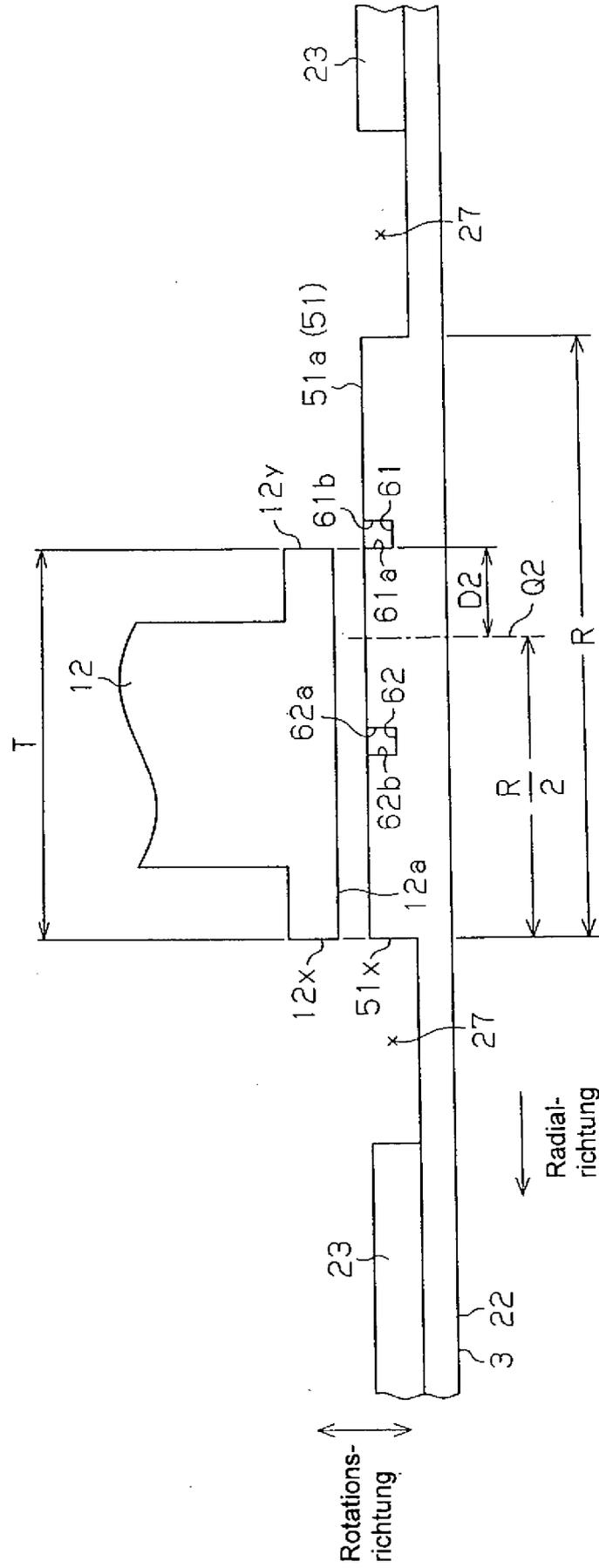
**Fig.12A**



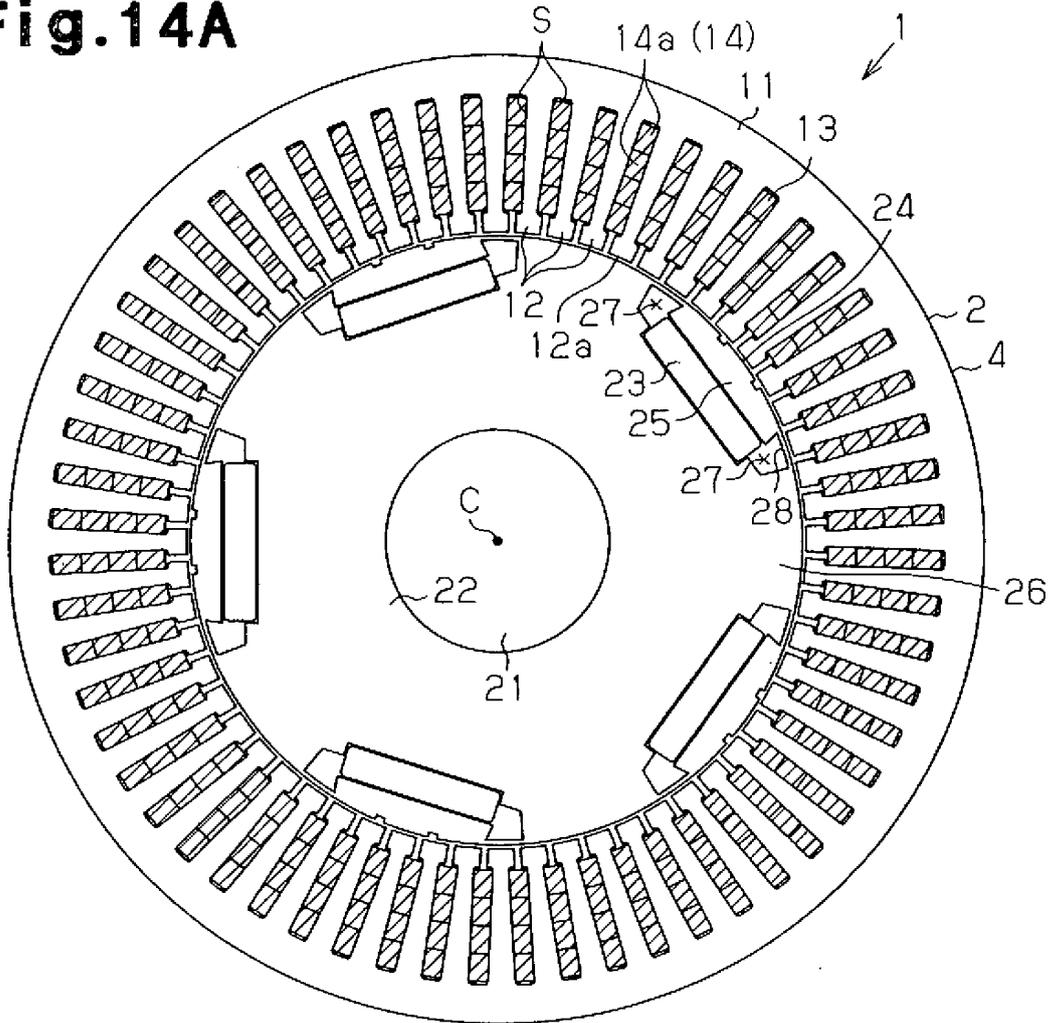
**Fig.12B**



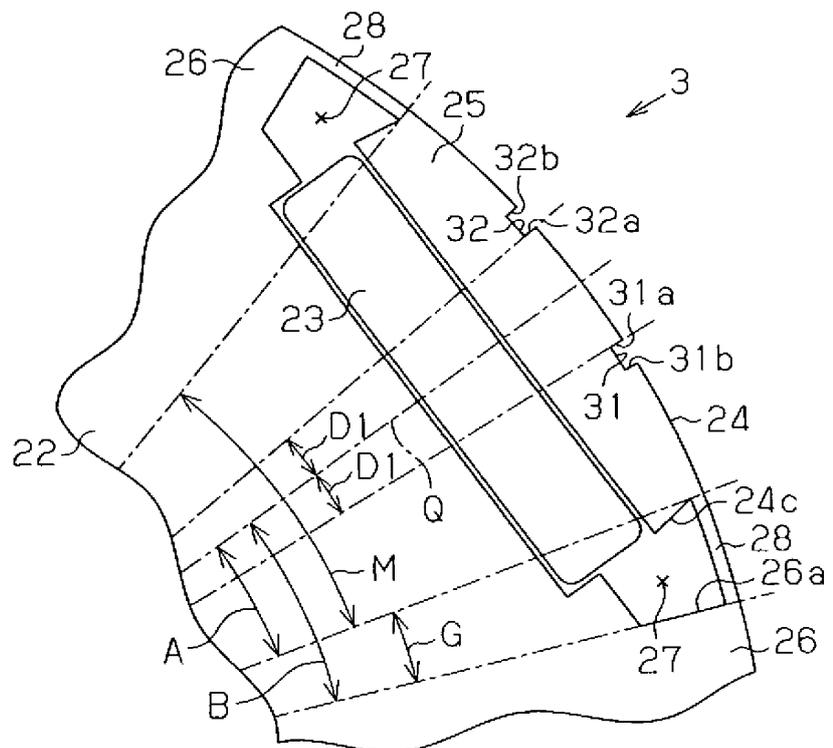
**Fig.13**



**Fig.14A**

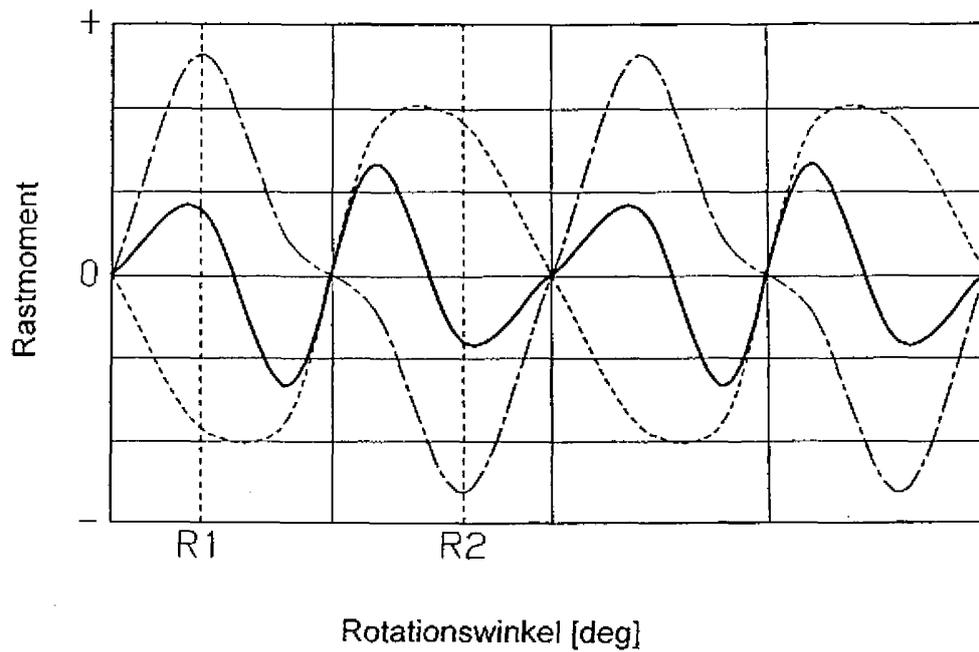


**Fig.14B**

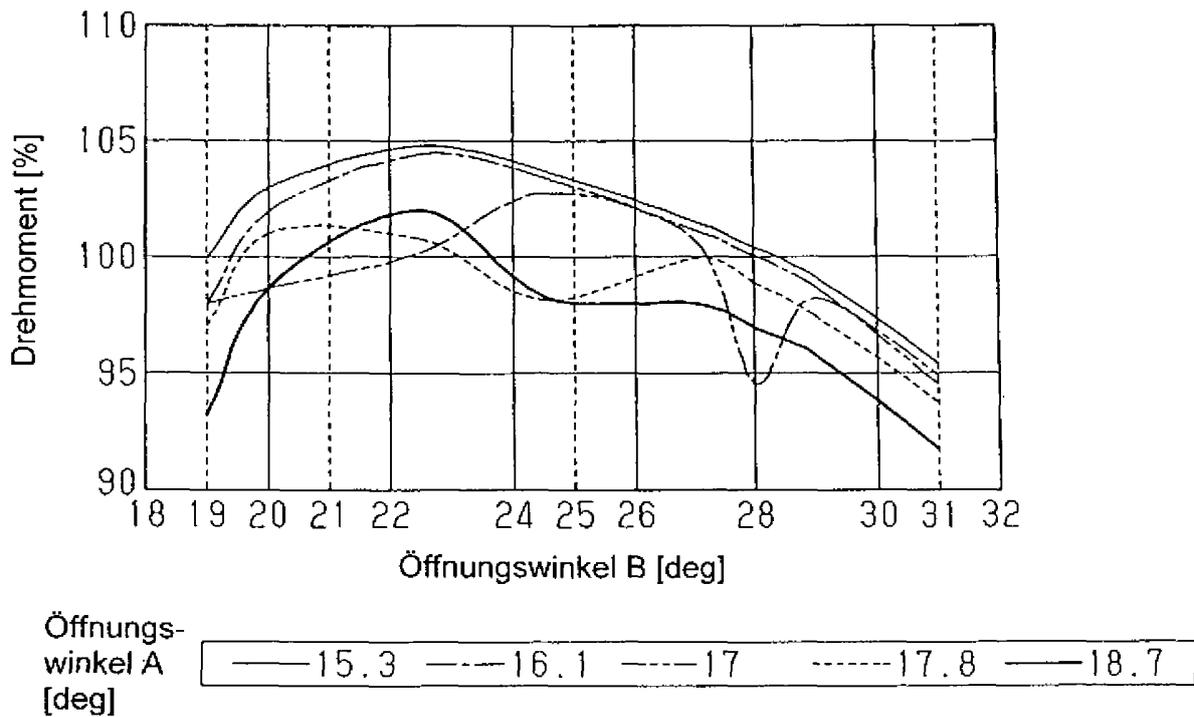




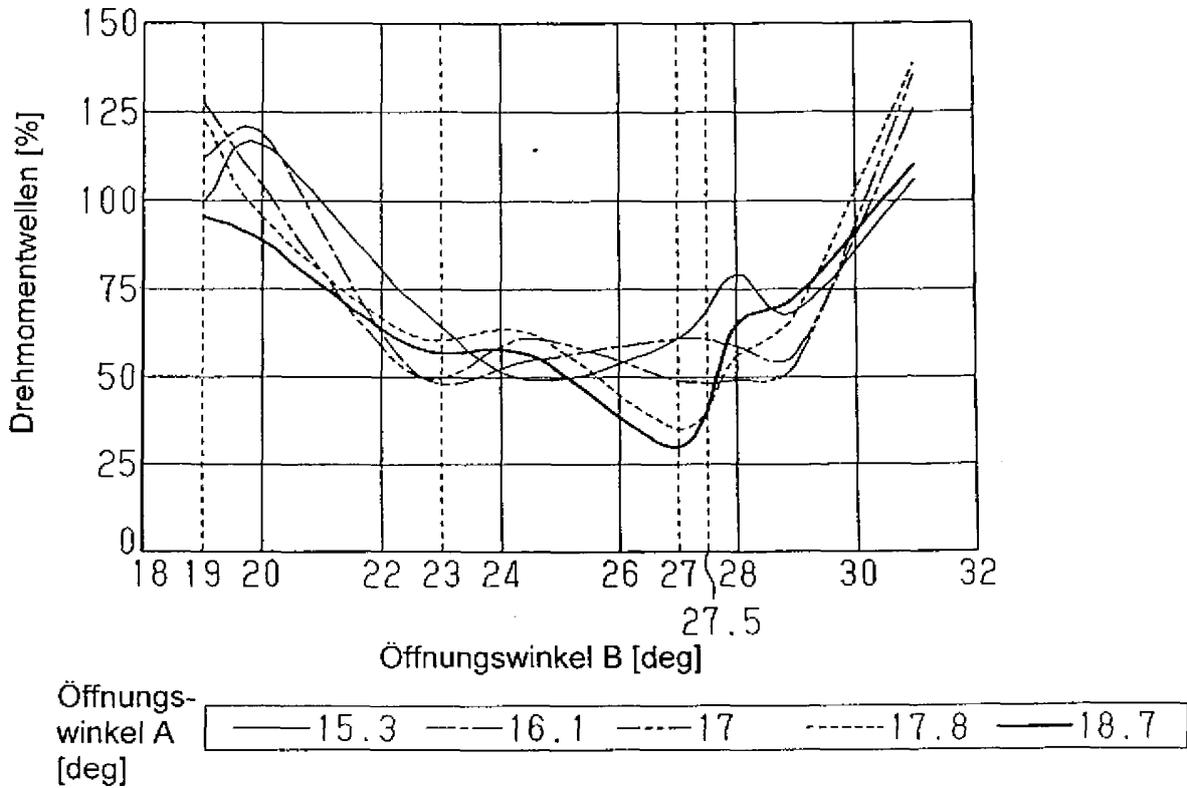
**Fig.16**



**Fig.17**



**Fig.18**



**Fig.19**

