



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/171544**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 006 819.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/008259**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.02.2020**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.09.2021**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **15.12.2022**

(51) Int Cl.: **H02K 3/51 (2006.01)**
H02K 3/28 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
Samata, Kohei, Tokyo, JP

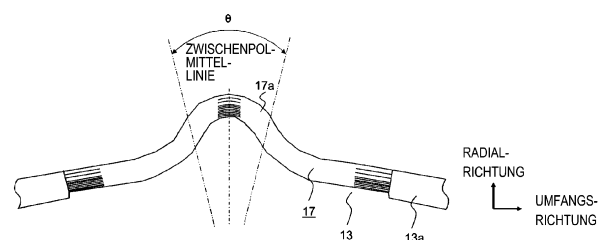
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ROTIERENDE ELEKTRISCHE MASCHINE**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung weist Folgendes auf: einen Haltering (5), der an einem Rotor (1) angebracht ist und eine Rotorspule (15) des Rotors (1) hält; und einen Zwischenpol-Verbindungsdraht (13), der Feldpole des Rotors (1) elektrisch miteinander verbindet, wobei der Zwischenpol-Verbindungsdraht (13) aus einem flexiblen Leiter (17), der durch Stapeln von elektrisch leitfähigen Metallplatten gebildet ist, und einem Metalldraht (13a) gebildet ist, der mit dem flexiblen Leiter (17) verbunden ist. In einem Fall, in dem der flexible Leiter (17) geteilt ist, im Hinblick auf Positionen in Radialrichtung von seinen Metallplatten, ist bei der Hälfte der Anzahl sämtlicher gestapelter Metallplatten der Durchschnittswert der Plattendicken der Metallplatten, die auf der Innenschicht-Seite angeordnet sind, kleiner vorgegeben als der Durchschnittswert der Plattendicken der Metallplatten, die auf der Außenschicht-Seite angeordnet sind.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine rotierende elektrische Maschine.

Stand der Technik

[0002] Eine rotierende elektrische Maschine, wie z. B. ein elektrischer Turbinengenerator, hat einen Rotor und einen Stator. Eine Feldwicklung ist auf den Rotor gewickelt. Wenn veranlasst wird, dass ein Strom durch die Feldwicklung fließt, und der Rotor mittels der Energie einer Kraftmaschine rotiert, wird ein rotierendes Magnetfeld erzeugt. Demzufolge wird ein Ausgangsstrom in einer Statorwicklung erzeugt. Der Rotor hat üblicherweise zwei oder vier Feldpole, und die Pole sind miteinander mittels eines Zwischenpol-Verbindungsdrahts verbunden, der an einem Rotor-Endbereich angebracht ist.

[0003] Der Zwischenpol-Verbindungsdraht hat eine Ringform und hat einen flexiblen Leiter in einem Zwischenpol-Mittelbereich. Der flexible Leiter hat eine Struktur, bei der eine Mehrzahl von Kupferplatten, die die gleiche Dicke haben und jede eine gekrümmte Form hat, gestapelt sind, und der flexible Leiter ist flexibel. Beide Enden des flexiblen Leiters sind mit dem Zwischenpol-Verbindungsdraht durch Hartlötungen verbunden. Die radiale Außenseite von jedem von dem Zwischenpol-Verbindungsdraht und dem flexiblen Leiter ist mit einem ringförmigen Haltering bedeckt, der auf den Rotor-Endbereich schrumpfgepasst ist. Ein Isolierblock ist zwischen den Halteringen und den jeweiligen von dem Zwischenpol-Verbindungsdraht und dem flexiblen Leiter eingefügt.

[0004] Bei der vorstehend angegebenen, rotierenden elektrischen Maschine wird der Ringradius des Halterings durch die Zentrifugalkraft während der Rotation erhöht, und der Isolierblock bewegt sich zur radialen Außenseite. Einhergehend mit dieser Bewegung hat der Zwischenpol-Verbindungsdraht einen vergrößerten Ringradius, so dass er dem Isolierblock folgt, und der flexible Leiter absorbiert die Ausdehnung in Umfangsrichtung. Infolge der Expansion in Umfangsrichtung wird ein Biegemoment an einem Zentralbereich des flexiblen Leiters erzeugt.

[0005] Infolge des Biegemoments werden Biegebelastungen an einem Zentralbereich jeder Schicht des flexiblen Leiters erzeugt, so dass eine Zugspannung auf der radialen Innenseite und eine Kompression auf der radialen Außenseite hervorgerufen werden. In diesem Fall werden die Biegebelastungen in Richtung auf die Innenschicht-Seite zu intensiviert, auf der die Krümmung hoch ist, und die maximale Belastung

wird am Zentralbereich der innersten Schicht erzeugt.

[0006] Wenn die maximale Belastung übermäßig groß wird, führen wiederholtes Aktivieren und Anhalten zu der Möglichkeit, dass im Extremfall ein Ermüdungsbruch auftritt.

[0007] Um das Auftreten einer solchen Folge zu verhindern, hat man eine herkömmliche rotierende elektrische Maschine vorgeschlagen, bei der ein Verformungs-Verhinderungselement in Kontakt mit einem flexiblen Leiter steht, so dass eine Belastung, die in einem Zentralbereich des flexiblen Leiters ausgeübt wird, verringert wird (Patentdokument 1). Außerdem gibt es als ein weiteres Beispiel eine Konfiguration, bei der ein flexibler Leiter so vorgegeben ist, dass er eine große Länge in dessen Radialrichtung hat, so dass eine Belastung, die in einem Zentralbereich des flexiblen Leiters ausgeübt wird, verringert wird (Patentdokument 2).

Literaturverzeichnis

Patentdokument

Patentdokument 1: Japanische Offenlegungspatentveröffentlichung Nr. 62-104446 (Seite 2, Zeilen 37 bis 42, **Fig. 2**)

Patentdokument 2: Japanische veröffentlichte geprüfte Anmeldung Nr. 62-031577 (Seite 2, Zeilen 48 bis 57, **Fig. 8**)

Zusammenfassung der Erfindung

Mit der Erfindung zu lösende Probleme

[0008] Bei solchen rotierenden elektrischen Maschine wird ein Hinzufügen eines Teils oder eine Änderung der Form des flexiblen Leiters durchgeführt, um die maximalen Belastungen zu verringern, die auf den flexiblen Leiter ausgeübt werden. Dies führt jedoch zur mangelnden Fähigkeit, einen herkömmlichen Lüftungspfad beizubehalten. Demzufolge wird die Kühlung behindert, und der Wirkungsgrad der elektrischen Erzeugung wird verringert. Außerdem sind diese Maßnahmen nicht auf den Fall anwendbar, wo es eine Beschränkung des Raums in der Umgebung des flexiblen Leiters gibt.

[0009] Die vorliegende Erfindung wurde konzipiert, um die obigen Nachteile zu beseitigen, und daher ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Festigkeits-Zuverlässigkeit zu verbessern, indem die maximalen Belastungen verringert werden, die auf einen flexiblen Leiter ausgeübt werden, während ein Kühlvermögen beibehalten wird, das äquivalent zu demjenigen in einer herkömmlichen Konfiguration ist, ohne den Raum zu ändern, der für den flexiblen Leiter vorgesehen ist.

Lösung der Probleme

[0010] Eine rotierende elektrische Maschine gemäß der vorliegenden Erfindung weist Folgendes auf:

- einen Haltering, der an einem Rotor angebracht ist und eine Rotorspule des Rotors hält; und
- einen Zwischenpol-Verbindungsdraht, der Feldpole des Rotors elektrisch miteinander verbindet, wobei der Zwischenpol-Verbindungsdraht aus Folgendem gebildet ist:

einem flexiblen Leiter, der gebildet ist durch Stapeln von elektrisch leitfähigen Metallplatten, und

einem Metalldraht, der mit dem flexiblen Leiter verbunden ist, wobei

in einem Fall, in dem der flexible Leiter im Hinblick auf Anordnungsposition in Radialrichtung der Metallplatten davon in zwei Seiten geteilt ist, die eine Innenschicht-Seite und eine Außenschicht-Seite sind,

die eine der Metallplatten, die im Zentrum in Radialrichtung angeordnet ist, zur Zeit der Teilung in die Innenschicht-Seite und die Außenschicht-Seite nur dann ausgeschlossen ist, wenn die Anzahl sämtlicher gestapelter Metallplatten eine ungerade Zahl ist, und

der Durchschnittswert der Plattendicken der jeweiligen Metallplatten, die auf der Innenschicht-Seite angeordnet sind, so vorgegeben ist, dass er kleiner ist als der Durchschnittswert der Plattendicken der jeweiligen Metallplatten, die auf der Außenschicht-Seite angeordnet sind.

Wirkung der Erfindung

[0011] Die rotierende elektrische Maschine gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglicht es, eine Verbesserung der Stabilitäts-Zuverlässigkeit oder Festigkeits-Zuverlässigkeit zu verwirklichen, indem die maximalen Belastungen verringert werden, die auf den flexiblen Leiter ausgeübt werden, während ein Kühlvermögen beibehalten wird, das äquivalent zu demjenigen in einer herkömmlichen Konfiguration ist, ohne den Raum zu ändern, der für den flexiblen Leiter vorgesehen ist.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht eines elektrischen Generators gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 2(a) und **Fig. 2(b)** sind Querschnittsansichten jeweils zum Erläutern der Struktur eines Rotor-Endbereichs in **Fig. 1**.

Fig. 3 ist eine vergrößerte schematische Ansicht eines axialen Querschnitts des Rotor-Endbereichs in **Fig. 2(a)** und **Fig. 2(b)**.

Fig. 4 ist eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs (Bereich B) einer Ebene, die senkrecht zur Achse des Rotor-Endbereichs in **Fig. 2(a)** und **Fig. 2(b)** ist.

Fig. 5 ist ein Diagramm zum Erläutern eines verformten Zustands eines flexiblen Leiters.

Fig. 6 ist eine Vorderansicht eines flexiblen Leiters bei der Ausführungsform 1.

Fig. 7 ist eine Vorderansicht eines flexiblen Leiters bei der Ausführungsform 2.

Fig. 8 ist eine Vorderansicht eines flexiblen Leiters bei der Ausführungsform 3.

Fig. 9 ist eine Vorderansicht eines flexiblen Leiters bei der Ausführungsform 4.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0012] Die vorliegende Erfindung betrifft eine rotierende elektrische Maschine (beispielsweise einen elektrischen Turbinengenerator), und sie betrifft eine rotierende elektrische Maschine, die einen Zwischenpol-Verbindungsdraht aufweist, der die Pole einer Feldwicklung elektrisch miteinander verbindet. Nachfolgend werden Ausführungsformen, die sich auf die rotierende elektrische Maschine beziehen, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

Ausführungsform 1

[0013] **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht, die die Gesamtkonfiguration eines elektrischen Generators gemäß Ausführungsform 1 zeigt. In **Fig. 1** weist ein Rotor 1 eine Rotorwelle 2 und einen Rotorkörper 3 auf, der an der Rotorwelle 2 angeordnet ist. Der Rotorkörper 3 weist einen Rotorkern 4, eine Mehrzahl von Rotorspulen (nicht dargestellt) und ein Paar von Halterungen 5 auf. Eine Mehrzahl von Rotornuten (nicht dargestellt) sind im Rotorkern 4 angeordnet. Die Rotorspulen sind in den Rotornuten angeordnet. Die Halterungen 5 schließen beide Endbereiche des Rotorkerns 4 ein und halten die Rotorspulen.

[0014] Hier geht der Rotor 1 in einen Elektromagneten über, indem er veranlasst, dass ein Feldstrom durch die Rotorspulen fließt, und er wird von einer Kraftmaschine drehend angetrieben, die mit der Rotorwelle 2 verbunden ist. Demzufolge fließt ein Ausgangsstrom durch eine Statorspule. Indem der Ausgangsstrom extrahiert wird, wird die elektrische Energieerzeugung durchgeführt.

[0015] Die Rotorwelle 2 wird drehbar von einem Rahmenelement 6 gehalten. Ein Paar gaszuführende Gebläse 7 sind auf der Rotorwelle 2 angeordnet. Die gaszuführenden Gebläse 7 sind so angeordnet, dass sie den jeweiligen Halteringen 5 an beiden Endbereichen in Axialrichtung des Rotorkörpers 3 gegenüberliegen. Die gaszuführenden Gebläse 7 rotieren integral mit der Rotorwelle 2.

[0016] Außerdem ist ein Stator 8 innerhalb des Rahmenelements 6 angeordnet. Der Stator 8 weist einen zylindrischen Stator Kern 9 und eine Mehrzahl von Statorspulen 10 auf, die am Stator Kern 9 angeordnet sind. Der Stator 8 ist so angeordnet, dass er den Rotorkern 4 umschließt. Hier liegt die Inneumfangsfläche des Stators 8 der Außenumfangsfläche des Rotors 1 gegenüber.

[0017] Kühlgas 11 ist im Rahmenelement 6 eingeschlossen. Als Kühlgas 11 wird beispielsweise Wasserstoff oder Luft verwendet. Ein Gaskühler 12 ist auf der radialen Außenseite des Stators 8 im Rahmenelement 6 angeordnet. Wenn der Rotor 1 rotiert, so rotieren die gaszuführenden Gebläse 7, so dass das Kühlgas 11 im Rahmenelement 6 zirkuliert wird. Demzufolge wird jedes Element innerhalb des Rahmenelements 6 gekühlt.

[0018] In einem Kühlverfahren vom Rotor-Radialbelüftungstyp, das in **Fig. 1** gezeigt ist, wird das Kühlgas 11 mittels der gaszuführenden Gebläse 7 zugeführt und geht durch den Rotorkörper 3 und den Stator 8, so dass es eine hohe Temperatur erhält. Danach geht das Kühlgas 11 durch den Gaskühler 12, so dass es eine niedrige Temperatur aufweist. Dann kehrt das Kühlgas 11 zu den gaszuführenden Gebläsen 7 zurück.

[0019] **Fig. 2(a)** ist eine Querschnittsansicht, die die Konfiguration eines Rotor-Endbereichs des elektrischen Generators gemäß Ausführungsform 1 zeigt. **Fig. 2(b)** ist eine Querschnittsansicht bei A - A in **Fig. 2(a)**. **Fig. 3** ist eine vergrößerte schematische Ansicht von **Fig. 2(a)**. Wie in **Fig. 3** gezeigt, ist ein Haltering auf die Rotorwelle 2 schrumpfgepasst. Wie in **Fig. 2(a)** und **Fig. 3** gezeigt, ist ein Endring 16 intern auf einen maschinenaußenseitigen Endbereich des Halterings 5 gepasst und verhindert die Verformung der Maschinenaußenseite des Halterings 5.

[0020] Eine Rotorspule 15, ein Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und ein Isolierblock 14 sind auf der radialen Innenseite des Halterings 5 angeordnet. Der Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 ist auf einem radial-innenseitigen Bereich auf der Maschinenaußenseite des Halterings 5 des Rotor-Endbereichs angebracht. Der Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 dient dazu, die Pole des Rotors miteinander elektrisch zu verbinden. Die Anzahl von Polen des Rotors

beträgt zwei oder vier. Der Haltering 5 und der Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 sind voneinander mittels des Isolierblocks 14 isoliert.

[0021] Im Falle eines elektrischen Turbinengenerators (nachfolgend einfach kurz als elektrischer Generator bezeichnet) ist die Rotorwelle 2 des elektrischen Generators an ihren beiden Endbereichen jeweils mit einer Kraftmaschine und einem Erreger verbunden. In diesem Fall ist der obige Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 auf der radialen Innenseite des Halterings 5 des Rotor-Endbereichs angeordnet, der sich auf Seiten des Erregers befindet. Es sei angemerkt, dass die Anzahl von Zwischenpol-Verbindungsdrähten pro elektrischem Generator Eins beträgt und kein Zwischenpol-Verbindungsdraht auf der radialen Innenseite des Halterings angeordnet ist, der sich auf Seiten der Kraftmaschine befindet.

[0022] **Fig. 4** ist eine vergrößerte Querschnittsansicht des Rotor-Endbereichs im elektrischen Generator gemäß Ausführungsform 1 bei Betrachtung in dessen Axialrichtung. **Fig. 4** ist eine vergrößerte Ansicht vom Bereich B, der von einer unterbrochenen Linie eingeschlossen ist und der ein Bereich in **Fig. 2(b)** ist, wie oben beschrieben. Der Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 hat eine Ringform. In einem Zwischenpol-Mittelbereich 1a (einer Region innerhalb vom Bereich B, der mit der unterbrochenen Linie eingeschlossen ist, die in der obigen **Fig. 2(b)** gezeigt ist, wobei die Region Achsensymmetrie um eine Zwischenpol-Mittellinie erreicht, die in **Fig. 4** gezeigt ist (ein Bereich, der mit der Länge L bezeichnet ist und zwischen die zwei gepunkteten Linien in **Fig. 4** eingefügt ist), wobei die Region sowohl auf ihrer rechten Seite, als auch ihrer linken Seite über die Zwischenpol-Mittellinie hinweg Teile von Metalldrähten aufweist, die nachstehend beschrieben sind) des Rotors ist der Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 auf der Inneumfangsseite nahe der Rotorwelle angeordnet und weist einen flexiblen Leiter 17 und Metalldrähte 13a auf.

[0023] Wie vorstehend beschrieben, weist der Zwischenpol-Verbindungsdraht den flexiblen Leiter 17 im Zwischenpol-Mittelbereich 1a auf. Demzufolge weist der Zwischenpol-Verbindungsdraht den flexiblen Leiter an jeder von zwei Orten auf dessen Umfang auf.

[0024] Hierbei hat der flexible Leiter 17 eine Struktur, bei der eine Mehrzahl von Kupferplatten gestapelt sind, die jeweils elektrisch leitfähige Metallplatten mit einer gekrümmten Form sind, so dass sie zur radialen Außenseite des Rotors vorstehen, und der flexibler Leiter 17 weist Flexibilität auf. Für jede Kupferplatte wird beispielsweise ein zähgepoltes Kupfermaterial verwendet. Indessen ist jeder Metalldraht 13a ein einzelner elektrisch leitfähiger Draht

aus dem gleichen Material, ohne dass er eine gestapelte Struktur aufweist.

[0025] Es sei angemerkt, dass das Material des obigen flexiblen Leiters nicht auf eine Kupferlegierung beschränkt ist, die durch zähgepoltes Kupfer und dergleichen repräsentiert wird, und es braucht bloß ein elektrisch leitfähiges Material zu sein.

[0026] Ein gekrümmter Bereich des flexiblen Leiters 17 hat eine solche Form, dass er im Wesentlichen eine Links-Rechts-Symmetrie bezüglich der Zwischenpol-Mittellinie als Symmetrieachse besitzt (nachfolgend wird dieser Bereich als ein Form-Mittelbereich 17a bezeichnet und wird später detailliert beschrieben werden). Schichten des flexiblen Leiters 17, die in Radialrichtung aneinander grenzen, sind miteinander in Kontakt. An einer Kontaktfläche zwischen diesen sind ein Gleiten und eine Trennung erlaubt. Beide Endbereiche des flexiblen Leiters 17 sind an den Metalldrähten 13a durch Hartlöten oder Schweißen fixiert. Dies dient dazu, die Erzeugung von Belastungen während des Herstellungsvorgangs zu verhindern.

[0027] Obwohl vorstehend eine Beschreibung erfolgt ist, dass der flexible Leiter an jeder von zwei Orten vorhanden ist, kann der flexible Leiter auch nur an einem Ort vorhanden sein.

[0028] Wie in den Zeichnungen dargestellt, ist hier der Isolierblock 14 in Kontakt mit der radialen Außenseite von jedem von den Metalldrähten 13a und dem flexiblen Leiter 17 des Zwischenpol-Verbindungsdrahts. Die radiale Außenseite des Isolierblocks 14 ist von dem ringförmigen Haltering 5 bedeckt, der auf den Rotor-Endbereich schrumpfgepasst ist. Eine Mehrzahl der Isolierblöcke 14 ist in Umfangsrichtung angeordnet. Der Ringradius des obigen Halterings 5 wird infolge der Zentrifugalkraft während der Rotation vergrößert.

[0029] Im Zusammenhang mit dieser Vergrößerung bewegt sich die Mehrzahl von Isolierblöcken 14, die in der Umfangsrichtung zwischen dem Haltering 5 und dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 angeordnet sind, zur radialen Außenseite. Zu dieser Zeit hat der Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 einen vergrößerten Ringradius, so dass er der radialen Innenfläche des Isolierblocks 14 folgt, aber der flexible Leiter 17, der eine Flexibilität aufweist, absorbiert die Ausdehnung in der Umfangsrichtung der Metalldrähte 13a.

[0030] Fig. 5 ist ein Diagramm zum Erläutern eines verformten Zustands eines flexiblen Leiters. Wenn der flexible Leiter eine Struktur hat, bei der Kupferplatten mit Plattendicken, die zueinander gleich sind, gestapelt sind, wie in dieser Zeichnung gezeigt, werden beide Endbereiche des flexiblen Leiters jeweils

in Umfangsrichtung um δ während der Rotation des Rotors verlagert, wie in der Zeichnung gezeigt. Demzufolge wird ein Biegemoment M auf dem Form-Mittelbereich 17a (einer Region, die mit einem Winkel Θ angegeben ist und zwischen die zwei gestrichelten Linien mit abwechselnd langen und zwei kurzen Strichen in der Zeichnung eingefügt ist; die Krümmungen der jeweiligen Schichten sind mit dem gleichen Bezugszeichen in der Region bezeichnet; die Krümmungen, die hier erwähnt werden, beziehen sich auf eine vorzeichenbehaftete Krümmung; und das gleiche gilt unten) jeder Schicht des flexiblen Leiters erzeugt, der mit einer vorspringen Form ausgebildet ist und der die Zwischenpol-Mittellinie aufweist.

[0031] Infolge dieses Biegemoments M wird an einem oberen Bereich (einer Region, die die Zwischenpol-Mittellinie einschließt und sich nahe der Zwischenpol-Mittellinie befindet; und das gleiche gilt unten) jeder Schicht des flexiblen Leiters eine Biegebeanspruchung erzeugt, so dass eine Zugspannung auf der radialen Innenseite hervorgerufen wird, und eine Biegebeanspruchung wird erzeugt, so dass eine Kompression auf der radialen Außenseite hervorgerufen wird. Die Schicht, die als Ergebnis der Biegebelastungen die größten Belastungen an ihrem oberen Bereich aufnimmt, von sämtlichen Schichten des flexiblen Leiters ist die am weitesten innenliegende Schicht, die die größte Krümmung aufweist.

[0032] Fig. 6 ist eine Vorderansicht, die ein Beispiel der Konfiguration des flexiblen Leiters 17 bei der Ausführungsform 1 zeigt. In einem Fall, in dem der flexible Leiter 17 bei der Ausführungsform 1 bei der Hälfte sämtlicher gestapelter Schichten in die Innenschicht-Seite und die Außenschicht-Seite geteilt wird, ist der Durchschnittswert der Plattendicken der Schichten auf der Innenschicht-Seite kleiner als der Durchschnittswert der Plattendicken der Schichten auf der Außenschicht-Seite.

[0033] Es sei Folgendes angemerkt: Falls die Anzahl sämtlicher gestapelter Schichten des flexiblen Leiters eine ungerade Zahl ist, wird die zentrale Schicht ausgenommen. Dann werden die Schichten, die sich auf der radialen Innenseite relativ zur zentralen Schicht befinden, als Schichten auf der Innenschicht-Seite angesehen, und die Schichten, die sich auf der radialen Außenseite relativ zur zentralen Schicht befinden, werden als Schichten auf der Außenschicht-Seite angesehen. Dann werden die Durchschnittswerte der Plattendicken der jeweiligen Seiten von Schichten miteinander verglichen. In diesem Fall beträgt die Anzahl von Schichten, die den flexiblen Leiter 17 bilden, zwei oder mehr. Hier beträgt die Anzahl von Typen der Plattendicken der Schichten, die den flexiblen Leiter 17 bilden, zwei oder mehr. Die Plattendicke des gesamten flexiblen Leiters ist in der Umfangsrichtung eben bzw. gleichmäßig. Die Plattenbreite in Axialrichtung des flexib-

len Leiters 17 ist gleich derjenigen eines herkömmlichen flexiblen Leiters, und die Leiter-Querschnittsfläche des flexiblen Leiters 17 ist ebenfalls gleich derjenigen des herkömmlichen flexiblen Leiters.

[0034] Die Rotorwelle (nicht dargestellt) ist auf der radialen Innenseite des Zwischenpol-Verbindungsdrahts 13 angeordnet (der aus den Metalldrähten 13a und dem flexiblen Leiter 17 gebildet ist). Ein Spalt befindet sich zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle. Auf ähnliche Weise befindet sich ein Spalt auch zwischen dem Form-Mittelbereich des flexiblen Leiters 17 und der Rotorwelle. Durch den Spalt zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle wird das Kühlgas von der Maschinenaußenseite in Richtung der Maschineninnenseite mittels Belüftung-Lüftern während des Betriebs der rotierenden elektrischen Maschine zugeführt.

[0035] In einem solchen elektrischen Generator ermöglicht die Wirkung des Kühlgases, die sich durch die Belüftung zeigt, die Festigkeits-Zuverlässigkeit zu verbessern, indem die maximalen Belastungen verringert werden, die auf den flexiblen Leiter ausgeübt werden, und zwar im Vergleich zur herkömmlichen Konfiguration, während ein Kühlvermögen beibehalten wird, das äquivalent demjenigen in der herkömmlichen Konfiguration ist, ohne dass der Raum verändert wird, der für den flexiblen Leiter bereitgestellt wird.

Ausführungsform 2

[0036] Fig. 7 ist eine Vorderansicht, die ein Beispiel einer Konfiguration eines flexiblen Leiters 17 in einem elektrischen Generator gemäß Ausführungsform 2 zeigt. Wie in der Zeichnung gezeigt, hat der flexible Leiter 17 bei der Ausführungsform 2 eine Plattendicke, die von der Außenschicht-Seite in Richtung der Innenschicht-Seite allmählich abnimmt. Hier beträgt die Anzahl von Schichten, die den flexiblen Leiter 17 bilden, zwei oder mehr. Die Anzahl der Typen von Plattendicken der Schichten, die den flexiblen Leiter 17 bilden, ist gleich der Anzahl sämtlicher gestapelter Schichten. Die Plattendicke des gesamten flexiblen Leiters ist in der Umfangsrichtung eben bzw. gleichmäßig.

[0037] Es sei angemerkt, dass die übrigen Komponenten die gleichen wie diejenigen bei der Ausführungsform 1 sind. Es sei Folgendes angemerkt: Die Plattenbreite in Axialrichtung des flexiblen Leiters 17 ist gleich derjenigen eines herkömmlichen flexiblen Leiters, und die Leiter-Querschnittsfläche des flexiblen Leiters 17 ist ebenfalls gleich derjenigen des herkömmlichen flexiblen Leiters.

[0038] Ein Spalt befindet sich zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle.

Auf ähnliche Weise befindet sich ein Spalt auch zwischen dem Vorsprungsform-Bereich des flexiblen Leiters 17 und der Rotorwelle. Durch den Spalt zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle wird hier das Kühlgas von der Maschinenaußenseite in Richtung der Maschineninnenseite mittels Belüftung-Lüftern während des Betriebs der rotierenden elektrischen Maschine zugeführt.

[0039] Der flexible Leiter 17 hat eine Struktur, bei der eine Mehrzahl von Kupferplatten gestapelt sind, die jeweils elektrisch leitfähige Metallplatten mit einer gekrümmten Form sind, so dass sie zur radialen Außenseite des Rotors vorstehen, und der flexibler Leiter 17 weist Flexibilität auf. Für jede Kupferplatte wird beispielsweise ein zähgepoltes Kupfermaterial verwendet. Indessen hat der Metalldraht 13a keine gestapelte Struktur, sondern er ist ein Draht in einstückiger Form, im Gegensatz zum flexiblen Leiter.

[0040] Es sei angemerkt, dass das Material des obigen flexiblen Leiters 17 nicht auf eine Kupferlegierung wie das obige zähgepolte Kupfer beschränkt ist, und es braucht bloß ein elektrisch leitfähiges Material zu sein. Das gleiche gilt auch für das Material des Metalldrahts.

[0041] Der flexibler Leiter 17 hat - an seinem Form-Mittelbereich, der durch den Winkel Θ in der Zeichnung angegeben ist - eine Form, die so gekrümmt ist, dass sie zur radialen Außenseite vorsteht. Der flexibler Leiter 17 besitzt im Wesentlichen eine Links-Rechts-Symmetrie bezüglich der Zwischenpol-Mittellinie als Symmetrieachse. Schichten des flexiblen Leiters 17 die in Radialrichtung aneinander grenzen, sind hier miteinander in Kontakt. An einer Kontaktfläche zwischen diesen sind ein Gleiten und eine Trennung erlaubt.

[0042] Beide Endbereiche des flexiblen Leiters 17 sind an den Metalldrähten 13a des Zwischenpol-Verbindungsdrahts 13 durch Hartlöten oder Schweißen fixiert. Dies dient dazu, die Erzeugung von Belastungen während des Herstellungsvorgangs zu verhindern.

[0043] In einem solchen elektrischen Generator ermöglicht die Wirkung des Kühlgases, die sich durch die Belüftung zeigt, die Festigkeits-Zuverlässigkeit zu verbessern, indem die maximalen Belastungen verringert werden, die auf den flexiblen Leiter ausgeübt werden, und zwar im Vergleich zur herkömmlichen Konfiguration, während ein Kühlvermögen beibehalten wird, das äquivalent demjenigen in der herkömmlichen Konfiguration ist, ohne dass der Raum verändert wird, der für den flexiblen Leiter bereitgestellt wird.

Ausführungsform 3

[0044] Fig. 8 ist eine Vorderansicht, die eine Konfiguration eines flexiblen Leiters 17 in einem elektrischen Generator gemäß Ausführungsform 3 zeigt. In einem Fall, in dem der flexible Leiter 17 bei der Ausführungsform 3 bei der Hälfte sämtlicher gestapelter Schichten in die Innenschicht-Seite und die Außenschicht-Seite geteilt wird, hat der flexible Leiter 17 an seinem Form-Mittelbereich 17a eine Region, in der der Durchschnittswert der Plattendicken der Schichten auf der Innenschicht-Seite kleiner ist als der Durchschnittswert der Plattendicken der Schichten auf der Außenschicht-Seite. Beispielsweise entspricht der obere Bereich inklusive der Zwischenpol-Mittellinie der Region.

[0045] Es sei Folgendes angemerkt: Falls die Anzahl sämtlicher gestapelter Schichten des flexiblen Leiters eine ungerade Zahl ist, wird die zentrale Schicht ausgenommen. Dann werden die Schichten, die sich auf der radialen Innenseite relativ zur zentralen Schicht befinden, als Schichten auf der Innenschicht-Seite angesehen, und die Schichten, die sich auf der radialen Außenseite relativ zur zentralen Schicht befinden, werden als Schichten auf der Außenschicht-Seite angesehen.

[0046] Dann werden die Durchschnittswerte der Plattendicken auf den jeweiligen Seiten von Schichten miteinander verglichen. In diesem Fall sind Kupferplatten mit Plattendicken, die zueinander gleich sind, an dem Bereich gestapelt, der von dem Form-Mittelbereich 17a verschieden ist. Hier wird die Plattendicke jeder Metallplatte am Form-Mittelbereich des flexiblen Leiters kontinuierlich von der Zwischenpol-Mittellinie in Richtung der Endbereiche geändert, die periphere Bereiche (des Form-Mittelbereichs) sind.

[0047] Der flexible Leiter 17 hat eine Form, die im Wesentlichen eine Links-Rechts-Symmetrie bezüglich der Zwischenpol-Mittellinie als Symmetrieachse besitzt. Die Anzahl von Schichten, die den flexiblen Leiter 17 bilden, beträgt zwei oder mehr. Die Anzahl von Typen von Plattendicken am oberen Bereich der jeweiligen Schichten des flexiblen Leiters 17 beträgt zwei oder mehr. Es sei Folgendes angemerkt: Die Plattendicke des gesamten flexiblen Leiters ist in der Umfangsrichtung eben bzw. gleichmäßig. Die übrigen Komponenten sind die gleichen wie diejenigen bei der Ausführungsform 1. Die Plattenbreite in Axialrichtung des flexiblen Leiters 17 ist gleich derjenigen eines herkömmlichen flexiblen Leiters, und die Leiter-Querschnittsfläche des flexiblen Leiters 17 ist ebenfalls gleich derjenigen des herkömmlichen flexiblen Leiters.

[0048] Auch im elektrischen Generator gemäß der vorliegenden Ausführungsform gilt Folgendes: Ein

Spalt befindet sich zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle (nicht dargestellt). Auf ähnliche Weise befindet sich ein Spalt auch zwischen dem Form-Mittelbereich 17a des flexiblen Leiters 17 und der Rotorwelle. Durch den Spalt zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle wird hier das Kühlgas von der Maschinenaußenseite in Richtung der Maschineninnenseite mittels Belüftung-Lüftern während des Betriebs der rotierenden elektrischen Maschine zugeführt.

[0049] Der flexible Leiter 17 hat auch hier eine Struktur, bei der eine Mehrzahl von Kupferplatten gestapelt sind, die jeweils elektrisch leitfähige Metallplatten mit einer gekrümmten Form sind, so dass sie zur radialen Außenseite des Rotors vorstehen, und der flexible Leiter 17 weist Flexibilität auf. Für jede Kupferplatte wird beispielsweise ein zähgepoltes Kupfermaterial verwendet. Der flexible Leiter ist an jedem peripheren Bereich davon mit dem entsprechenden Metalldraht verbunden, der nicht eine gestapelte Struktur aufweist, sondern der ein einzelner (dicker) Draht ist. Sowohl der flexible Leiter, als auch der Metalldraht bilden den Zwischenpol-Verbindungsdraht 13.

[0050] Es sei angemerkt, dass die Strukturen, Komponenten und Materialien im flexiblen Leiter 3 mit Ausnahme derjenigen, die vorstehend beschrieben sind, die gleichen sind wie diejenigen bei der Ausführungsform 1 oder der Ausführungsform 2, und demzufolge wird deren Beschreibung hier weggelassen.

[0051] Auch bei dem elektrischen Generator, der, wie vorstehend beschrieben, konfiguriert ist, ermöglicht die Wirkung des Kühlgases, die sich durch Belüftung zeigt, dass die Festigkeits-Zuverlässigkeit verbessert wird, indem die maximale Belastung, die auf den flexiblen Leiter ausgeübt wird, verglichen mit der herkömmlichen Konfiguration verringert wird, während ein Kühlvermögen beibehalten wird, das äquivalent demjenigen in der herkömmlichen Konfiguration ist, ohne dass der Raum verändert wird, der für den flexiblen Leiter zur Verfügung gestellt wird.

Ausführungsform 4

[0052] Fig. 9 ist eine Vorderansicht, die eine Konfiguration eines flexiblen Leiters 17 in einem elektrischen Generator gemäß Ausführungsform 4 zeigt. Der flexible Leiter 17 bei der Ausführungsform 4 hat am oberen Bereich des Form-Mittelbereichs, der in vorspringender Form gekrümmt ist, eine Plattendicke, die allmählich von der Außenschicht-Seite in Richtung der Innenschicht-Seite abnimmt. Kupferplatten mit Plattendicken, die zueinander gleich sind, sind an dem Bereich gestapelt, der von dem Form-Mittelbereich des flexiblen Leiters 17 verschieden ist. Die Plattendicke jeder Schicht des flexiblen

Leiters 17 ändert sich kontinuierlich vom oberen Bereich, der in vorspringender Form gekrümmt ist, in Richtung der Enden des Form-Mittelbereichs. Hier beträgt die Anzahl von Schichten, die den flexiblen Leiter 17 bilden, zwei oder mehr.

[0053] Die Anzahl der Typen von Plattendicken der Schichten am oberen Bereichs jeder Schicht des flexiblen Leiters 17 ist gleich der Anzahl sämtlicher gestapelter Schichten. Es sei Folgendes angemerkt: Die Plattendicke des gesamten flexiblen Leiters ist in der Umfangsrichtung eben bzw. gleichmäßig. Die übrigen Komponenten sind die gleichen wie diejenigen bei der Ausführungsform 1. Die Plattenbreite in Axialrichtung des flexiblen Leiters 17 ist gleich derjenigen eines herkömmlichen flexiblen Leiters, und die Leiter-Querschnittsfläche des flexiblen Leiters 17 ist ebenfalls gleich derjenigen des herkömmlichen flexiblen Leiters.

[0054] Ein Spalt befindet sich zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle (nicht dargestellt). Auf ähnliche Weise befindet sich ein Spalt auch zwischen dem Form-Mittelbereich 17a des flexiblen Leiters 17 und der Rotorwelle. Durch den Spalt zwischen dem Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 und der Rotorwelle wird das Kühlgas von der Maschinenaußenseite in Richtung der Maschineninnenseite mittels Belüftung-Lüftern während des Betriebs der rotierenden elektrischen Maschine zugeführt.

[0055] Schichten des flexiblen Leiters 17, die in Radialrichtung aneinander grenzen, sind miteinander in Kontakt. An einer Kontaktfläche zwischen diesen sind ein Gleiten und eine Trennung erlaubt. Beide Endbereiche des flexiblen Leiters 17 sind am Zwischenpol-Verbindungsdraht 13 durch Hartlöten oder Schweißen fixiert. Dies dient dazu, die Erzeugung von Belastungen während des Herstellungsvorgangs zu verhindern.

[0056] Bei dem elektrischen Generator gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Strukturen und Materialien des flexiblen Leiters 17 mit Ausnahme derjenigen, die vorstehend beschrieben sind, die gleichen wie diejenigen in den übrigen Ausführungsformen.

[0057] Auch bei dem elektrischen Generator, der, wie vorstehend beschrieben, konfiguriert ist, ermöglicht die Wirkung des Kühlgases, die sich durch Belüftung zeigt, dass die Festigkeits-Zuverlässigkeit verbessert wird, indem die maximale Belastung, die auf den flexiblen Leiter ausgeübt wird, verglichen mit der herkömmlichen Konfiguration verringert wird, während ein Kühlvermögen beibehalten wird, das äquivalent demjenigen in der herkömmlichen Konfiguration ist, ohne dass der Raum verändert wird, der für den flexiblen Leiter bereitgestellt wird.

[0058] Bei den obigen Ausführungsformen führt eine größere Anzahl von Kupferplatten, die den flexiblen Leiter bilden, zu einer größeren Oberfläche, in der die Wärmeübertragung auf das und von dem Kühlgas auftritt, und zwar pro Leiter-Querschnittsfläche, in dem der Strom fließt. Demzufolge wird die Wärmeerzeugung vom flexiblen Leiter verringert. Daher werden eine Verringerung der Zugfestigkeit und Ermüdungsfestigkeit der Materialien infolge eines Temperaturanstiegs unterbunden, so dass die Festigkeits-Zuverlässigkeit verbessert wird.

[0059] Außerdem hat eine Schicht, die die kleinste Plattendicke im flexiblen Leiter hat, der in jeder der obigen Ausführungsformen beschrieben ist, zumindest eine Plattendicke, bei der die Schicht nicht infolge ihres eigenen Gewichts oder der Zentrifugalkraft ausbeult.

[0060] Obwohl eine rotierende elektrische Maschine beschrieben ist, indem in den obigen Beispielen beispielhaft ein elektrischer Turbinengenerator genannt wird, ist die vorliegende Erfindung auch auf andere elektrische Generatoren und Elektromotoren anwendbar.

[0061] Obwohl die Erfindung vorstehend in Form von verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen und Implementierungen beschrieben ist, versteht es sich, dass die verschiedenen Merkmale, Aspekte und Funktionalitäten, die bei einer oder mehreren der einzelnen Ausführungsformen beschrieben sind, in deren Anwendbarkeit nicht auf die einzelne Ausführungsform beschränkt sind, bei der sie beschrieben sind, sondern stattdessen auch - allein oder in verschiedenen Kombinationen - auf eine oder mehrere Ausführungsformen der Offenbarung angewendet werden können.

[0062] Es versteht sich daher, dass zahlreiche Modifikationen verwendet werden können, die nicht beispielhaft genannt sind, ohne vom Umfang der Beschreibung der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise kann zumindest einer der Bestandteile modifiziert, hinzugefügt oder weggelassen werden. Zumindest einer der Bestandteile, die in zumindest einer der bevorzugten Ausführungsformen erwähnt ist, kann ausgewählt werden und mit den Bestandteilen kombiniert werden, die in einer anderen bevorzugten Ausführungsform erwähnt sind.

Bezugszeichenliste

1	Rotor
1a	Zwischenpol-Mittelbereich
2	Rotorwelle
3	Rotorkörper

4	Rotorkern
5	Haltering
6	Rahmenelement
7	gaszuführendes Gebläse
8	Stator
9	Stator kern
10	Statorspule
11	Kühlgas
12	Gaskühler
13	Zwischenpol-Verbindungsdraht
13a	Metalldraht
14	Isolierblock
15	Rotor spule
16	Endring
17	flexibler Leiter
17a	Form-Mittelbereich

3. Rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei der flexible Leiter so konfiguriert ist, dass die Plattendicke des gesamten flexiblen Leiters an jeder seiner Positionen in Umfangsrichtung in Axialrichtung die gleiche ist, und in einem Form-Mittelbereich, der ein Zentralbereich ist, der eine Zwischenpol-Mittellinie zwischen den Feldpolen des Rotors einschließt, der flexible Leiter eine Form hat, die zur Außenumfangsseite vorsteht, und der flexible Leiter eine Region, in der die Plattendicke allmählich von der Außenschicht-Seite in Richtung der Innenschicht-Seite abnimmt, und eine Region aufweist, in der sich die Plattendicke von jeder der gestapelten Metallplatten kontinuierlich in Umfangsrichtung ändert.

4. Rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 3, wobei die Plattendicke der Metallplatte so vorgegeben ist, dass sie in einem Bereich, der vom Form-Mittelbereich verschieden ist, eben ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Patentansprüche

1. Rotierende elektrische Maschine, die Folgendes aufweist

- einen Haltering, der an einem Rotor angebracht ist und eine Rotor spule des Rotors hält; und
- einen Zwischenpol-Verbindungsdraht, der Feldpole des Rotors elektrisch miteinander verbindet, wobei der Zwischenpol-Verbindungsdraht aus Folgendem gebildet ist:

einem flexiblen Leiter, der gebildet ist durch Stapeln von elektrisch leitfähigen Metallplatten, und einem Metalldraht, der mit dem flexiblen Leiter verbunden ist, wobei

in einem Fall, in dem der flexible Leiter im Hinblick auf Anordnungspositionen in Radialrichtung der Metallplatten davon in zwei Seiten geteilt ist, die eine Innenschicht-Seite und eine Außenschicht-Seite sind,

die eine der Metallplatten, die im Zentrum in Radialrichtung angeordnet ist, zur Zeit der Teilung in die Innenschicht-Seite und die Außenschicht-Seite nur dann ausgeschlossen ist, wenn die Anzahl sämtlicher gestapelter Metallplatten eine ungerade Zahl ist, und

der Durchschnittswert der Plattendicken der jeweiligen Metallplatten, die auf der Innenschicht-Seite angeordnet sind, so vorgegeben ist, dass er kleiner ist als der Durchschnittswert der Plattendicken der jeweiligen Metallplatten, die auf der Außenschicht-Seite angeordnet sind.

2. Rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei der flexible Leiter eine Plattendicke hat, die allmählich von der Außenschicht-Seite in Richtung der Innenschicht-Seite abnimmt.

Anhängende Zeichnungen

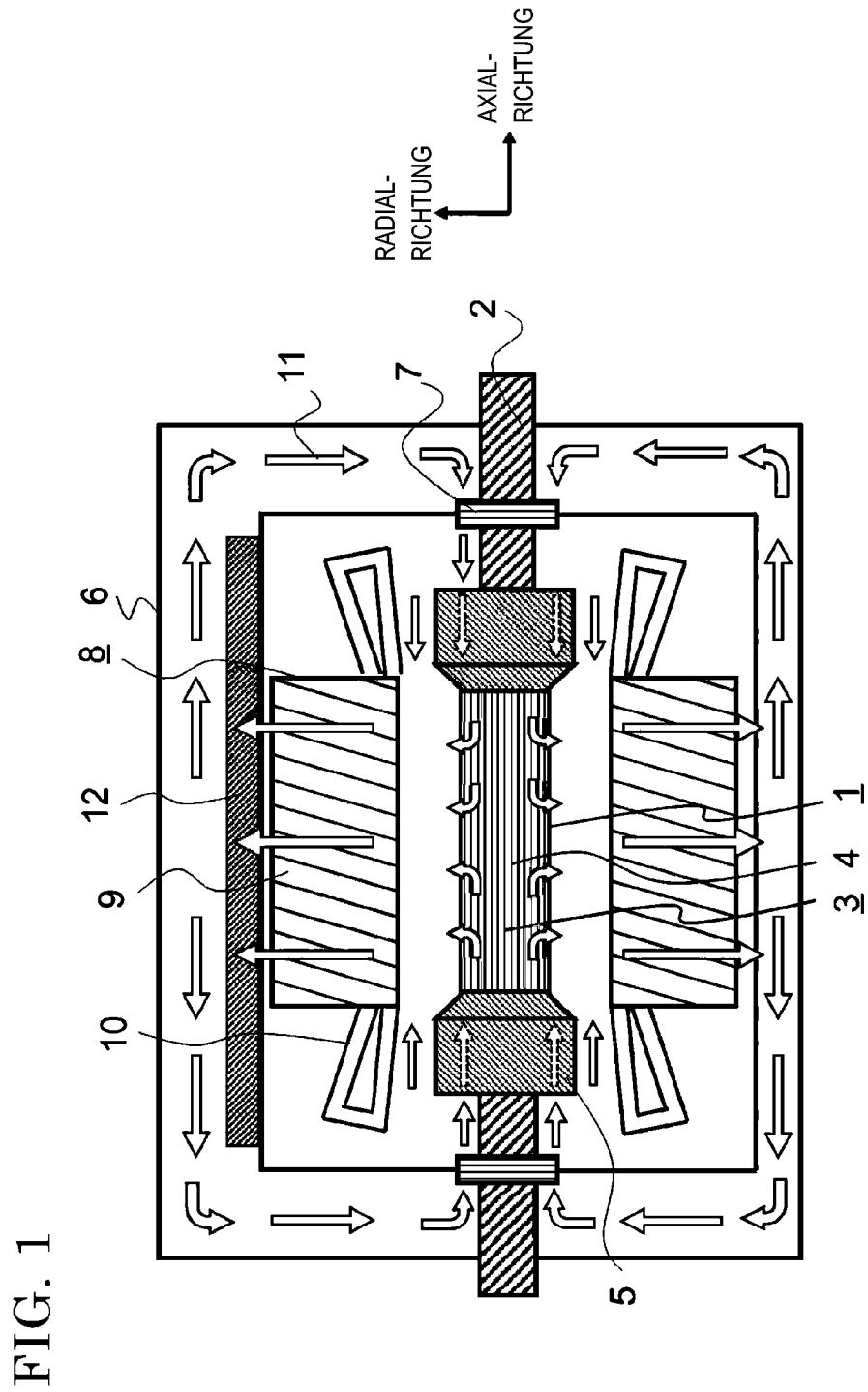


FIG. 2

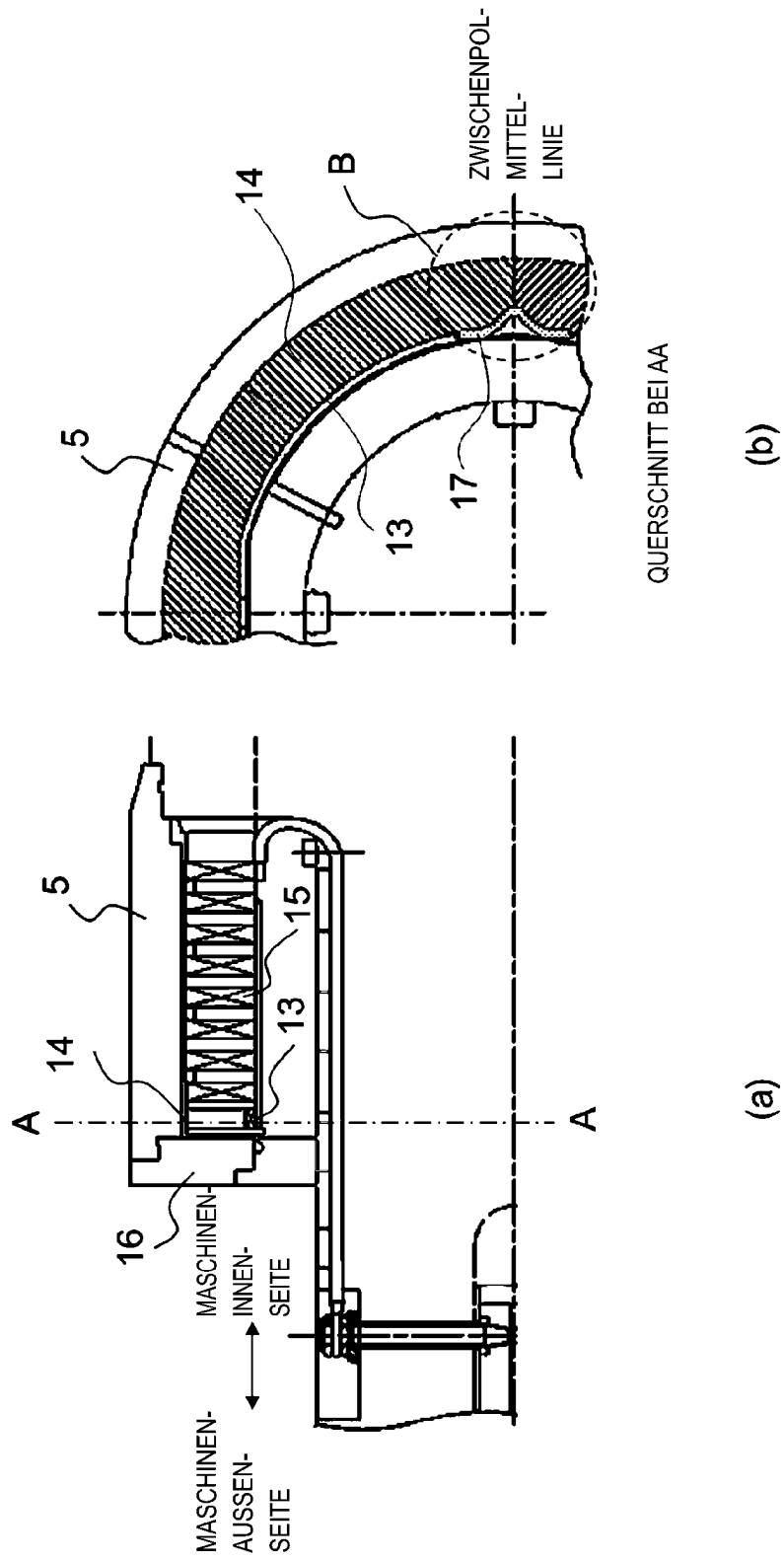


FIG. 3

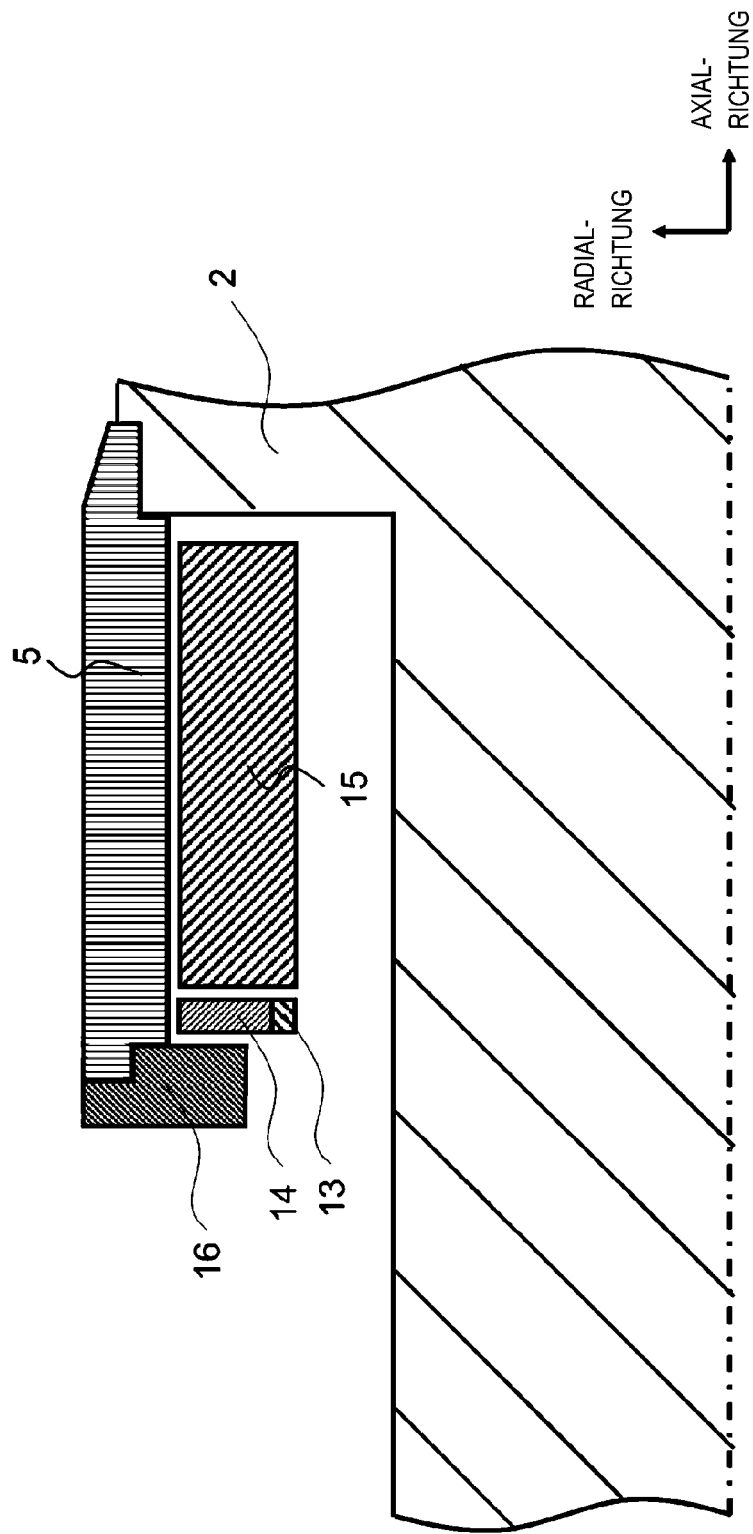


FIG. 4

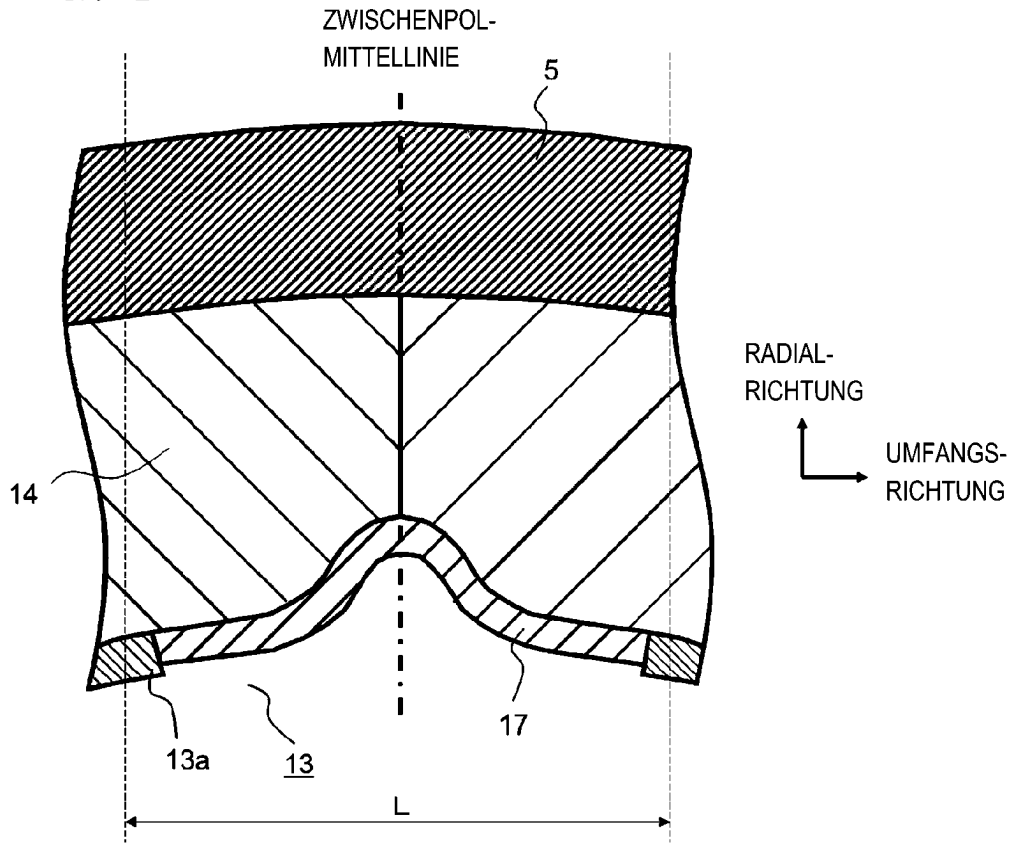


FIG. 5

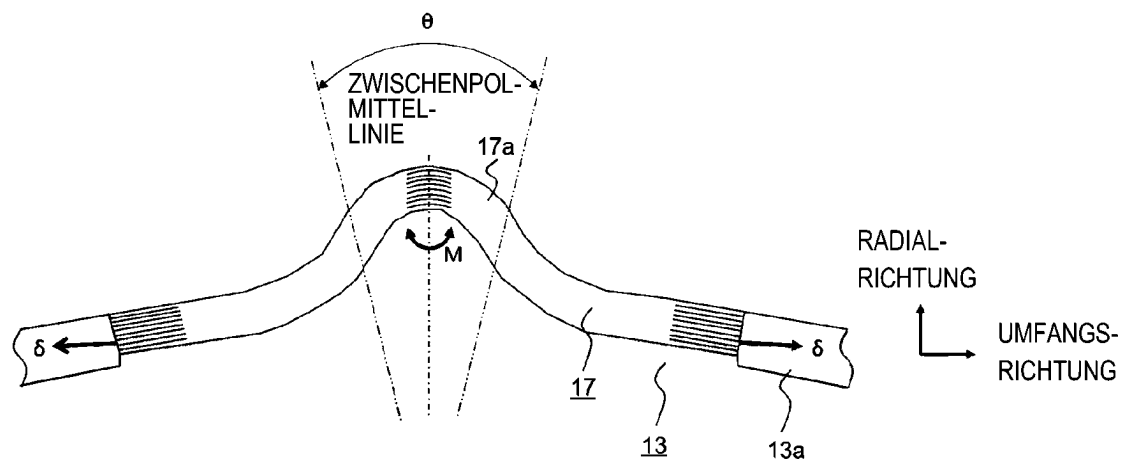


FIG. 6

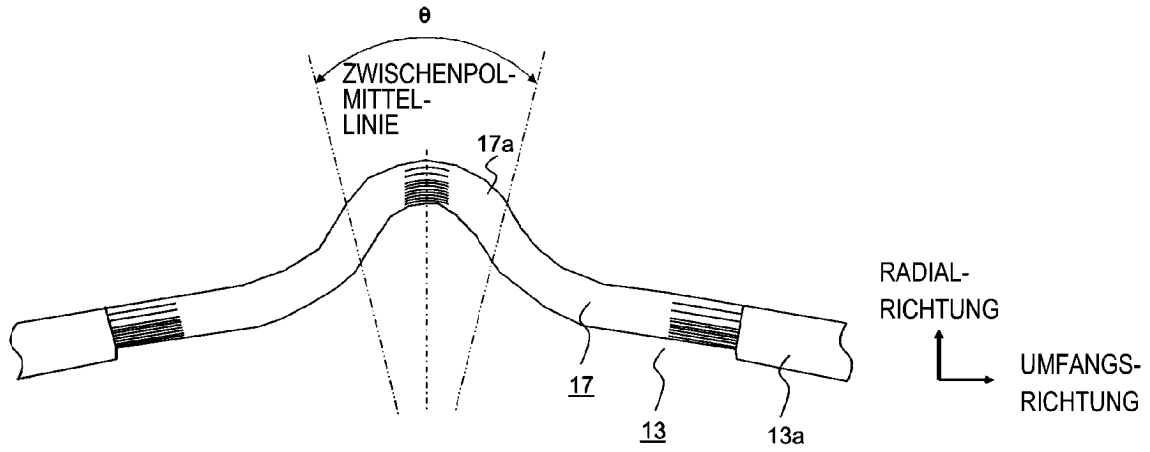


FIG. 7

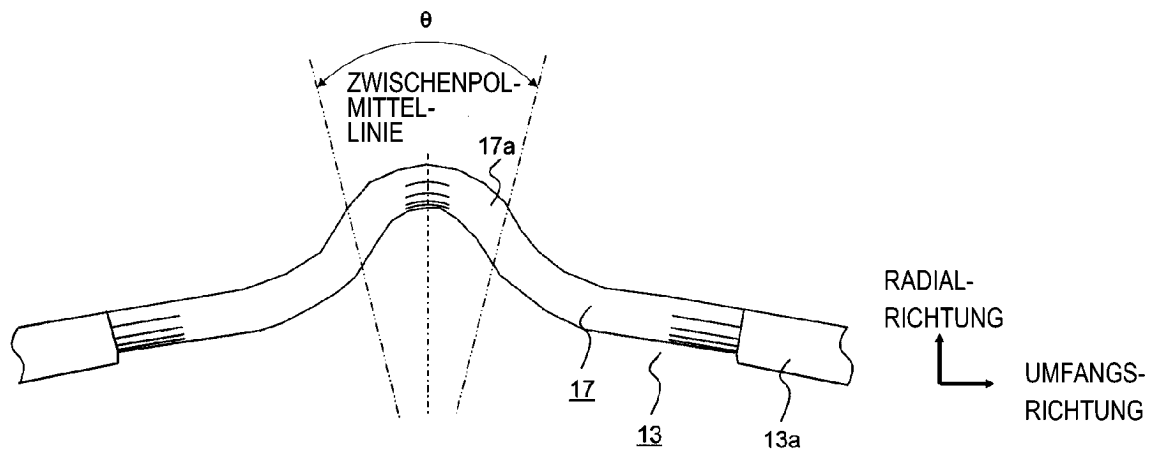


FIG. 8

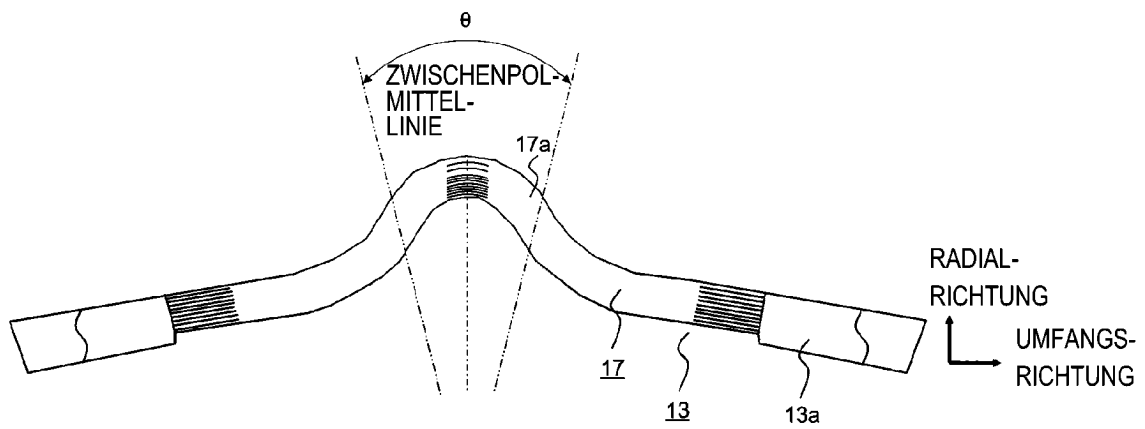


FIG. 9

