



(10) **DE 10 2021 109 604 A1** 2021.10.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 109 604.9**

(22) Anmeldetag: **16.04.2021**

(43) Offenlegungstag: **21.10.2021**

(51) Int Cl.: **H02K 3/12 (2006.01)**

H02K 3/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2020-075003 **20.04.2020** **JP**

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

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

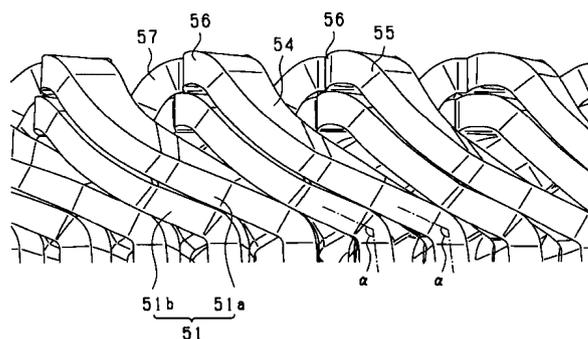
(72) Erfinder:
**Endo, Hiroshi, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Tamura, Akito, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Rotierende elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Eine rotierende elektrische Maschine umfasst eine mehrphasige Ankerspule, die auf einen Ankerkern gewickelt ist. Die Ankerspule ist aus elektrischen Leitergruppen gebildet, die jeweils ein Bündel von elektrischen Leitersegmenten sind und ein Paar von Schenkelabschnitten und einen Verbindungsabschnitt aufweisen, der die Schenkelabschnitte verbindet. Der Verbindungsabschnitt ist radial in Bezug auf eine Umfangsrichtung gebogen. Die elektrischen Leitergruppen sind so gepaart, dass jedes Paar der elektrischen Leitergruppen aus einer ersten elektrischen Leitergruppe und einer zweiten elektrischen Leitergruppe besteht, die beide zu einer gleichen Phase der Ankerspule gehören. Der Umfangsabstand zwischen den Schenkelabschnitten der ersten elektrischen Leitergruppe ist größer als der zwischen den Schenkelabschnitten der zweiten elektrischen Leitergruppe. In jedem Paar der elektrischen Leitergruppen sind die Anschlussabschnitte der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe so angeordnet, dass sie einander axial überlappen.



Beschreibung

HINTERGRUND

1. Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf rotierende elektrische Maschinen.

2 Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Es sind rotierende elektrische Maschinen bekannt, die einen Anker mit einer mehrphasigen Ankerspule umfassen, die auf einen Ankerkern gewickelt ist. Darüber hinaus ist auch ein Verfahren zum Bilden der Ankerspule bekannt durch: (1) Einsetzen beider Schenkelabschnitte jedes der im wesentlichen U-förmigen Spulensegmente von einer axialen Seite des Ankerkerns aus in entsprechende Schlitze des Ankerkerns; und (2) Verbinden jedes entsprechenden Paares derjenigen Teile der Schenkelabschnitte der Spulensegmente, die auf der anderen axialen Seite des Ankerkerns aus den entsprechenden Schlitzen herausragen (siehe z.B. das japanische Patent Nr. JP 5702179 B2).

[0003] Genauer gesagt, wird gemäß dem bekannten Verfahren ein im Wesentlichen S-förmiger Teil in einem Kopfabschnitt jedes der Spulensegmente gebildet, wodurch die Umfangsabmessung eines Kreuzungsbereichs, in dem der Kopfabschnitt ein Spulensegment der Ankerspule radial kreuzt, reduziert wird. Folglich ist es möglich, die Kopfabschnitte der Spulensegmente, die sich jeweils von benachbarten der Schlitze des Ankerkerns erstrecken, kompakt zu überlappen, wodurch die Größe des Spulensegmentes der Ankerspule reduziert wird.

ZUSAMMENFASSUNG

[0004] Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben bei den bekannten rotierenden elektrischen Maschinen die folgenden Probleme festgestellt. Das heißt, in der Praxis kann es erwünscht sein, entsprechend den geforderten Leistungen die Konstruktionspezifikationen der rotierenden elektrischen Maschinen zu ändern, wie z.B. die Reduzierung des Außendurchmessers des Ankers, die Erhöhung der Anzahl der im Ankerkern ausgebildeten Schlitze, die Erhöhung der Dicke der Spulensegmente oder die Erhöhung der Anzahl der Spulensegmente. In diesem Fall gäbe es selbst bei der bekannten Ankerspulenformungsmethode immer noch eine Grenze bei der Verringerung der Umfangsabmessung des Kreuzungsbereichs des Kopfteils jedes Spulensegments; daher könnte es unmöglich sein, flexibel Änderungen an den Konstruktionspezifikationen der rotierenden elektrischen Maschinen vorzunehmen.

[0005] Die vorliegende Offenbarung wurde im Hinblick auf die oben genannten Probleme erstellt. Es ist daher ein Hauptziel der vorliegenden Offenbarung, eine rotierende elektrische Maschine mit einer verbesserten Struktur bereitzustellen, mit der es möglich ist, die Konstruktionspezifikationen leicht zu ändern und die Größe der rotierenden elektrischen Maschine zu minimieren.

[0006] Gemäß der vorliegenden Offenbarung ist eine rotierende elektrische Maschine vorgesehen, die einen Anker umfasst. Der Anker umfasst einen ringförmigen Ankerkern und eine mehrphasige Ankerspule, die auf den Ankerkern gewickelt ist. Der Ankerkern hat eine Vielzahl von Schlitzen, die in einer Umfangsrichtung desselben angeordnet sind. Die Ankerspule ist aus einer Vielzahl von elektrischen Leitergruppen gebildet, die miteinander verbunden sind. Jede der Vielzahl von elektrischen Leitergruppen ist aus einem Bündel von Vielzahl von elektrischen Leitersegmenten gebildet. Darüber hinaus ist jede der Vielzahl von elektrischen Leitergruppen im Wesentlichen U-förmig und hat ein Paar von Schenkelabschnitten und einen Verbindungsabschnitt. Das Paar von Schenkelabschnitten wird jeweils in einem entsprechenden Paar der Schlitze des Ankerkerns aufgenommen und befindet sich an unterschiedlichen radialen Positionen in den entsprechenden Schlitzen. Der Verbindungsabschnitt erstreckt sich auf einer axialen Seite des Ankerkerns, um das Paar von Schenkelabschnitten zu verbinden. Der Verbindungsabschnitt hat einen gebogenen Teil, der radial in Bezug auf die Umfangsrichtung gebogen ist. Die Vielzahl von elektrischen Leitergruppen sind so gepaart, dass jedes Paar der elektrischen Leitergruppen aus einer ersten elektrischen Leitergruppe und einer zweiten elektrischen Leitergruppe besteht, die beide zu einer gleichen Phase der Ankerspule gehören. Der Umfangsabstand zwischen dem Paar von Schenkelteilen der ersten elektrischen Leitergruppe ist größer als der Umfangsabstand zwischen dem Paar von Schenkelteilen der zweiten elektrischen Leitergruppe. In jedem Paar der elektrischen Leitergruppen sind die Anschlussabschnitte der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe so angeordnet, dass sie einander axial überlappen.

[0007] Mit der vorstehenden Anordnung ist es möglich, einen größeren Abstand zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der Verbindungsabschnitte der elektrischen Leitergruppen vorzusehen als im Fall der Anordnung der Verbindungsabschnitte der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen, die einander nicht axial überlappen. Folglich wird es einfacher, die Konstruktionspezifikationen der rotierenden elektrischen Maschine zu ändern, wie z.B. die Verringerung des Außendurchmessers des Ankers, die Erhöhung der Anzahl der im Ankerkern ausgebildeten Schlitze, die Erhöhung der Dicke der elektrischen Leitersegmente oder die Erhöhung der

Anzahl der elektrischen Leitersegmente, die in jeder der elektrischen Leitergruppen enthalten sind.

[0008] Darüber hinaus wird es mit der vorstehenden Anordnung möglich, den Abstand zwischen jedem axial benachbarten Paar der Anschlussabschnitte der elektrischen Leitergruppen zu verringern und dadurch die Größe eines Spulenendes der Ankerspule zu reduzieren, als in dem Fall, in dem die Anschlussabschnitte der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen so angeordnet sind, dass sie einander nicht axial überlappen. Hier wird das Spulenende aus allen Anschlussabschnitten der elektrischen Leitergruppen gebildet.

[0009] Um die Verbindungsabschnitte der ersten und der zweiten elektrischen Leitergruppe so anzuordnen, dass sie einander axial überlappen, werden die elektrischen Leitergruppen an den Verbindungsabschnitten auf die gleiche Weise gebogen. Dadurch wird es möglich, Störungen zwischen jedem benachbarten Paar der Verbindungsabschnitte der elektrischen Leitergruppen zu verhindern.

[0010] Da die Verbindungsabschnitte der ersten und der zweiten elektrischen Leitergruppe, die so angeordnet sind, dass sie einander axial überlappen, zu einer gleichen Phase der Ankerspule gehören, wird es außerdem möglich, das Auftreten einer elektrischen Entladung zu unterdrücken, selbst wenn die erste und die zweite elektrische Leitergruppe versehentlich miteinander in Kontakt gebracht werden.

[0011] In weiteren Ausführungsbeispielen können für jede der elektrischen Leitergruppen die die elektrische Leitergruppe bildenden elektrischen Leitersegmente an dem Paar von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in einer vorbestimmten Anordnungsreihenfolge in radialer Richtung so angeordnet sein, dass sie in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns radial zueinander ausgerichtet sind. Am Anschlussabschnitt der elektrischen Leitergruppe sind die die elektrische Leitergruppe bildenden elektrischen Leitersegmente parallel zueinander angeordnet, wobei die Anordnungsreihenfolge der elektrischen Leitersegmente an dem Paar von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in den entsprechenden Schlitzen eingehalten wird.

[0012] Mit der vorstehenden Anordnung können die elektrischen Leitersegmente auf die gleiche Weise gebogen werden, wodurch die Herstellung des Ankers erleichtert wird. Außerdem können die elektrischen Leitersegmente entlang der Umfangsrichtung am Anschlussabschnitt angeordnet werden, wodurch die axiale Breite des Anschlussabschnitts verringert wird.

[0013] Die gebogenen Teile der Anschlussabschnitte der ersten elektrischen Leitergruppen können in

Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sein. Der Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Verbindungsabschnitte der ersten elektrischen Leitergruppen kann so eingestellt werden, dass er größer oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen des Ankerkerns und kleiner oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen ist. Die gebogenen Teile der Verbindungsabschnitte der zweiten elektrischen Leitergruppen können auch in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sein. Der Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Anschlussabschnitte der zweiten elektrischen Leitergruppen kann auch so eingestellt werden, dass er größer oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen des Ankerkerns und kleiner oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen ist.

[0014] Mit der vorstehenden Anordnung wird es möglich, die axiale Breite des Spulenendes, das aus allen Anschlussabschnitten der elektrischen Leitergruppen besteht, zu reduzieren.

[0015] Für jede der elektrischen Leitergruppen kann einer des Paares von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in einem radial äußeren Teil eines entsprechenden Schlitzes des Ankerkerns aufgenommen werden und der andere des Paares von Schenkelabschnitten kann in einem radial inneren Teil eines anderen entsprechenden Schlitzes des Ankerkerns aufgenommen werden. Für jede der elektrischen Leitergruppen kann in dem gebogenen Teil des Verbindungsabschnitts der elektrischen Leitergruppe ein sich entlang einer radialen Richtung erstreckender, sich radial erstreckender Teil ausgebildet sein, in dem die elektrischen Leitersegmente, die die elektrische Leitergruppe bilden, in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sind. Die sich radial erstreckenden Teile der Verbindungsabschnitte der ersten elektrischen Leitergruppen können in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sein; die sich radial erstreckenden Teile der Verbindungsabschnitte der zweiten elektrischen Leitergruppen können in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sein. Die folgende Beziehung ist erfüllt: $R_c \times 2 \times \pi / S \leq N \times H_c \leq R_c \times 2 \times \pi / (S/2)$, wobei R_c der Abstand von einer Mittelachse des Ankerkerns zu einer radialen Mitte jedes der Schlitze ist, S die Anzahl der in dem Ankerkern ausgebildeten Schlitze ist, N die Anzahl der elektrischen Leitersegmente ist, die in jeder der elektrischen Leitergruppen enthalten sind, und H_c eine radiale Dicke jedes der elektrischen Leitersegmente in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns ist.

[0016] Mit der vorstehenden Konfiguration wird es möglich, die axiale Breite des Spulenendes, das aus allen Anschlussabschnitten der elektrischen Leitergruppen besteht, effektiver zu reduzieren.

[0017] Zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Verbindungsabschnitte der elektrischen Leitergruppen kann ein Abstand vorgesehen werden.

[0018] Die gebogenen Teile der Anschlussabschnitte werden im Allgemeinen durch Biegen der elektrischen Leitersegmente gebildet. Daher können an den gebogenen Teilen der Verbindungsabschnitte leichter große Spannungen induziert und die Isolierbeschichtungen der elektrischen Leitersegmente beschädigt werden als an den anderen Teilen der Verbindungsabschnitte. Mit dem Abstand, der zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Anschlussabschnitte der elektrischen Leitergruppen vorgesehen ist, kann jedoch immer noch eine elektrische Isolierung zwischen verschiedenen Phasen der Ankerspule gewährleistet werden.

[0019] Für jede der elektrischen Leitergruppen kann einer des Paares von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in einem radial äußeren Teil einer entsprechenden Nut des Ankerkerns aufgenommen werden und der andere des Paares von Schenkelabschnitten kann in einem radial inneren Teil einer anderen entsprechenden Nut des Ankerkerns aufgenommen werden. Die folgende Beziehung kann erfüllt sein: $Wc \times 2 < Hc \times N$, wobei Wc eine Umfangsbreite jedes der elektrischen Leitersegmente in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns ist, Hc eine radiale Dicke jedes der elektrischen Leitersegmente in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns ist, und N die Anzahl der elektrischen Leitersegmente ist, die in jeder der elektrischen Leitergruppen enthalten sind.

[0020] Mit der vorstehenden Konfiguration wird es möglich, die axiale Breite der Verbindungsabschnitte der elektrischen Leitergruppen effektiver zu reduzieren.

[0021] Die Ankerspule kann eine dreiphasige Spule mit drei Phasenwicklungen sein, die sternförmig miteinander verbunden sind, um einen Neutralpunkt dazwischen zu definieren. Die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen, die eine gleiche der Phasenwicklungen der Ankerspule bilden, können miteinander in Reihe geschaltet sein. Die ersten elektrischen Leitergruppen können näher an den Neutralpunkt angeschlossen werden als die zweiten elektrischen Leitergruppen.

[0022] Bei der vorstehenden Konfiguration haben die zweiten elektrischen Leitergruppen ein höheres elektrisches Potenzial als die ersten elektrischen Leitergruppen. Außerdem ist, wie oben beschrieben, in jedem Paar der elektrischen Leitergruppen die zweite elektrische Leitergruppe axial innerhalb der ersten elektrischen Leitergruppe angeordnet und von die-

ser abgedeckt. Folglich wird es möglich, einen ausreichenden Abstand von der zweiten elektrischen Leitergruppe zu anderen elektrischen Leitergruppen sicherzustellen, die zu einer anderen Phase der Ankerspule gehören als die zweite elektrische Leitergruppe, wodurch die Isolationseigenschaften der Ankerspule verbessert werden.

[0023] An den Verbindungsabschnitten jedes Paares der elektrischen Leitergruppen können eine axial-innere Seitenfläche der ersten elektrischen Leitergruppe und eine axial-äußere Seitenfläche der zweiten elektrischen Leitergruppe in Oberflächenkontakt zueinander angeordnet sein.

[0024] Mit der vorstehenden Anordnung ist es möglich, eine größere Kontaktfläche zwischen der axial inneren Seitenfläche der ersten elektrischen Leitergruppe und der axial äußeren Seitenfläche der zweiten elektrischen Leitergruppe zu sichern als im Falle der Anordnung in Punkt- oder Linienkontakt miteinander. Folglich ist es möglich, eine Beschädigung der Isolierbeschichtungen der elektrischen Leitersegmente, die die erste und zweite elektrische Leitergruppe bilden, aufgrund eines Kontakts zwischen den Verbindungsabschnitten zu unterdrücken.

[0025] Jedes der elektrischen Leitersegmente kann einen Hauptkörper aus einem elektrisch leitenden Material und eine Isolierbeschichtung, die die Oberfläche des Hauptkörpers bedeckt, umfassen. Der Isoliermantel kann aus einem elektrisch isolierenden Material mit darin ausgebildeten Hohl- bzw. Freiräumen gebildet sein.

[0026] Bei der vorstehenden Konfiguration können die in den Isolierbeschichtungen gebildeten Hohlräume kollabieren, wenn die Isolierbeschichtungen der elektrischen Leitersegmente z.B. einer äußeren Kraft oder Vibration ausgesetzt werden, wodurch sich die Isoliereigenschaften der Isolierbeschichtungen erheblich verschlechtern. Wie oben beschrieben, sind jedoch die Verbindungsabschnitte jedes Paares der elektrischen Leitergruppen so angeordnet, dass sie einander axial überlappen; zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Verbindungsabschnitte der elektrischen Leitergruppen ist der Freiraum vorgesehen. Folglich ist es, obwohl die Isolierbeschichtung aus dem elektrisch isolierenden Material mit darin gebildeten Freiräumen gebildet ist, immer noch möglich, die Isoliereigenschaften der Isolierbeschichtungen zu sichern.

[0027] An den Verbindungsabschnitten jedes Paares der elektrischen Leitergruppen können die elektrischen Leitersegmente, die die erste elektrische Leitergruppe bilden, den elektrischen Leitersegmenten, die die zweite elektrische Leitergruppe bilden, jeweils axial gegenüberliegen und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand zu diesen angeordnet sein.

[0028] Mit der vorstehenden Anordnung ist es möglich, eine Beschädigung der Isolierbeschichtungen der elektrischen Leitersegmente zu verhindern und gleichzeitig eine Zunahme der axialen Breite des Spulenendes zu unterdrücken, das aus allen Verbindungsabschnitten der elektrischen Leitergruppen gebildet wird.

[0029] Jede der elektrischen Leitergruppen kann aus einem Bündel von drei elektrischen Leitersegmenten gebildet werden. Die Ankerspule kann eine Dreiphasenspule mit drei sternförmig miteinander verbundenen Phasenwicklungen sein. Jede der Phasenwicklungen der Ankerspule kann vier Wicklungseinheiten umfassen, die parallel zueinander geschaltet sind und jeweils ein Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen umfassen, die in Reihe miteinander verbunden sind. Die Vielzahl der Schlitze des Ankerkerns kann aus Paaren von gleichphasigen Schlitze bestehen. Jedes Paar der gleichphasigen Schlitze besteht aus zwei in Umfangsrichtung benachbarten Schlitzen, die einer gleichen der Phasenwicklungen der Ankerspule entsprechen. In jedem Paar der gleichphasigen Schlitze können die vier Wicklungseinheiten, die die entsprechende Phasenwicklung der Ankerspule bilden, so angeordnet sein, dass die Anzahl der Schenkelabschnitte der elektrischen Leitergruppen der vier Wicklungseinheiten, die in einer des Paares der gleichphasigen Schlitze aufgenommen sind, gleich der Anzahl der Schenkelabschnitte der elektrischen Leitergruppen der vier Wicklungseinheiten ist, die in der anderen des Paares der gleichphasigen Schlitze aufgenommen sind.

[0030] Mit der vorstehenden Anordnung können die vier Wicklungseinheiten gleichmäßig in dem Paar der gleichphasigen Schlitze aufgenommen werden, wodurch das elektromagnetische Gleichgewicht sichergestellt und der Umlaufstrom im Anker unterdrückt wird.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht einer rotierenden elektrischen Maschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 ist eine Draufsicht auf einen Stator der rotierenden elektrischen Maschine.

Fig. 3 ist eine schematische Darstellung, die die Konfiguration eines Statorkerns und einer Statorspule des Stators zeigt.

Fig. 4A und **Fig. 4B** sind perspektivische Ansichten, die jeweils von gegenüberliegenden Seiten in einer axialen Richtung ein Paar von ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen zur Bildung der Statorspule zeigen.

Fig. 5A und **Fig. 5B** sind perspektivische Ansichten, die das Paar der ersten und zweiten

elektrischen Leitergruppen jeweils von einer radialen Seite und einer axialen Seite zeigen.

Fig. 6 ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines elektrischen Leitersegments.

Fig. 7 ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht von Windungsabschnitten von elektrischen Leitergruppen, die die Statorspule bilden.

Fig. 8 ist eine schematische Darstellung der Anordnung von elektrischen Leitersegmenten an den Windungsabschnitten der elektrischen Leitergruppen.

Fig. 9 ist eine perspektivische Ansicht, die die elektrischen Leitergruppen, die zusammengebaut sind, und den Stator Kern vor dem Einsetzen der elektrischen Leitergruppen in die Schlitze des Statorkerns zeigt.

Fig. 10 ist eine perspektivische Ansicht, die die elektrischen Leitergruppen und den Stator Kern nach dem Einsetzen der elektrischen Leitergruppen in die Schlitze des Statorkerns zeigt.

Fig. 11 A ist eine perspektivische Ansicht eines Teils des Stators, der in einer Umfangsrichtung entwickelt wurde.

Fig. 11B ist eine Draufsicht auf einen Teil des Stators, der in Umfangsrichtung entwickelt ist.

Fig. 12A ist eine schematische Darstellung, die die Anordnung eines Paares von ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen in den entsprechenden Schlitzen des Statorkerns zeigt.

Fig. 12B ist eine schematische Darstellung, die die Anordnung der elektrischen Leitersegmente, die die in **Fig. 12A** gezeigte erste elektrische Leitergruppe bilden, in den entsprechenden Schlitzen des Statorkerns zeigt.

Fig. 13 ist eine schematische Darstellung, die das Anschlussbild einer U-Phasen-Wicklung der Statorspule zeigt.

Fig. 14 ist ein schematisches Schaltbild der Statorspule.

Fig. 15A ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines elektrischen Leitersegments gemäß einer ersten Modifikation.

Fig. 15B ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines anderen elektrischen Leitersegments gemäß der ersten Modifikation.

Fig. 16A ist eine schematische Darstellung, die eine wünschenswerte Anordnung von elektrischen Leitersegmenten an den Windungsabschnitten der elektrischen Leitergruppen gemäß einer zweiten Modifikation zeigt.

Fig. 16B ist eine schematische Darstellung, die eine weitere wünschenswerte Anordnung von elektrischen Leitersegmenten an den Windungs-

abschnitten der elektrischen Leitergruppen gemäß der zweiten Modifikation zeigt.

Fig. 16C ist eine schematische Darstellung, die eine unerwünschte Anordnung von elektrischen Leitersegmenten an den Windungsabschnitten der elektrischen Leitergruppen gemäß der zweiten Modifikation zeigt.

Fig. 17A und **Fig. 17B** sind schematische Darstellungen, die zusammen ein Beispiel illustrieren, bei dem jede Phasenwicklung der Statorspule als eine Kurzabstandswicklung konfiguriert ist, die gemäß einer dritten Modifikation wellenförmig gewickelt ist.

Fig. 18A ist eine schematische Darstellung, die ein Beispiel zeigt, bei dem jede Phasenwicklung der Statorspule als eine wellengewickelte Vollabstandswicklung gemäß der dritten Modifikation konfiguriert ist.

Fig. 18B ist eine schematische Darstellung, die ein Beispiel zeigt, bei dem jede Phasenwicklung der Statorspule als eine wellengewickelte Kurzabstandswicklung gemäß der dritten Modifikation konfiguriert ist.

Fig. 19A ist eine schematische Darstellung, die ein Beispiel zeigt, bei dem jede Phasenwicklung der Statorspule als überlappend gewickelte Vollabstandswicklung gemäß der dritten Modifikation konfiguriert ist.

Fig. 19B ist eine schematische Darstellung, die ein Beispiel zeigt, bei dem jede Phasenwicklung der Statorspule als eine überlappend gewickelte Kurzabstandswicklung gemäß der dritten Modifikation konfiguriert ist.

Fig. 20A, **Fig. 20B** und **Fig. 20C** sind schematische Darstellungen, die alternative Querschnittsformen der elektrischen Leitersegmente gemäß einer vierten Modifikation zeigen.

Fig. 21 ist ein schematisches Schaltbild einer Statorspule gemäß einer fünften Modifikation.

Fig. 22 ist eine perspektivische Ansicht, die Überbrückungsdrähte zeigt, die in einem Stator gemäß einer sechsten Modifikation verwendet werden.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0031] Exemplarische Ausführungsbeispiele werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass aus Gründen der Übersichtlichkeit und des Verständnisses identische Bauteile mit identischen Funktionen in der gesamten Beschreibung, soweit möglich, mit den gleichen Bezugszeichen in den Zeichnungen gekennzeichnet sind und dass zur Vermeidung

von Redundanz Beschreibungen identischer Bauteile nicht wiederholt werden.

[0032] **Fig. 1** zeigt den Gesamtaufbau einer rotierenden elektrischen Maschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel.

[0033] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die rotierende elektrische Maschine als Elektromotor **10** für den Einsatz in einem Fahrzeug konfiguriert. Insbesondere ist der Elektromotor **10** ein dreiphasiger Permanentmagnet-Synchronmotor. Das heißt, der Elektromotor **10** ist ein bürstenloser Motor. Darüber hinaus kann der Elektromotor **10** entweder nur eine dreiphasige Spule umfassen, die zu einem einzigen System gehört, oder zwei dreiphasige Spulen, die jeweils zu zwei Systemen gehören.

[0034] Wie in **Fig. 1** dargestellt, umfasst der Elektromotor **10** ein Gehäuse **20**, einen Stator **30**, der an dem Gehäuse **20** befestigt ist und in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel als Anker fungiert, einen Rotor **40**, der so konfiguriert ist, dass er sich relativ zu dem Stator **30** dreht, und eine rotierende Welle **11**, an der der Rotor **40** befestigt ist.

[0035] Darüber hinaus wird im Folgenden die Richtung, in der sich eine zentrale Achse O der rotierenden Welle **11** erstreckt, als die axiale Richtung bezeichnet (in den Zeichnungen durch einen doppelköpfigen Pfeil **Y1** angezeigt); die Richtungen, die sich radial von der zentralen Achse O der rotierenden Welle **11** erstrecken, werden als radiale Richtungen bezeichnet (in den Zeichnungen durch einen doppelköpfigen Pfeil **Y2** angezeigt); und die Richtung, die sich entlang eines Kreises erstreckt, dessen Mittelpunkt auf der zentralen Achse O der rotierenden Welle **11** liegt, wird als die Umfangsrichtung bezeichnet (in den Zeichnungen durch einen doppelköpfigen Pfeil **Y3** angezeigt).

[0036] Das Gehäuse **20** ist zylindrisch geformt und hat sowohl den Stator **30** als auch den Rotor **40** darin aufgenommen. In dem Gehäuse **20** ist ein Paar von Lagern **23** und **24** vorgesehen, durch die die rotierende Welle **11** drehbar gelagert ist. Darüber hinaus fällt die Achse einer inneren Umfangsfläche des Gehäuses **20** mit der Mittelachse O der rotierenden Welle **11** zusammen.

[0037] Der Rotor **40** ist Teil eines im Elektromotor **10** gebildeten Magnetkreises. Der Rotor **40** weist ein oder mehrere in Umfangsrichtung angeordnete Magnetpolpaare auf und ist dem Stator **30** radial gegenüberliegend angeordnet. Insbesondere hat der Rotor **40** in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel zwölf Magnetpole (d.h. die Anzahl der Magnetpolpaare des Rotors **40** ist gleich 6). Darüber hinaus kann die Anzahl der Magnetpole des Rotors **40** alternativ auf an-

dere Werte gemäß den Konstruktionspezifikationen des Elektromotors **10** eingestellt werden.

[0038] Der Rotor **40** umfasst einen aus einem magnetischen Material gebildeten Rotorkern **41** und am Rotorkern **41** befestigte Permanentmagnete **42**.

[0039] Insbesondere umfasst der Rotor **40** in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel zwölf Permanentmagnete **42**, deren Polaritäten in Umfangsrichtung abwechselnd unterschiedlich sind. Die Permanentmagnete **42** sind jeweils in zwölf Magnetaufnahmebohrungen eingebettet, die im Rotorkern **41** entlang der axialen Richtung ausgebildet sind. Das heißt, in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Rotor **40** als IPM-Rotor (Innen-Permanentmagnet) ausgebildet. Alternativ kann der Rotor **40** als SPM-Rotor (Oberflächen-Permanentmagnet) konfiguriert sein. Als weitere Alternative kann der Rotor **40** als ein Feldspulentyp-Rotor konfiguriert sein.

[0040] In einem Mittelloch des Rotorkerns **41** ist die rotierende Welle **11** fest eingesetzt, so dass sich der Rotor **40** zusammen mit der rotierenden Welle **11** um die Mittelachse O der rotierenden Welle **11** drehen kann.

[0041] Der Stator **30** ist zylindrisch geformt und in einem im Wesentlichen axialzentralen Teil des Gehäuses **20** entlang der inneren Umfangsfläche des Gehäuses **20** angeordnet. Außerdem ist der Stator **30** an der inneren Umfangsfläche des Gehäuses **20** befestigt, so dass eine Mittelachse des Stators **30** mit der Mittelachse O der rotierenden Welle **11** zusammenfällt.

[0042] Der Stator **30** bildet auch einen Teil des im Elektromotor **10** gebildeten Magnetkreises. Wie in **Fig. 2** dargestellt, hat der Stator **30** einen ringförmigen Stator Kern (oder Anker Kern) **31**, der radial außerhalb des Rotors **40** angeordnet ist, so dass er dem Rotor **40** radial zugewandt ist, und eine dreiphasige Statorspule (oder Ankerspule) **32**, die auf den Stator Kern **31** gewickelt ist.

[0043] Es ist zu beachten, dass bei der Darstellung der Statorspule **32** in den Zeichnungen von den Kantenlinien, die Begrenzungen zwischen Flächen mit unterschiedlichen Ausrichtungen darstellen, nur diejenigen dargestellt sind, die für die Darstellung der dreidimensionalen Form der Statorspule **32** besonders wichtig sind. Darüber hinaus ist zu beachten, dass diejenigen der Kantenlinien, die die radial äußere Kontur der Statorspule **32** darstellen, in den Zeichnungen mit durchgezogenen Linien dargestellt sind.

[0044] Wie in **Fig. 3** dargestellt, umfasst der Stator Kern **31** ein ringförmiges hinteres Joch (oder hinteren Kern) **33** und eine Vielzahl von Zähnen **34**, die in vorbestimmten Abständen in Umfangsrichtung angeord-

net sind und jeweils radial nach innen vom hinteren Joch **33** vorstehen. Zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der Zähne **34** ist ein Schlitz **35** ausgebildet. Das heißt, im Stator Kern **31** ist eine Vielzahl von Schlitzen **35** in gleichen Abständen in Umfangsrichtung ausgebildet. Die Statorspule **32** ist so auf die Zähne **34** gewickelt, dass sie in den Schlitzen **35** aufgenommen wird. Darüber hinaus ist die Anzahl der Zähne **34** gleich der Anzahl der Schlitze **35**.

[0045] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Anzahl der Schlitze **35** (oder die Anzahl der Zähne **34**) pro Magnetpol des Rotors **40**, der die zwölf Magnetpole hat, und pro Phase der dreiphasigen Statorspule **32** gleich 2. Mit anderen Worten, die Schlitzmultiplikatorzahl ist gleich 2. Dementsprechend ist die Gesamtzahl der im Stator Kern **31** gebildeten Schlitze **35** gleich 72 (d.h. $2 \times 12 \times 3$). Darüber hinaus bestehen die 72 Schlitze **35** aus Paaren von U-Phasen-Schlitzen Su1 und Su2, V-Phasen-Schlitzen Sv1 und Sv2 und W-Phasen-Schlitzen Sw1 und Sw2, die sequentiell und wiederholt in Umfangsrichtung angeordnet sind (siehe **Fig. 12A**).

[0046] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht der Stator Kern **31** aus einem Laminat, das durch Laminieren einer Vielzahl von ringförmigen magnetischen Stahlblechen (oder Kernblechen) in axialer Richtung gebildet wird. Darüber hinaus kann der Stator Kern **31** alternativ aus einer Vielzahl von Stator Kernsegmenten bestehen, die in Umfangsrichtung aneinander angrenzend angeordnet sind.

[0047] Die Statorspule **32** besteht aus U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen, die sternförmig miteinander verbunden sind (oder Y-verbunden sind), um einen Neutralpunkt dazwischen zu definieren (siehe **Fig. 14**). Im Betrieb erzeugt die Statorspule **32** einen magnetischen Fluss, wenn sie mit dreiphasiger Wechselspannung versorgt wird.

[0048] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Statorspule **32** gebildet, indem von einer ersten axialen Seite des Stator Kerns **31** aus eine Vielzahl von im Wesentlichen U-förmigen elektrischen Leitersegmenten **52** in die Schlitze **35** des Stator Kerns **31** eingeführt wird und jedes entsprechende Paar von Endabschnitten der elektrischen Leitersegmente **52**, die aus den Schlitzen **35** herausragen, auf einer zweiten axialen Seite des Stator Kerns **31** verbunden wird. Jedes der elektrischen Leitersegmente **52** wird durch Schneiden und plastisches Verformen eines elektrischen Leiters, der eine im Wesentlichen rechteckige Querschnittsform und eine konstante Dicke aufweist, in die im Wesentlichen „U“-Form erhalten.

[0049] Insbesondere ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** gezeigt, jede der Phasenwicklungen der Statorspule **32** aus einer Vielzahl von im Wesentlichen U-förmigen elek-

trischen Leitergruppen **51** gebildet. Die elektrischen Leitergruppen **51** umfassen zwei Arten von elektrischen Leitergruppen **51**, die unterschiedliche Größen aufweisen und paarweise einander überlappen. Jedes Paar der elektrischen Leitergruppen **51** besteht aus einer ersten elektrischen Leitergruppe **51a**, die sich an der Außenseite befindet, und einer zweiten elektrischen Leitergruppe **51b**, die sich an der Innenseite befindet. Für jedes Paar der elektrischen Leitergruppen **51** sind sowohl die erste als auch die zweite elektrische Leitergruppe **51a** und **51b** des Paares mit demselben der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Anschlüsse verbunden, so dass sie zu derselben der U-, V- und W-Phasen der Statorspule **32** gehören. Darüber hinaus sind **Fig. 4A** und **Fig. 4B** perspektivische Ansichten, die ein Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** bzw. **51b** von gegenüberliegenden Seiten in axialer Richtung zeigen, bevor sie am Stator Kern **31** montiert werden.

[0050] Darüber hinaus besteht, wie in den **Fig. 5A** und **Fig. 5B** gezeigt, jede der elektrischen Leitergruppen **51** aus einer Vielzahl (z.B. vier in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel) von im Wesentlichen U-förmigen elektrischen Leitersegmenten **52**, die miteinander gebündelt sind. Darüber hinaus sind **Fig. 5A** und **Fig. 5B** perspektivische Ansichten, die ein Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** bzw. **51b** von einer radialen Seite und einer axialen Seite zeigen, bevor sie an dem Stator Kern **31** montiert werden. Außerdem ist zu beachten, dass der Einfachheit halber die elektrischen Leitersegmente **52** jeder der elektrischen Leitergruppen **51** in den Zeichnungen mit Ausnahme von **Fig. 5A** und **Fig. 5B** nicht einzeln dargestellt sind.

[0051] Wie in **Fig. 3** dargestellt, haben die elektrischen Leitersegmente **52** eine im Wesentlichen rechteckige Querschnittsform. In jeder der Schlitze **35** des Stator Kerns **31** sind die elektrischen Leitersegmente **52** radial in einer Reihe so ausgerichtet, dass die längeren Seiten der rechteckigen Querschnitte der elektrischen Leitersegmente **52** radial einander zugewandt sind.

[0052] Bezug nehmend auf **Fig. 3** ist bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel jede der elektrischen Leitergruppen **51** so konfiguriert, dass sie die folgende Beziehung erfüllt: $W_c \times 2 < H_c \times N$, wobei W_c die Umfangsbreite jedes der elektrischen Leitersegmente **52** in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator Kerns **31** ist, H_c die radiale Dicke jedes der elektrischen Leitersegmente **52** in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator Kerns **31** ist, und N die Anzahl der elektrischen Leitersegmente **52** ist, die in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** enthalten sind.

[0053] Darüber hinaus wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel jede der elektrischen Leitergruppen **51** durch Biegen der elektrischen Leiterseg-

mente **52** der Gruppe **51**, die sich in einem Zustand der Bündelung befinden, in die im Wesentlichen „U“-Form unter Verwendung von Formwerkzeugen gebildet.

[0054] Wie in **Fig. 6** gezeigt, umfasst jedes der elektrischen Leitersegmente **52** einen Hauptkörper **52a**, der aus einem elektrisch leitenden Material (z.B. Kupfer) gebildet ist, und eine Isolierbeschichtung **52b**, die die Oberfläche des Hauptkörpers **52a** bedeckt. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Isolierbeschichtung **52b** aus einem elektrisch isolierenden Material (z.B. Harz) mit darin ausgebildeten Freiräumen gebildet.

[0055] Wie in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt, hat jede der elektrischen Leitergruppen **51** ein Paar von geraden Abschnitten (oder Schenkelabschnitten) **53**, die jeweils in einem Paar der Schlitze **35** aufgenommen werden, die in Umfangsrichtung um einen vorbestimmten Abstand voneinander entfernt sind, und einen Windungsabschnitt (oder Verbindungsabschnitt) **54**, der das Paar von geraden Abschnitten **53** verbindet.

[0056] Die geraden Abschnitte **53** sind so geformt, dass sie sich gerade in axialer Richtung erstrecken. Die geraden Abschnitte **53** sind parallel zueinander und in einem vorgegebenen Abstand zueinander angeordnet. Die axiale Länge der geraden Abschnitte **53** ist so eingestellt, dass sie größer ist als die axiale Länge des Stator Kerns **31**. Jeder der geraden Abschnitte **53** wird in einer entsprechenden der Schlitze **35** des Stator Kerns **31** aufgenommen, wobei beide Enden davon axial aus der entsprechenden Nut **35** herausragen. Darüber hinaus ist der Abstand **L1** zwischen den geraden Abschnitten **53** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** größer als der Abstand **L2** zwischen den geraden Abschnitten **53** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** eingestellt.

[0057] Für jede der elektrischen Leitergruppen **51** (d.h. die erste und zweite elektrische Leitergruppe **51a** und **51b**) wird das Paar gerader Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppe **51** jeweils in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator Kerns **31** aufgenommen, so dass sie sich in ihrer radialen Position voneinander unterscheiden. Genauer gesagt, wie in den **Fig. 12A** und **Fig. 12B** gezeigt, wird einer des Paares gerader Abschnitte **53** in einem radial äußeren Teil eines entsprechenden Schlitzes **35** des Stator Kerns **31** aufgenommen, während der andere des Paares gerader Abschnitte **53** in einem radial inneren Teil eines anderen entsprechenden Schlitzes **35** des Stator Kerns **31** aufgenommen wird.

[0058] Außerdem sind für jede der elektrischen Leitergruppen **51** die elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektrische Leitergruppe **51** bilden, an dem Paar gerader Abschnitte **53** der elektrischen Leiter-

gruppe **51** in einer vorbestimmten Anordnungsreihenfolge in radialer Richtung angeordnet, so dass sie in den entsprechenden Schlitzen **35** radial zueinander ausgerichtet sind. Beispielsweise sind die elektrischen Leitersegmente **52** an einem der in **Fig. 12(B)** dargestellten Paare gerader Abschnitte **53** in der Reihenfolge $U1a \rightarrow U1b \rightarrow U1c \rightarrow U1d$ von der radial inneren Seite in der entsprechenden Nut **35** angeordnet; an dem anderen der in **Fig. 12(B)** dargestellten Paare gerader Abschnitte **53** sind die elektrischen Leitersegmente **52** ebenfalls in der Reihenfolge $U1a \rightarrow U1b \rightarrow U1c \rightarrow U1d$ von der radial inneren Seite in der entsprechenden Nut **35** angeordnet.

[0059] Wie in **Fig. 2** und **Fig. 4A-4B** gezeigt, ist in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** (d.h. der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe **51a** und **51b**) der Windungsabschnitt **54** so ausgebildet, dass er sich in Umfangsrichtung erstreckt und an seinen Umfangsenden mit den axialen Enden der geraden Abschnitte **53** verbunden ist. Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist der Windungsabschnitt **54** außerdem so geformt, dass er die Form eines Steges hat, der in seiner Umfangsmitte höher ist als an seinen Umfangsenden. Die Umfangsendteile des Windungsabschnitts **54** sind jeweils mit den geraden Abschnitten **53** verbunden, so dass sie in einem vorbestimmten Winkel zur Erstreckungsrichtung der geraden Abschnitte **53** (oder zur axialen Richtung) schräg verlaufen. Genauer gesagt, wie in **Fig. 4A** und **Fig. 7** gezeigt, ist jeder der Umfangsendteile des Windungsabschnitts **54** schräg zur Erstreckungsrichtung der geraden Abschnitte **53** (oder der axialen Richtung), so dass ein Winkel α zwischen dem Umfangsendteil und der Erstreckungsrichtung der geraden Abschnitte **53** gleich dem vorbestimmten Winkel ist (z.B. etwa 120°). Darüber hinaus wird der vorbestimmte Winkel so eingestellt, dass er sowohl für die erste als auch für die zweite elektrische Leitergruppe **51a** und **51b** gleich ist.

[0060] Wie in **Fig. 12A** und **Fig. 12B** gezeigt, verbindet der Windungsabschnitt **54** außerdem das Paar gerader Abschnitte **53**, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen befinden. Daher hat der Windungsabschnitt **54**, wie in **Fig. 2** gezeigt, einen gebogenen Teil, der sich in axialer Richtung gesehen im Wesentlichen in eine „S“-Form biegt (oder gebogen ist). Darüber hinaus ist, wie in den **Fig. 4A-4B** und **Fig. 7** gezeigt, jede der elektrischen Leitergruppen **51** so gebogen, dass eine axial innere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der elektrischen Leitergruppe **51**, die mit den in Umfangsrichtung inneren Seitenflächen der geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppe **51** verbunden ist, einer axialen Endfläche des Statorkerns **31** gegenüberliegt.

[0061] Genauer gesagt, in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** (d.h. der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe **51a** und **51b**) hat der Windungs-

abschnitt **54** ein erstes Umfangsende, das mit demjenigen des Paares gerader Abschnitte **53** verbunden ist, der sich radial innen befindet, und ein zweites Umfangsende, das mit demjenigen des Paares gerader Abschnitte **53** verbunden ist, der sich radial außen befindet. Der Windungsabschnitt **54** erstreckt sich entlang der Umfangsrichtung von dem ersten Umfangsende bis in die Nähe eines zentralen Teils davon. Darüber hinaus hat der Windungsabschnitt **54**, wie in den **Fig. 2** und **Fig. 7** gezeigt, eine erste Biegung **55**, die von der radial inneren Seite zur radial äußeren Seite in Bezug auf die Umfangsrichtung in der Nähe des zentralen Teils des Windungsabschnitts **54** gebogen ist. Die erste Biegung **55** ist in dem Maße gebogen, dass der Windungsabschnitt **54** parallel zur radialen Richtung wird, d.h. in dem Maße, dass alle elektrischen Leitersegmente **52**, die den Windungsabschnitt **54** bilden, in Umfangsrichtung zueinander ausgerichtet werden.

[0062] Folglich ist, wie in **Fig. 2** und **Fig. 7-8** gezeigt, in der Nähe des zentralen Teils des Windungsabschnitts **54** ein sich radial erstreckender Teil **56** ausgebildet, der sich entlang der radialen Richtung erstreckt. Außerdem entspricht, wie in **Fig. 7** gezeigt, der sich radial erstreckende Teil **56** einem Scheitelteil des Windungsabschnitts **54**, der sich axial am weitesten vom Statorkern **31** im Windungsabschnitt **54** befindet. Das heißt, im Bereich vom ersten Umfangsende bis zum sich radial erstreckenden Teil **56** erstreckt sich der Windungsabschnitt **54** schräg zur axialen Richtung und weg vom Statorkern **31**.

[0063] Darüber hinaus ist, wie in **Fig. 2** gezeigt, der sich radial erstreckende Teil **56** mit einer zweiten Biegung **57** des Windungsabschnitts **54** verbunden, die aus der radialen Richtung in Richtung der Umfangsrichtung gebogen ist. Genauer gesagt ist die zweite Biegung **57** in einem spitzen Winkel in Form einer Haarnadelkurve gebogen, so dass ein Teil der zweiten Biegung **57** radial nach außen aus den Schlitzen **35** des Statorkerns **31** herausragt. Von der zweiten Biegung **57** erstreckt sich der Windungsabschnitt **54** entlang der Umfangsrichtung bis zu seinem zweiten Umfangsende. Außerdem erstreckt sich, wie in **Fig. 7** gezeigt, im Bereich von dem sich radial erstreckenden Teil **56** bis zu dessen zweitem Umfangsende der Windungsabschnitt **54** schräg in Bezug auf die axiale Richtung und in Richtung des Statorkerns **31**.

[0064] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Krümmungsradius (oder Rundungsradius R) der zweiten Biegung **57** kleiner eingestellt als der Krümmungsradius der ersten Biegung **55**. Daher ist im Windungsabschnitt **54** eine Biegung mit einem kleineren Krümmungsradius (d.h. die zweite Biegung **57**) weiter radial außen angeordnet als eine Biegung mit einem größeren Krümmungsradius (d.h. die erste Biegung **55**).

[0065] Darüber hinaus ist, wie in **Fig. 2** gezeigt, der überstehende Betrag der zweiten Biegung **57** (d.h. der Betrag, um den die zweite Biegung **57** radial aus den Schlitzen **35** des Stator kernels **31** herausragt) so eingestellt, dass er innerhalb des Bereichs des hinteren Jochs **33** des Stator kernels **33** liegt. Das heißt, der überstehende Betrag ist so eingestellt, dass sich die gesamte zweite Biegung **57** radial innerhalb des radial äußeren Umfangs des Stator kernels **31** befindet.

[0066] Andererseits ragt, wie in **Fig. 2** gezeigt, die erste Biegung **55** nicht radial nach innen aus den Schlitzen **35** des Stator kernels **31** heraus. Das heißt, der Betrag, um den der Windungsabschnitt **54** radial nach außen aus den Schlitzen **35** des Stator kernels **31** herausragt, ist so eingestellt, dass er größer ist als der Betrag, um den der Windungsabschnitt **54** radial nach innen aus den Schlitzen **35** herausragt. Mit anderen Worten, die Statorspule **32** wölbt sich nur radial nach außen, nicht radial nach innen aus den Schlitzen **35** des Stator kernels **31**.

[0067] Wie oben beschrieben, bilden in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die erste Biegung **55**, der sich radial erstreckende Teil **56** und die zweite Biegung **57** zusammen den im Wesentlichen S-förmig gebogenen Teil des Drehteils **54**.

[0068] Darüber hinaus ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Rotor **40** so konfiguriert, dass er sich in einer vorbestimmten Drehrichtung dreht, die in **Fig. 2** durch einen ausgeblendeten Pfeil angedeutet ist (d.h. die Richtung gegen den Uhrzeigersinn in **Fig. 2**). In jeder der elektrischen Leitergruppen **51** (d.h. der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe **51a** und **51b**) erstreckt sich der Windungsabschnitt **54** radial nach außen, während er sich in der Drehrichtung des Rotors **40** erstreckt. Das heißt, von dem Paar von Umfangsenden des Windungsabschnitts **54** ist das zweite Umfangsende auf der radial äußeren Seite in der Drehrichtung des Rotors **40** vor (stromabwärts) von dem ersten Umfangsende auf der radial inneren Seite angeordnet.

[0069] Wie in **Fig. 4** und **Fig. 7** gezeigt, sind für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** so angeordnet, dass sie einander in axialer Richtung überlappen. Außerdem befindet sich der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** auf der axial inneren Seite (oder der Seite des Stator kernels **31**) des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a**. Darüber hinaus sind die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** so angeordnet, dass eine axial innere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** einer axial äußeren Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Lei-

tergruppe **51b** zugewandt und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand von dieser beabstandet ist. Das heißt, die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe **51a** und **51b** sind so angeordnet, dass sie sich parallel zueinander erstrecken.

[0070] Genauer gesagt, wie in **Fig. 4A** und **Fig. 7** gezeigt, sind die schrägen Winkel α des Windungsabschnitts **54** zu den geraden Abschnitten **53** in der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** im Wesentlichen gleich den schrägen Winkeln α des Windungsabschnitts **54** zu den geraden Abschnitten **53** in der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b**. Darüber hinaus befinden sich die erste Biegung **55**, der sich radial erstreckende Teil **56** und die zweite Biegung **57** in dem Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** jeweils an im Wesentlichen denselben Umfangspositionen wie die erste Biegung **55**, der sich radial erstreckende Teil **56** und die zweite Biegung **57** in dem Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b**. Darüber hinaus sind der Krümmungsradius der ersten Biegung **55**, die Länge des sich radial erstreckenden Teils **56** und der Krümmungsradius der zweiten Biegung **57** in dem Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** so eingestellt, dass sie jeweils im Wesentlichen gleich dem Krümmungsradius der ersten Biegung **55**, der Länge des sich radial erstreckenden Teils **56** und dem Krümmungsradius der zweiten Biegung **57** in dem Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** sind. Das heißt, der gebogene Teil des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und der gebogene Teil des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** haben im Wesentlichen die gleiche „S“-Form.

[0071] Bei der vorstehenden Konfiguration, wie in **Fig. 8** dargestellt, sind die elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** und **51b** bilden, an den Windungsabschnitten **54** jedes Paares der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** parallel zu den elektrischen Leitersegmenten **52** angeordnet, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden. Darüber hinaus sind die axial inneren Seitenflächen (d.h. die unteren Seitenflächen in **Fig. 8**) der elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, jeweils den axial äußeren Seitenflächen (d.h. den oberen Seitenflächen in **Fig. 8**) der elektrischen Leitersegmente **52**, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden, axial gegenüberliegend und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand zu ihnen angeordnet.

[0072] Darüber hinaus können die axial inneren Seitenflächen der elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, alternativ in Oberflächenkontakt mit den axial äußeren Sei-

tenflächen der elektrischen Leitersegmente **52**, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden, angeordnet sein. Das heißt, die axial-inneren Seitenflächen der elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, dürfen nicht von den axial-äußeren Seitenflächen der elektrischen Leitersegmente **52**, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden, beabstandet sein.

[0073] Darüber hinaus sind, wie in **Fig. 2** gezeigt, die im Wesentlichen S-förmig gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** des Stator kernels **31** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist.

[0074] Genauer gesagt sind, wie in den **Fig. 2** und **Fig. 7** gezeigt, die sich radial erstreckenden Teile **56** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppen **51a** in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den sich radial erstreckenden Teilen **56** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** ist so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist. In ähnlicher Weise sind die sich radial erstreckenden Teile **56** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppen **51b** ebenfalls in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den sich radial erstreckenden Teilen **56** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** ist ebenfalls so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist.

[0075] Außerdem ist zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der sich radial erstreckenden Teile **56** der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** ein vorbestimmter Abstand **C1** vorgesehen. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Stator **30** so konfiguriert, dass er die folgende Beziehung erfüllt:

$$Rc \times 2 \times \pi / S \leq N \times Hc \leq Rc \times 2 \times \pi / (S / 2)$$

wobei Rc der Abstand von einer Mittelachse des Stator kernels **31** (oder der Mittelachse O der rotierenden Welle **11**) zur radialen Mitte jedes der Schlitze **35** ist, S die Anzahl der im Stator kern **31** ausgebildeten

Schlitze **35** ist, N die Anzahl der elektrischen Leitersegmente **52** ist, die in jeder der elektrischen

[0076] Leitergruppen **51** enthalten sind, und Hc die radiale Dicke jedes der elektrischen Leitersegmente **52** in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31** ist.

[0077] Darüber hinaus ist der Abstand Rc in **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt. Wie aus **Fig. 2** ersichtlich ist, kann der Abstand Rc als der Abstand von der Mittelachse des Stator kernels **31** zur radialen Mittelposition der sich radial erstreckenden Teile **56** der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** betrachtet werden. Darüber hinaus kann, wie aus **Fig. 3** ersichtlich, der Abstand Rc auch als der Abstand von der Mittelachse des Stator kernels **31** zur Grenze zwischen den beiden elektrischen Leitergruppen **51** in jeder der Schlitze **35** betrachtet werden. Die radiale Dicke Hc jedes der elektrischen Leitersegmente **52** ist in **Fig. 3** dargestellt. Außerdem stellt, wie aus **Fig. 8** ersichtlich, $N \times Hc$ die Umfangsabmessung jedes der sich radial erstreckenden Teile **56** (oder der Scheitelteile) der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** dar.

[0078] Unter nochmaliger Bezugnahme auf die **Fig. 2** und **Fig. 7** sind die ersten Biegungen **55** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den ersten Biegungen **55** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** ist so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist. In ähnlicher Weise sind die ersten Biegungen **55** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** ebenfalls in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den ersten Biegungen **55** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** ist ebenfalls so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist.

[0079] Außerdem sind die zweiten Biegungen **57** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den zweiten Biegungen **57** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** ist so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist. In ähnlicher Weise sind auch die zweiten Biegungen **57** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe

51b in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den zweiten Biegungen **57** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** ist ebenfalls so eingestellt, dass er größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** ist.

[0080] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind, wie in **Fig. 12B** gezeigt, für jede der elektrischen Leitergruppen **51** die elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektrische Leitergruppe **51** bilden, an dem Windungsabschnitt **54** der elektrischen Leitergruppe **51** parallel zueinander angeordnet, wobei die Anordnungsreihenfolge der elektrischen Leitersegmente **52** an dem Paar von geraden Abschnitten **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31** beibehalten wird.

[0081] Wie in **Fig. 9** dargestellt, werden die geraden Abschnitte **53** jedes axial überlappenden Paares der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** von der ersten axialen Seite (d.h. der oberen Seite in **Fig. 9**) des Stator kernels **41** in die entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31** eingeführt. Dann werden die distalen Endteile der geraden Abschnitte **53**, die auf der zweiten axialen Seite (d.h. der unteren Seite in **Fig. 10**) des Stator kernels **31** aus den entsprechenden Schlitzen **35** herausragen, verdreht und entlang der Umfangsrichtung in einem vorgegebenen Abstand gebogen, wodurch Verbindungsabschnitte **58** gebildet werden.

[0082] Wie in **Fig. 11** und **Fig. 13** gezeigt, umfasst jeder der Verbindungsabschnitte **58** einen ersten Anschlussabschnitt **58a**, der in Umfangsrichtung nach außen von einem entsprechenden Paar der geraden Abschnitte **53** gebogen ist, und einen zweiten Anschlussabschnitt **58b**, der in Umfangsrichtung nach innen von einem entsprechenden Paar der geraden Abschnitte **53** gebogen ist.

[0083] Darüber hinaus ist **Fig. 11A** eine perspektivische Ansicht eines Teils des Stators **30** in Umfangsrichtung. **Fig. 11B** ist eine Draufsicht auf einen Teil des Stators **30** in der Umfangsrichtung entwickelt. Es sollte beachtet werden, dass der Einfachheit halber nur einige der Verbindungsabschnitte **58** in den **Fig. 11A** und **Fig. 11B** dargestellt sind und dass tatsächlich alle Schlitze **35** des Stator kernels **31** die entsprechenden geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppen **51**, die darin aufgenommen sind, und die entsprechenden Verbindungsabschnitte **58**, die daraus hervorstehen, aufweisen.

[0084] Die Biegerichtungen der Anschlussabschnitte **58a** und **58b** werden auf der Grundlage eines vorgegebenen Anschlussmusters der Statorspule **32** für die elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektri-

schen Leitergruppen **51** bilden, variiert. Außerdem ist die Art und Weise, wie die Biegerichtungen der Anschlussabschnitte **58a** und **58b** für die elektrischen Leitersegmente **52** variiert werden, in den **Fig. 11A** und **Fig. 11B** dargestellt.

[0085] Jedes entsprechende Paar der Anschlussabschnitte **58a** und **58b** der elektrischen Leitergruppen **51** wird z.B. durch WIG-Schweißen, Laserschweißen, Ultraschallschweißen oder Ähnliches miteinander verbunden. Folglich werden die Anschlussabschnitte **58** mit dem Stator kern **31** in axialer Richtung in Eingriff gebracht und daran befestigt; somit sind die elektrischen Leitergruppen **51** durch die Anschlussabschnitte **58** und die Drehabschnitte **54** am Stator kern **31** befestigt. Dadurch werden die geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppen **51** an einer axialen Bewegung relativ zum Stator kern **31** gehindert und somit zuverlässig in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31** gehalten.

[0086] Außerdem sind die elektrischen Leitergruppen **51** durch die Anschlussabschnitte **58** in dem vorgegebenen Anschlussmuster elektrisch verbunden und bilden die U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32**.

[0087] Als nächstes wird das Anschlussbild der Statorspule **32** unter Bezugnahme auf **Fig. 12A-12B** und **Fig. 13** detailliert beschrieben.

[0088] **Fig. 12A** veranschaulicht die Anordnung eines Paares von ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31**. **Fig. 12B** veranschaulicht die Anordnung der elektrischen Leitersegmente **52**, die die in **Fig. 12A** gezeigte erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31**. **Fig. 13** veranschaulicht das Anschlussbild der U-Phasen-Wicklung der Statorspule **32**. Darüber hinaus ist in **Fig. 12A** und **Fig. 13** die erste elektrische Leitergruppe **51a** mit durchgezogenen Linien dargestellt, während die zweite elektrische Leitergruppe **51b** mit gestrichelten Linien dargestellt ist.

[0089] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 12A-12B** und **Fig. 13** gezeigt, ist jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als verteilte Wicklung konfiguriert.

[0090] Darüber hinaus ist, wie in den **Fig. 12A-12B** gezeigt, für jede der elektrischen Leitergruppen **51** (d.h. die erste und die zweite elektrische Leitergruppe **51a** und **51b**) einer des Paares von geraden Abschnitten **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in einem radial äußeren Teil eines entsprechenden Schlitzes **35** aufgenommen, während der andere des Paares von geraden Abschnitten **53** in einem radial inneren Teil eines anderen entsprechenden Schlitzes **35**

aufgenommen ist. Außerdem ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** mit einer 7-Schlitz-Teilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** mit einer 5-Schlitz-Teilung ausgebildet ist.

[0091] Wie in **Fig. 13** gezeigt, sind in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** die Paare von geraden Abschnitten **53**, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen befinden, durch den Windungsabschnitt **54** auf der ersten axialen Seite (d.h. der oberen Seite in **Fig. 13**) des Statorkerns **31** verbunden. Andererseits ist auf der zweiten axialen Seite (d.h. der unteren Seite in **Fig. 13**) des Statorkerns **31** jedes entsprechende Paar der geraden Abschnitte **53**, die zu verschiedenen der elektrischen Leitergruppen **51** gehören und sich an der gleichen radialen Position befinden, durch einen der Verbindungsabschnitte **58** verbunden.

[0092] Darüber hinaus ist, wie in **Fig. 13** gezeigt, jede Phasenwicklung der Statorspule **32** auf den Statorkern **31** in einer verteilten Wicklung Weise, insbesondere in einer Welle-Lappen Wicklung Weise gewickelt. Außerdem ist jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als Vollabstandswicklung ausgeführt, deren Steigung gleich der Magnetpolsteigung ist.

[0093] Wie zuvor beschrieben, sind in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 14** gezeigt, die U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** sternförmig miteinander verbunden, um den Neutralpunkt dazwischen zu definieren. Außerdem sind die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**, die eine gleiche der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** bilden, miteinander in Reihe geschaltet. Darüber hinaus sind die ersten elektrischen Leitergruppen **51a** näher am Sternpunkt angeschlossen als die zweiten elektrischen Leitergruppen **52**.

[0094] Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es möglich, die folgenden vorteilhaften Effekte zu erzielen.

[0095] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst der Elektromotor **10** den Stator **30** (oder Anker). Der Stator **30** umfasst den Statorkern **31** (oder ringförmigen Ankerkern) und die dreiphasige Statorspule **32** (oder Ankerspule), die um den Statorkern **31** gewickelt ist. Der Statorkern **31** weist eine Vielzahl von Schlitzen **35** auf, die in seiner Umfangsrichtung angeordnet sind. Die Statorspule **32** ist aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen elektrischen Leitergruppen **51** gebildet. Jede der elektrischen Leitergruppen **51** besteht aus einem Bündel einer Vielzahl (z.B. vier in dem vorliegenden Aus-

führungsbeispiel) von elektrischen Leitersegmenten **52**. Jede der Vielzahl von elektrischen Leitergruppen **51** ist im Wesentlichen U-förmig, um das Paar von geraden Abschnitten **53** (oder Schenkelabschnitten) und den Windungsabschnitt **54** (oder Verbindungsabschnitt) zu haben. Das Paar der geraden Abschnitte **53** wird jeweils in einem entsprechenden Paar der Schlitze **35** des Statorkerns **31** aufgenommen, so dass es sich an unterschiedlichen radialen Positionen in den entsprechenden Schlitzen **35** befindet. Der Windungsabschnitt **54** erstreckt sich auf der ersten axialen Seite des Statorkerns **31**, um das Paar der geraden Abschnitte **53** zu verbinden. Der Windungsabschnitt **54** hat den im Wesentlichen S-förmig gebogenen Teil, der radial in Bezug auf die Umfangsrichtung gebogen ist. Die Vielzahl von elektrischen Leitergruppen **51** sind so gepaart, dass jedes Paar der elektrischen Leitergruppen **51** aus einer ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und einer zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** besteht, die beide zu einer gleichen Phase der Statorspule **32** gehören. Der Umfangsabstand zwischen dem Paar von geraden Abschnitten **53** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** ist größer als der Umfangsabstand zwischen dem Paar von geraden Abschnitten **53** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b**. In jedem Paar der elektrischen Leitergruppen **51** sind die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** so angeordnet, dass sie einander axial überlappen.

[0096] Mit der vorstehenden Anordnung wird es möglich, einen größeren Abstand zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** bereitzustellen als im Fall der Anordnung der Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**, die sich nicht axial überlappen. Folglich wird es einfacher, die Konstruktionspezifikationen des Elektromotors **10** zu ändern, wie z.B. die Verringerung des Außendurchmessers des Stators **30**, die Erhöhung der Anzahl der im Statorkern **31** ausgebildeten Schlitze **35**, die Erhöhung der Dicke der elektrischen Leitersegmente **52** oder die Erhöhung der Anzahl der elektrischen Leitersegmente **52**, die in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** enthalten sind.

[0097] Darüber hinaus wird es mit der vorstehenden Anordnung möglich, den Abstand zwischen jedem axial benachbarten Paar der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** zu verringern und dadurch die Größe eines Spulenendes der Statorspule **32** zu reduzieren, als in dem Fall, in dem die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** so angeordnet sind, dass sie einander nicht axial überlappen. Darüber hinaus wird das Spulenende aus allen Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** gebildet.

[0098] Um die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** so anzuordnen, dass sie einander axial überlappen, werden die elektrischen Leitergruppen **51** an den jeweiligen Windungsabschnitten **54** auf die gleiche Weise gebogen. Folglich wird es möglich, das Auftreten von Störungen zwischen jedem benachbarten Paar der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** zu verhindern.

[0099] Da außerdem die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**, die so angeordnet sind, dass sie einander axial überlappen, zu einer gleichen Phase der Statorspule **32** gehören, wird es möglich, das Auftreten einer elektrischen Entladung zu unterdrücken, selbst wenn die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** versehentlich miteinander in Kontakt gebracht werden.

[0100] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind für jede der elektrischen Leitergruppen **51** die elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektrische Leitergruppe **51** bilden, an dem Paar gerader Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in der vorbestimmten Anordnungsreihenfolge in radialer Richtung so angeordnet, dass sie in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kernels **31** radial miteinander fluchten. Darüber hinaus sind die elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektrische Leitergruppe **51** bilden, an dem Windungsabschnitt **54** der elektrischen Leitergruppe **51** parallel zueinander angeordnet, wobei die Anordnungsreihenfolge der elektrischen Leitersegmente **52** an dem Paar von geraden Abschnitten **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in den entsprechenden Schlitzen **35** beibehalten wird.

[0101] Mit der vorstehenden Anordnung können die elektrischen Leitersegmente **52** auf die gleiche Weise gebogen werden, wodurch die Herstellung des Stators **30** erleichtert wird. Außerdem können die elektrischen Leitersegmente **52** entlang der Umfangsrichtung am Windungsabschnitt **54** angeordnet werden, wodurch die axiale Breite des Windungsabschnitts **54** verringert wird.

[0102] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die im Wesentlichen S-förmig gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppen **51a** in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppen **51a** ist größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** des Stator kernels **31** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35**. Die im Wesentlichen S-förmig gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppen **51b** sind ebenfalls in Umfangsrichtung fluchtend zueinander

angeordnet. Der Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppen **51b** ist ebenfalls größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35** des Stator kernels **31** und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen **35**.

[0103] Mit der vorstehenden Anordnung wird es möglich, die axiale Breite des Spulenendes, das aus allen Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** gebildet wird, zu reduzieren.

[0104] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird für jede der elektrischen Leitergruppen **51** einer des Paares gerader Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in dem radial äußeren Teil einer entsprechenden Nut **35** des Stator kernels **31** aufgenommen und der andere des Paares gerader Abschnitte **53** wird in dem radial inneren Teil einer anderen entsprechenden Nut **35** des Stator kernels **31** aufgenommen. In dem gebogenen Teil des Windungsabschnitts **54** der elektrischen Leitergruppe **51** ist der sich radial erstreckende Teil **56** ausgebildet, der sich entlang der radialen Richtung erstreckt und in dem die elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektrische Leitergruppe **51** bilden, in Umfangsrichtung zueinander ausgerichtet angeordnet sind. Darüber hinaus sind die sich radial erstreckenden Teile **56** der Windungsabschnitte **54** der ersten elektrischen Leitergruppen in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet; und die sich radial erstreckenden Teile **56** der Windungsabschnitte **54** der zweiten elektrischen Leitergruppen sind ebenfalls in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet. Der Stator **30** ist so konfiguriert, dass er die Beziehung von $Rc \times 2 \times Tr / S \leq N \times Hc \leq RC \times 2 \times \pi / (S/2)$ erfüllt.

[0105] Mit der vorstehenden Konfiguration wird es möglich, die axiale Breite des Spulenendes, das aus allen Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** gebildet wird, effektiver zu reduzieren.

[0106] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** der vorbestimmte Abstand **C1** vorgesehen.

[0107] Die gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** werden im Allgemeinen durch Biegen der elektrischen Leitersegmente **52** gebildet. Daher ist es an den gebogenen Teilen der Windungsabschnitte **54** leichter, dass große Dehnungen induziert werden und die Isolierbeschichtungen **52b** der elektrischen Leitersegmente **52** beschädigt werden als an den anderen Teilen der Windungsabschnitte **54**. Mit dem Abstand **C1**, der zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen

51 vorgesehen ist, genauer gesagt zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der sich radial erstreckenden Teile **56** der gebogenen Teile, ist es jedoch immer noch möglich, die elektrische Isolierung zwischen den U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** sicherzustellen.

[0108] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist für jede der elektrischen Leitergruppen **51** einer des Paares gerader Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in dem radial äußeren Teil einer entsprechenden Nut **35** des Statorkerns **31** aufgenommen und der andere des Paares gerader Abschnitte **53** ist in dem radial inneren Teil einer anderen entsprechenden Nut **35** des Statorkerns **31** aufgenommen. Außerdem ist jede der elektrischen Leitergruppen **51** so konfiguriert, dass sie die Beziehung $W_{cx2} < H_{cxN}$ erfüllt. Darüber hinaus ist jede der elektrischen Leitergruppen **51** so gebogen, dass die axial innere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der elektrischen Leitergruppe **51**, die mit den in Umfangsrichtung inneren Seitenflächen der geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppe **51** verbunden ist, der axialen Endfläche des Statorkerns **31** zugewandt ist.

[0109] Mit der vorstehenden Konfiguration wird es möglich, die axiale Breite der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** effektiver zu reduzieren.

[0110] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Statorspule **32** eine dreiphasige Spule, bei der die U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen sternförmig miteinander verbunden sind, um den Neutralpunkt dazwischen zu definieren. Die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**, die eine gleiche der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** bilden, sind in Reihe miteinander verbunden. Außerdem sind die ersten elektrischen Leitergruppen **51a** näher am Sternpunkt angeschlossen als die zweiten elektrischen Leitergruppen **51b** (siehe **Fig. 14**).

[0111] Mit der vorstehenden Konfiguration haben die zweiten elektrischen Leitergruppen **51b** ein höheres elektrisches Potential als die ersten elektrischen Leitergruppen **51a**. Außerdem ist, wie oben beschrieben, bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in jedem Paar der elektrischen Leitergruppen **51** die zweite elektrische Leitergruppe **51b** axial innerhalb der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** angeordnet und von dieser abgedeckt. Folglich wird es möglich, einen ausreichenden Abstand von der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** zu anderen elektrischen Leitergruppen **51** sicherzustellen, die zu einer anderen Phase der Statorspule **32** als die zweite elektrische Leitergruppe **51b** gehören, wodurch die Isolationseigenschaften der Statorspule **32** verbessert werden.

[0112] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind an den Windungsabschnitten **54** jedes Paares der elektrischen Leitergruppen **51** die axial innere Seitenfläche der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und die axial äußere Seitenfläche der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** axial gegenüberliegend und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand zueinander angeordnet. Das heißt, die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe **51a** und **51b** sind so angeordnet, dass sie sich parallel zueinander erstrecken. Folglich wird es möglich, zu verhindern, dass die Windungsabschnitte **54** der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** miteinander in Kontakt kommen, wodurch verhindert wird, dass die Isolierbeschichtungen **52b** der elektrischen Leitersegmente **52**, die die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** bilden, durch den Kontakt zwischen den Windungsabschnitten **54** beschädigt werden. Alternativ können an den Windungsabschnitten **54** jedes Paares der elektrischen Leitergruppen **51** die axial-innere Seitenfläche der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und die axial-äußere Seitenfläche der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** in Flächenkontakt zueinander angeordnet sein. In diesem Fall ist es möglich, einen größeren Kontaktbereich zwischen der axial-inneren Seitenfläche der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und der axial-äußeren Seitenfläche der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** sicherzustellen als im Fall der Anordnung in Punkt- oder Linienkontakt miteinander; folglich ist es möglich, eine Beschädigung der isolierenden Mäntel **52b** der elektrischen Leitersegmente **52**, die die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** bilden, aufgrund von Kontakt zwischen den Windungsabschnitten **54** zu unterdrücken.

[0113] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst jedes der elektrischen Leitersegmente **52** den Hauptkörper **52a**, der aus einem elektrisch leitenden Material gebildet ist, und die Isolierbeschichtung **52b**, die die Oberfläche des Hauptkörpers **52a** bedeckt. Der Isoliermantel **52b** ist aus einem elektrisch isolierenden Material mit darin ausgebildeten Freiräumen gebildet.

[0114] Bei der vorstehenden Konfiguration können die in den Isolierbeschichtungen **52b** der elektrischen Leitersegmente **52** gebildeten Hohlräume kollabieren, wenn die Isolierbeschichtungen **52b** z.B. einer äußeren Kraft oder Vibration ausgesetzt werden, wodurch sich die Isoliereigenschaften der Isolierbeschichtungen **52b** erheblich verschlechtern. Wie oben beschrieben, sind jedoch bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Windungsabschnitte **54** jedes Paares der elektrischen Leitergruppen **51** so angeordnet, dass sie einander axial überlappen; zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** ist der vorbestimmte

Abstand **C1** vorgesehen. Folglich ist es, obwohl die Isolierbeschichtung **52b** aus dem elektrisch isolierenden Material mit darin ausgebildeten Freiräumen gebildet ist, immer noch möglich, die Isolationseigenschaften der Isolierbeschichtungen **52b** zu sichern.

[0115] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, an den Windungsabschnitten **54** jedes Paares der elektrischen Leitergruppen **51** jeweils den elektrischen Leitersegmenten **52**, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden, axial gegenüberliegend und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand zu ihnen angeordnet (siehe **Fig. 8**).

[0116] Mit der vorstehenden Anordnung ist es möglich, eine Beschädigung der Isoliermängel **52b** der elektrischen Leitersegmente **52** zu verhindern und gleichzeitig eine Zunahme der axialen Breite des Spulenendes zu unterdrücken, das aus allen Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** gebildet wird.

[0117] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** der gebogene Teil des Windungsabschnitts **54** so konfiguriert, dass er die erste Biegung **55**, den sich radial erstreckenden Teil **56** und die zweite Biegung **57** umfasst. Der Krümmungsradius (oder Rundungsradius R) der zweiten Biegung **57** ist so eingestellt, dass er kleiner ist als der Krümmungsradius der ersten Biegung **55**. Außerdem befindet sich die zweite Biegung **57** radial außerhalb der ersten Biegung **55** (siehe **Fig. 2**).

[0118] Mit der vorstehenden Konfiguration wird es möglich, alle zweiten Biegungen **57** der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51**, bei denen der Krümmungsradius relativ klein ist und es daher für die isolierenden Mängel **52b** der elektrischen Leitersegmente **52**, die die elektrischen Leitergruppen **51** bilden, leichter ist, während des Biegens der elektrischen Leitergruppen **51** beschädigt zu werden, an einem radial äußeren Teil der Statorspule **32** anzuordnen. Folglich wird es möglich, einen ausreichenden Abstand zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der zweiten Biegungen **57** der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** sicherzustellen, wodurch die Isolationseigenschaften der Statorspule **32** verbessert werden.

[0119] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** so geformt, dass der Betrag, um den die Windungsabschnitte **54** radial nach außen aus den Schlitzen **35** des Statorkerns **31** herausragen, größer ist als der Betrag, um den die Windungsabschnitte **54** radial nach innen aus den Schlitzen **35** herausragen. Mit anderen Worten, die Statorspule **32** wölbt sich nur radial nach außen, nicht radial nach in-

nen von den Schlitzen **35** des Statorkerns **31** (siehe **Fig. 2**).

[0120] Mit der vorstehenden Konfiguration wird es möglich, zu verhindern, dass die Statorspule **32** von Kontakt mit dem Rotor **40** zu machen. Darüber hinaus wird es auch möglich, einen ausreichenden Abstand zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** zu sichern, während eine Zunahme der axialen Breite des Spulenendes unterdrückt wird, das aus allen Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** gebildet wird.

[0121] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Rotor **40** so konfiguriert, dass er sich in der vorgegebenen Drehrichtung (d.h. in **Fig. 2** gegen den Uhrzeigersinn) dreht. In jeder der elektrischen Leitergruppen **51** erstreckt sich der Windungsabschnitt **54** radial nach außen, wenn er sich in der Drehrichtung des Rotors **40** erstreckt. Das heißt, von dem Paar von Umfangsenden des Windungsabschnitts **54** ist das zweite Umfangsende auf der radial äußeren Seite in der Drehrichtung des Rotors **40** vor dem ersten Umfangsende auf der radial inneren Seite angeordnet.

[0122] Mit der vorstehenden Konfiguration ist es im Fall der Kühlung der Statorspule **32** durch Öl einfach für das vom Rotor **40** fließende Öl, durch die Lücken zwischen den Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** zu gelangen und dadurch die Statorspule **32** effektiv zu kühlen. Andernfalls, im Falle der Kühlung der Statorspule **32** durch Luft, ist es für die vom Rotor **40** strömende Luft einfach, durch die Lücken zwischen den Windungsabschnitten **54** der elektrischen Leitergruppen **51** zu gelangen. Folglich kann der Luftwiderstand gesenkt werden, wodurch Windgeräusche, die während der Rotation des Rotors **40** entstehen, unterdrückt werden.

[0123] Während das obige spezifische Ausführungsbeispiel gezeigt und beschrieben wurde, ist es dem Fachmann ersichtlich, dass verschiedene Modifikationen, Änderungen und Verbesserungen vorgenommen werden können, ohne vom Geist der vorliegenden Offenbarung abzuweichen.

[Erste Modifikation]

[0124] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel umfasst jedes der elektrischen Leitersegmente **52** den Hauptkörper **52a**, der aus einem elektrisch leitenden Material gebildet ist, und die Isolierbeschichtung **52b**, die die Oberfläche des Hauptkörpers **52a** bedeckt. Die Isolierbeschichtung **52b** ist aus einem elektrisch isolierenden Material mit darin ausgebildeten Freiräumen gebildet (siehe **Fig. 6**).

[0125] Alternativ kann, wie in **Fig. 15A** gezeigt, jedes der elektrischen Leitersegmente **52** weiterhin eine Isolierbeschichtung **52c** ohne darin ausgebildete Hohlräume aufweisen. Darüber hinaus kann die Isolierbeschichtung **52c** ohne Hohlräume vorgesehen sein, um die Oberfläche des Hauptkörpers **52a** zu bedecken, und die Isolierbeschichtung **52b** mit Freiräumen kann vorgesehen sein, um die äußere Oberfläche der Isolierbeschichtung **52c** zu bedecken.

[0126] Als weitere Alternative, wie in **Fig. 15B** gezeigt, kann die Isolierbeschichtung **52b** mit Freiräumen vorgesehen werden, um die Oberfläche des Hauptkörpers **52a** zu bedecken, und die Isolierbeschichtung **52c** ohne Hohlräume kann vorgesehen werden, um die Außenfläche der Isolierbeschichtung **52b** zu bedecken.

[Zweite Modifikation]

[0127] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel, wie sie in **Fig. 8**, in jedem Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** die elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, in einer Reihe so ausgerichtet sind, dass die axial inneren und axial äußeren Seitenflächen des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** eine flache Form haben; die elektrischen Leitersegmente **52**, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden, in einer Reihe ausgerichtet sind, so dass die axial inneren und axial äußeren Seitenflächen des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** eine flache Form haben; und die axial innere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und die axial äußere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** einander axial gegenüberliegen und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand voneinander angeordnet sind.

[0128] Alternativ können, wie in den **Fig. 16A-16C** gezeigt, in jedem Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe **51a** und **51b** die elektrischen Leitersegmente **52**, die die erste elektrische Leitergruppe **51a** bilden, so ausgerichtet werden, dass die axial inneren und axial äußeren Seitenflächen des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** wellenförmig sind; und die elektrischen Leitersegmente **52**, die die zweite elektrische Leitergruppe **51b** bilden, können so ausgerichtet werden, dass die axial inneren und axial äußeren Seitenflächen des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** wellenförmig sind. Darüber hinaus ist es in diesem Fall wünschenswert, dass die axial innere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und die axial äußere Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** axial einander gegenüberliegen und in einem im Wesentli-

chen konstanten Abstand voneinander beabstandet sind, wie in den **Fig. 16A** und **Fig. 16B** gezeigt. Im Gegensatz dazu ist es unerwünscht, dass der Abstand zwischen der axial-inneren Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und der axial-äußeren Seitenfläche des Windungsabschnitts **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** ungleichmäßig ist, wie in **Fig. 16C** dargestellt.

[Dritte Modifikation]

[0129] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 12A-12B** und **Fig. 13** gezeigt, ist jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als eine verteilte Wicklung mit vollem Abstand konfiguriert. Darüber hinaus ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** mit einer 7-Schlitz-Aufteilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** mit einer 5-Schlitz-Aufteilung ausgebildet ist.

[0130] Jede Phasenwicklung der Statorspule **32** kann jedoch alternativ auch auf andere Weise gewickelt werden. Außerdem können die Windungsabschnitte **54** der elektrischen Leitergruppen **51** alternativ in anderen Aufteilungen als den 7er- und 5er-Aufteilungen ausgebildet sein.

[0131] Zum Beispiel kann, wie in **Fig. 17A** und **Fig. 17B** gezeigt, jede Phasenwicklung der Statorspule **32** alternativ als eine verteilte Wicklung mit kurzem Abstand konfiguriert sein. Insbesondere ist in diesem Beispiel, wie in **Fig. 17A** gezeigt, für jede der elektrischen Leitergruppen **51** (d.h. die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**) einer des Paares von geraden Abschnitten **53** der elektrischen Leitergruppe **51** in einem radial äußeren Teil eines entsprechenden Schlitzes **35** aufgenommen, während der andere des Paares von geraden Abschnitten **53** in einem radial inneren Teil eines anderen entsprechenden Schlitzes **35** aufgenommen ist. Darüber hinaus ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** in einer 6-Schlitz-Aufteilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** in einer 4-Schlitz-Aufteilung ausgebildet ist. Außerdem sind, wie in **Fig. 17B** gezeigt, in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** die beiden geraden Abschnitte **53**, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen befinden, durch den Windungsabschnitt **54** auf der ersten axialen Seite (d.h. der oberen Seite in **Fig. 17B**) des Statorkerns **31** verbunden. Andererseits ist auf der zweiten axialen Seite (d.h. der unteren Seite in **Fig. 17B**) des Statorkerns **31** jedes entsprechende Paar der geraden Abschnitte **53**, die zu verschiedenen der elektrischen

Leitergruppen **51** gehören und sich an der gleichen radialen Position befinden, durch einen der Verbindungsabschnitte **58** verbunden. Darüber hinaus ist, wie in **Fig. 17B** gezeigt, jede Phasenwicklung der Statorspule **32** auf den Stator kern **31** in einer verteilten Wicklungsweise, insbesondere in einer Wellenüberlappungswicklungsweise, gewickelt.

[0132] Alternativ kann, wie in **Fig. 18A** und **Fig. 18B** gezeigt, jede Phasenwicklung der Statorspule **32** auf den Stator kern **31** in einer Wellenwicklung gewickelt werden. Insbesondere in dem in **Fig. 18A** gezeigten Beispiel ist jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als eine wellenförmig gewickelte Vollabstandswicklung konfiguriert. Darüber hinaus ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** mit einer 7-Schlitz-Aufteilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** mit einer 5-Schlitz-Aufteilung ausgebildet ist. Auf der anderen Seite ist in dem in **Fig. 18B** gezeigten Beispiel jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als eine wellengewickelte Wicklung mit kurzem Abstand konfiguriert. Darüber hinaus ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** mit einer 6-Schlitz-Aufteilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** mit einer 4-Schlitz-Aufteilung ausgebildet ist.

[0133] Als weitere Alternative kann, wie in **Fig. 19A** und **Fig. 19B** gezeigt, jede Phasenwicklung der Statorspule **32** in einer Überlappungswicklung auf den Stator kern **31** gewickelt werden. Insbesondere in dem in **Fig. 19A** gezeigten Beispiel ist jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als eine überlappend gewickelte Vollabstandswicklung konfiguriert. Darüber hinaus ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** mit einer 7-Schlitz-Aufteilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** mit einer 5-Schlitz-Aufteilung ausgebildet ist. Auf der anderen Seite ist in dem in **Fig. 19B** gezeigten Beispiel jede Phasenwicklung der Statorspule **32** als eine überlappend gewickelte Wicklung mit kurzem Abstand konfiguriert. Darüber hinaus ist für jedes Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** der Windungsabschnitt **54** der ersten elektrischen Leitergruppe **51a** mit einer 6-Schlitz-Aufteilung ausgebildet, während der Windungsabschnitt **54** der zweiten elektrischen Leitergruppe **51b** mit einer 4-Schlitz-Aufteilung ausgebildet ist.

[Vierte Modifikation]

[0134] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel hat jedes der elektrischen Leitersegmente **52** eine im Wesentlichen rechteckige Querschnittsform (siehe **Fig. 6**).

[0135] Jedes der elektrischen Leitersegmente **52** kann jedoch alternativ auch andere Querschnittsformen aufweisen, wie z.B. eine kreisförmige, elliptische oder tonnenförmige Querschnittsform, wie in **Fig. 20A-20C** gezeigt.

[0136] Darüber hinaus können im Fall, dass jedes der elektrischen Leitersegmente **52** eine kreisförmige, elliptische oder tonnenförmige Querschnittsform aufweist, die radiale Dicke H_c und die Umfangsbreite W_c jedes der elektrischen Leitersegmente **52** in den entsprechenden Schlitzen **35** des Stator kerns **31** wie in den **Fig. 20A-20C** gezeigt definiert werden. Genauer gesagt, kann in diesem Fall die radiale Dicke H_c durch die maximale radiale Dicke in jedem der elektrischen Leitersegmente **52** dargestellt werden; und die Umfangsbreite W_c kann durch die maximale Umfangsbreite in jedem der elektrischen Leitersegmente **52** dargestellt werden.

[Fünfte Modifikation]

[0137] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**, die eine gleiche der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** bilden, in Reihe miteinander verbunden (siehe **Fig. 14**).

[0138] Alternativ kann, wie in **Fig. 21** gezeigt, jede der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** eine Vielzahl (z.B. zwei in **Fig. 21**) von Paaren elektrischer Leitergruppen **51** umfassen. Die Paare von elektrischen Leitergruppen **51** sind parallel zueinander verbunden, und jedes Paar der elektrischen Leitergruppen **51** besteht aus einer ersten elektrischen Leitergruppe **51a** und einer zweiten elektrischen Leitergruppe **51b**, die in Reihe miteinander verbunden sind.

[Sechste Modifikation]

[0139] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel können Überbrückungsdrähte verwendet werden, um jedes entsprechende Paar von Teilen der Statorspule **32** zu verbinden, die in der Umfangsrichtung voneinander entfernt sind; diese Teile können beispielsweise Endabschnitte der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32**, einen neutralen Anschluss und U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Anschlüsse der Statorspule **32** umfassen. In diesem Fall, wie in **Fig. 22** gezeigt, ist es bevorzugt, durch die Überbrückungsdrähte **100** dieje-

nigen der Anschlussabschnitte **58a** und **58b** der elektrischen Leitersegmente **52** der elektrischen Leitergruppen **51** zu verbinden, die sich radial am weitesten innen in den jeweiligen elektrischen Leitergruppen **51** befinden. Folglich kann verhindert werden, dass die Überbrückungsdrähte **100** radial nach innen oder radial nach außen aus den elektrischen Leitergruppen **51** herausragen, wodurch eine Zunahme der radialen Größe des Stators **30** unterdrückt und eine elektrische Isolierung der Überbrückungsdrähte **100** gegenüber dem Gehäuse **20** und dem Rotor **40** gewährleistet wird. Darüber hinaus können die Überbrückungsdrähte **100** gemeinsame Isolierbeschichtungen mit den Anschlussabschnitten **58** (oder den Anschlussabschnitten **58a** und **58b** der elektrischen Leitersegmente **52**) teilen.

[Siebte Modifikation]

[0140] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Anzahl N der elektrischen Leitersegmente **52**, die in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** enthalten sind, auf 4 festgelegt. Außerdem sind die ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b**, die eine gleiche der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** bilden, miteinander in Reihe geschaltet.

[0141] Alternativ kann die Anzahl N der elektrischen Leitersegmente **52**, die in jeder der elektrischen Leitergruppen **51** enthalten sind, auf 3 festgelegt werden. Darüber hinaus kann jede der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** vier Wicklungseinheiten umfassen, die parallel zueinander geschaltet sind und jeweils aus einem Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen **51a** und **51b** bestehen, die in Reihe zueinander geschaltet sind. Darüber hinaus bestehen die Schlitze **35** des Statorkerns **31**, wie in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel beschrieben, aus den Paaren der gleichphasigen Schlitze $Su1$ und $Su2$, $Sv1$ und $Sv2$ und $Sw1$ und $Sw2$ (siehe **Fig. 12A**). Jedes Paar der gleichphasigen Schlitze besteht aus zwei in Umfangsrichtung benachbarten Schlitze **35**, die einer gleichen der U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** entsprechen. In jedem Paar der gleichphasigen Schlitze (z.B. $Su1$ und $Su2$) sind die vier Wicklungseinheiten, die die entsprechende Phasenwicklung (z.B. die U-Phasen-Wicklung) der Statorspule **32** bilden, so angeordnet, dass die Anzahl der geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppen **51** der vier Wicklungseinheiten, die in einem (z.B., $Su1$) des Paares der gleichphasigen Schlitze aufgenommenen geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppen **51** der vier Wicklungseinheiten gleich der Anzahl der in der anderen (z.B. $Su2$) des Paares der gleichphasigen Schlitze aufgenommenen geraden Abschnitte **53** der elektrischen Leitergruppen **51** der vier Wicklungseinheiten ist. Mit der vorstehenden Anordnung kön-

nen die vier Wicklungseinheiten gleichmäßig in dem Paar der gleichphasigen Schlitze aufgenommen werden, wodurch das elektromagnetische Gleichgewicht sichergestellt und der Umlaufstrom im Stator **30** unterdrückt wird.

[Achte Modifikation]

[0142] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** sternförmig miteinander verschaltet. Die U-Phasen-, V-Phasen- und W-Phasen-Wicklungen der Statorspule **32** können jedoch alternativ auch Δ -verschaltet sein.

[0143] Eine rotierende elektrische Maschine umfasst eine mehrphasige Ankerspule, die auf einen Ankerkern gewickelt ist. Die Ankerspule ist aus elektrischen Leitergruppen gebildet, die jeweils ein Bündel von elektrischen Leitersegmenten sind und ein Paar von Schenkelabschnitten und einen Verbindungsabschnitt aufweisen, der die Schenkelabschnitte verbindet. Der Verbindungsabschnitt ist radial in Bezug auf eine Umfangsrichtung gebogen. Die elektrischen Leitergruppen sind so gepaart, dass jedes Paar der elektrischen Leitergruppen aus einer ersten elektrischen Leitergruppe und einer zweiten elektrischen Leitergruppe besteht, die beide zu einer gleichen Phase der Ankerspule gehören. Der Umfangsabstand zwischen den Schenkelabschnitten der ersten elektrischen Leitergruppe ist größer als der zwischen den Schenkelabschnitten der zweiten elektrischen Leitergruppe. In jedem Paar der elektrischen Leitergruppen sind die Anschlussabschnitte der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe so angeordnet, dass sie einander axial überlappen.

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 5702179 B2 [0002]

Patentansprüche

1. Rotierende elektrische Maschine (10) mit einem Anker (30), wobei der Anker einen ringförmigen Ankerkern (31) und eine mehrphasige Ankerspule (32), die auf den Ankerkern gewickelt ist, aufweist, wobei: der Ankerkern eine Vielzahl von Schlitzen (35) aufweist, die in einer Umfangsrichtung desselben angeordnet sind;

die Ankerspule aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen elektrischen Leitergruppen (51) gebildet ist, wobei jede der Vielzahl von elektrischen Leitergruppen aus einem Bündel einer Vielzahl von elektrischen Leitersegmenten (52) gebildet ist;

jede der Vielzahl von elektrischen Leitergruppen im Wesentlichen U-förmig ist, um ein Paar von Schenkelabschnitten (53) und einen Verbindungsabschnitt (54) aufzuweisen, wobei das Paar von Schenkelabschnitten jeweils in einem entsprechenden Paar der Schlitze des Ankerkerns aufgenommen ist und an unterschiedlichen radialen Positionen in den entsprechenden Schlitzen angeordnet ist, wobei sich der Verbindungsabschnitt auf einer axialen Seite des Ankerkerns erstreckt, um das Paar von Schenkelabschnitten zu verbinden, wobei der Verbindungsabschnitt einen gebogenen Teil (55, 56, 57) aufweist, der radial in Bezug auf die Umfangsrichtung gebogen ist;

die Vielzahl von elektrischen Leitergruppen so gepaart sind, dass jedes Paar der elektrischen Leitergruppen aus einer ersten elektrischen Leitergruppe (51a) und einer zweiten elektrischen Leitergruppe (51b) besteht, die beide zu einer gleichen Phase der Ankerspule gehören;

ein Umfangsabstand zwischen dem Paar von Schenkelabschnitten der ersten elektrischen Leitergruppe größer ist als ein Umfangsabstand zwischen dem Paar von Schenkelabschnitten der zweiten elektrischen Leitergruppe; und

in jedem Paar der elektrischen Leitergruppen die Verbindungsabschnitte der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppe so angeordnet sind, um sich axial zu überlappen.

2. Rotierende elektrische Maschine gemäß Anspruch 1, wobei:

für jede der elektrischen Leitergruppen die elektrischen Leitersegmente, die die elektrische Leitergruppe bilden, an dem Paar von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in einer vorbestimmten Anordnungsreihenfolge in einer radialen Richtung angeordnet sind, um in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns radial miteinander ausgerichtet zu sein; und

am Verbindungsabschnitt der elektrischen Leitergruppe die elektrischen Leitersegmente, die die elektrische Leitergruppe bilden, parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Anordnungsreihenfolge der elektrischen Leitersegmente an dem Paar von

Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in den entsprechenden Schlitzen eingehalten wird.

3. Rotierende elektrische Maschine gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei:

die gebogenen Teile der Verbindungsabschnitte der ersten elektrischen Leitergruppen in Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sind;

ein Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Verbindungsabschnitte der ersten elektrischen Leitergruppen größer als oder gleich einem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen des Ankerkerns und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen ist;

die gebogenen Teile der Verbindungsabschnitte der zweiten elektrischen Leitergruppen auch in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sind; und

ein Umfangsabstand zwischen den gebogenen Teilen der Verbindungsabschnitte der zweiten elektrischen Leitergruppen ebenfalls größer als oder gleich dem Umfangsabstand zwischen den Schlitzen des Ankerkerns und kleiner als oder gleich dem doppelten Umfangsabstand zwischen den Schlitzen ist.

4. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-3, wobei:

für jede der elektrischen Leitergruppen einer des Paares von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in einem radial äußeren Teil eines entsprechenden Schlitzes des Ankerkerns aufgenommen ist und der andere des Paares von Schenkelabschnitten in einem radial inneren Teil eines anderen entsprechenden Schlitzes des Ankerkerns aufgenommen ist;

für jede der elektrischen Leitergruppen in dem gebogenen Teil des Verbindungsabschnitts der elektrischen Leitergruppe ein sich entlang einer radialen Richtung erstreckender, sich radial erstreckender Teil (56) ausgebildet ist, in dem die die elektrische Leitergruppe bildenden elektrischen Leitersegmente in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sind;

die sich radial erstreckenden Teile der Verbindungsabschnitte der ersten elektrischen Leitergruppen in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sind, und die sich radial erstreckenden Teile der Verbindungsabschnitte der zweiten elektrischen Leitergruppen in der Umfangsrichtung fluchtend zueinander angeordnet sind; und

die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$R_c \times 2\pi / S \leq N \times H_c \leq R_c \times 2\pi / (S / 2)$$

wobei R_c ein Abstand von einer Mittelachse des Ankerkerns zu einer radialen Mitte jedes der Schlitze ist, S die Anzahl der in dem Ankerkern ausgebildeten Schlitze ist, N die Anzahl der elektrischen Leitersegmente ist, die in jeder der elektrischen Leitergruppen

enthalten sind, und H_c eine radiale Dicke jedes der elektrischen Leitersegmente in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns ist.

5. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-4, wobei:
zwischen jedem in Umfangsrichtung benachbarten Paar der gebogenen Teile der Verbindungsabschnitte der elektrischen Leitergruppen ein Abstand (C_1) vorgesehen ist.

6. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-5, wobei:
für jede der elektrischen Leitergruppen einer des Paares von Schenkelabschnitten der elektrischen Leitergruppe in einem radial äußeren Teil eines entsprechenden Schlitzes des Ankerkerns aufgenommen ist und der andere des Paares von Schenkelabschnitten in einem radial inneren Teil eines anderen entsprechenden Schlitzes des Ankerkerns aufgenommen ist; und
die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$W_c \times 2 < H_c \times N,$$

wobei W_c eine Umfangsbreite jedes der elektrischen Leitersegmente in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns ist, H_c eine radiale Dicke jedes der elektrischen Leitersegmente in den entsprechenden Schlitzen des Ankerkerns ist, und N die Anzahl der elektrischen Leitersegmente ist, die in jeder der elektrischen Leitergruppen enthalten sind.

7. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-6, wobei:
die Ankerspule eine Dreiphasenspule mit drei Phasenwicklungen ist, die sternförmig verbunden sind, um einen Neutralpunkt dazwischen zu definieren;
die erste und zweite elektrische Leitergruppe, die eine gleiche der Phasenwicklungen der Ankerspule bilden, in Reihe miteinander verbunden sind; und
die ersten elektrischen Leitergruppen näher am Sternpunkt angeschlossen sind als die zweiten elektrischen Leitergruppen.

8. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-7, wobei:
an den Verbindungsabschnitten jedes Paares der elektrischen Leitergruppen eine axial-innere Seitenfläche der ersten elektrischen Leitergruppe und eine axial-äußere Seitenfläche der zweiten elektrischen Leitergruppe in Oberflächenkontakt zueinander angeordnet sind.

9. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-8, wobei:
jedes der elektrischen Leitersegmente einen Hauptkörper (52a), der aus einem elektrisch leitenden Material gebildet ist, und eine Isolierbeschichtung (52b),

die eine Oberfläche des Hauptkörpers bedeckt, aufweist; und
die Isolierbeschichtung aus einem elektrisch isolierenden Material mit darin ausgebildeten Freiräumen besteht.

10. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-7 und 9, wobei:
an den Verbindungsabschnitten jedes Paares der elektrischen Leitergruppen die elektrischen Leitersegmente, die die erste elektrische Leitergruppe bilden, jeweils den elektrischen Leitersegmenten, die die zweite elektrische Leitergruppe bilden, axial gegenüberliegen und in einem im Wesentlichen konstanten Abstand zu diesen angeordnet sind.

11. Rotierende elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 1-10, wobei:
jede der elektrischen Leitergruppen aus einem Bündel von drei elektrischen Leitersegmenten besteht;
die Ankerspule eine Dreiphasenspule ist, bei der drei Phasenwicklungen in Sternschaltung miteinander verbunden sind;
jede der Phasenwicklungen der Ankerspule vier parallel zueinander geschaltete Wicklungseinheiten umfasst, die jeweils ein Paar der ersten und zweiten elektrischen Leitergruppen umfassen, die in Reihe zueinander geschaltet sind;
die Vielzahl von Schlitzen des Ankerkerns aus Paaren von gleichphasigen Schlitzen (S_{u1} , S_{u2} , S_{v1} , S_{v2} , S_{w1} , S_{w2}) besteht, wobei jedes Paar der gleichphasigen Schlitze aus zwei in Umfangsrichtung benachbarten Schlitzen besteht, die einer gleichen der Phasenwicklungen der Ankerspule entsprechen; und
in jedem Paar der gleichphasigen Schlitze die vier Wicklungseinheiten, die die entsprechende Phasenwicklung der Ankerspule bilden, so angeordnet sind, dass die Anzahl der Schenkelabschnitte der elektrischen Leitergruppen der vier Wicklungseinheiten, die in einem des Paares der gleichphasigen Schlitze aufgenommen sind, gleich der Anzahl der Schenkelabschnitte der elektrischen Leitergruppen der vier Wicklungseinheiten ist, die in dem anderen des Paares der gleichphasigen Schlitze aufgenommen sind.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

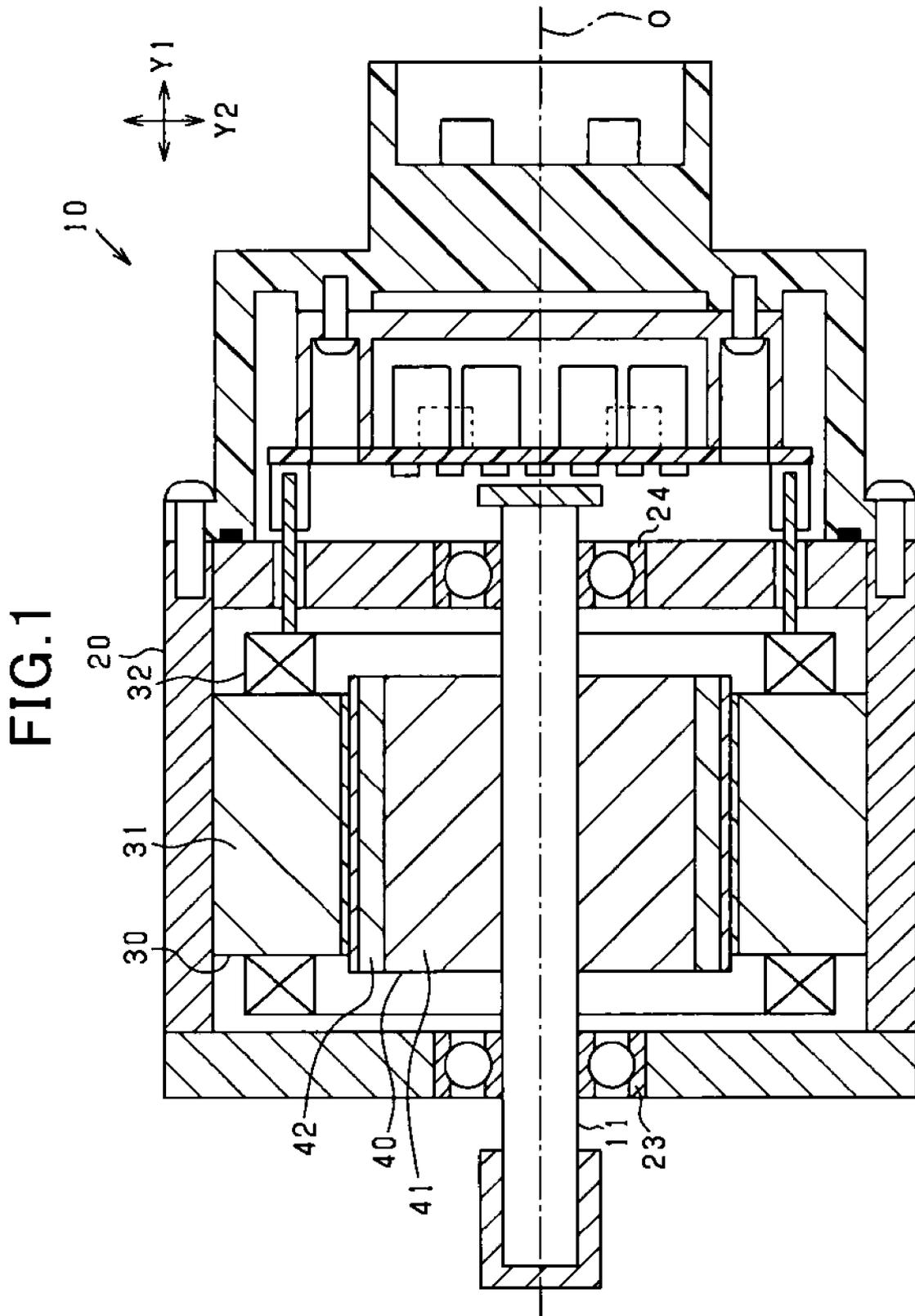


FIG.2

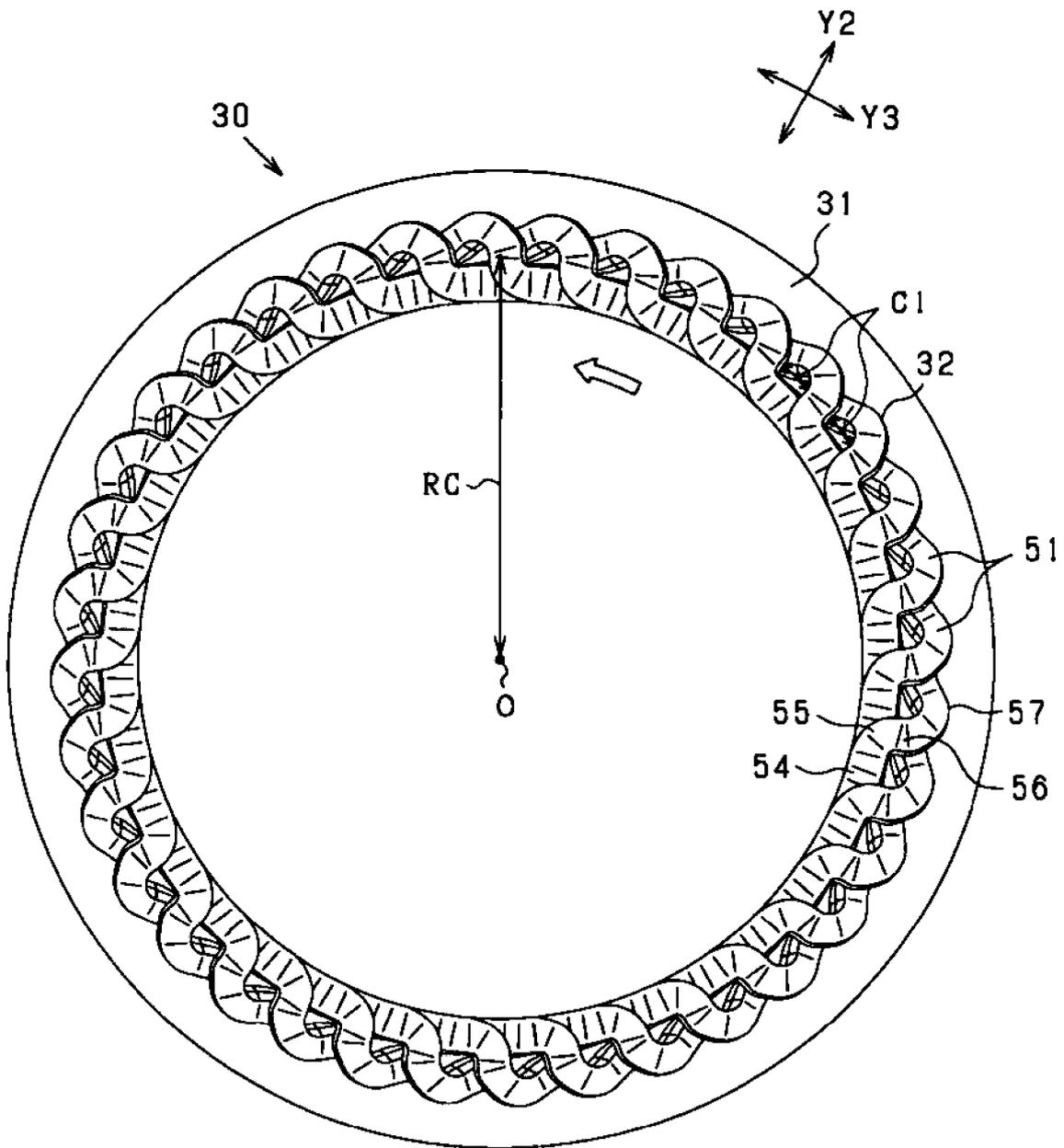


FIG.4B

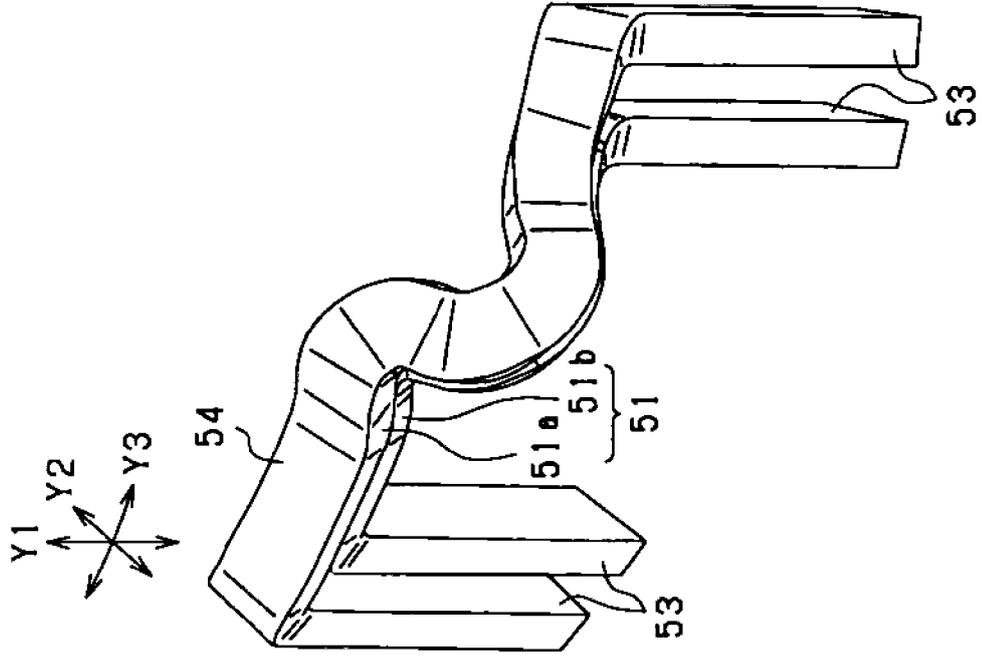


FIG.4A

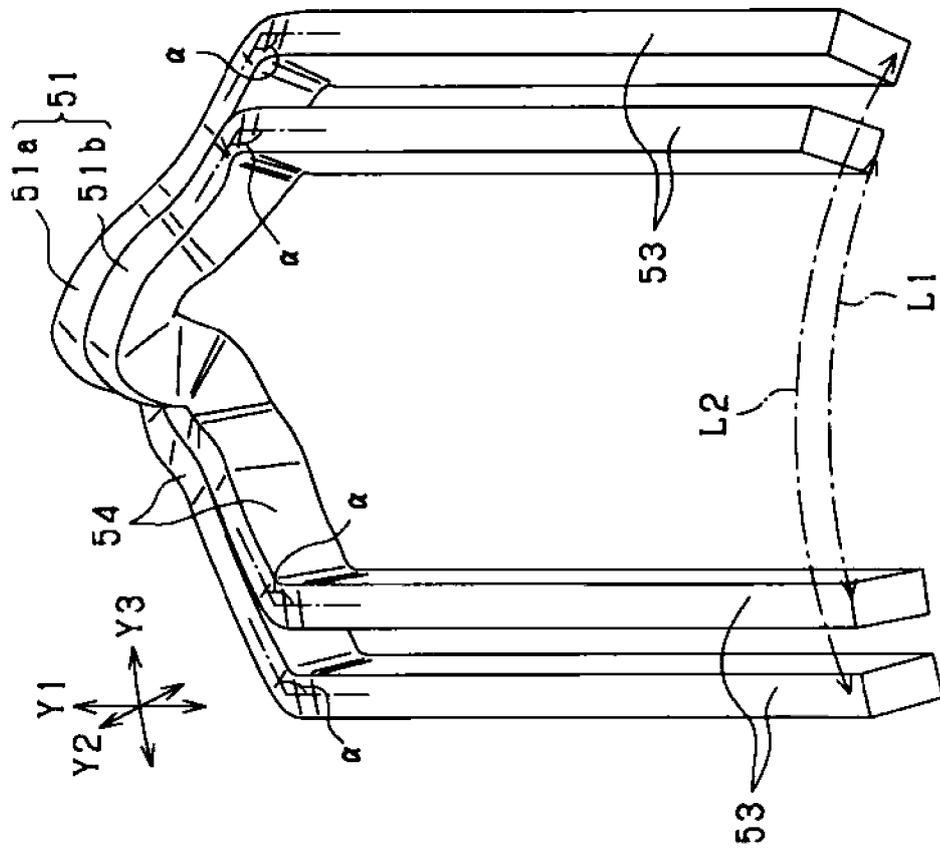


FIG. 5B

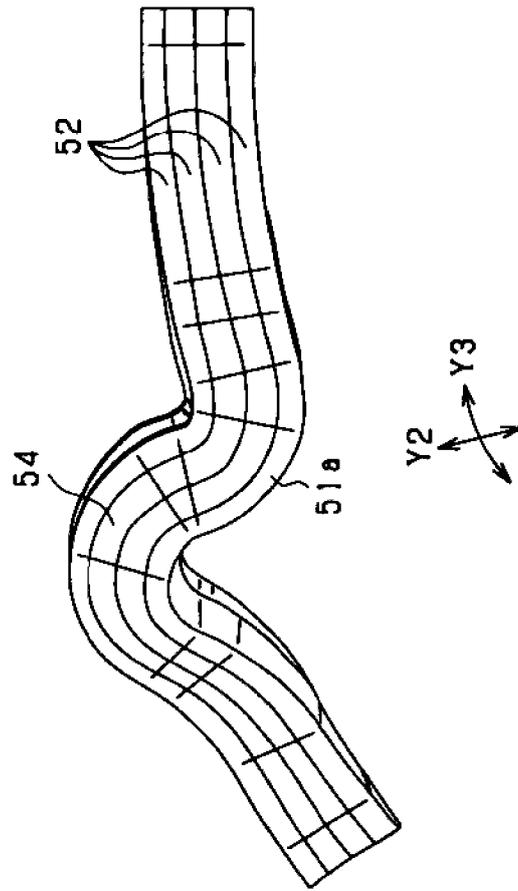


FIG. 5A

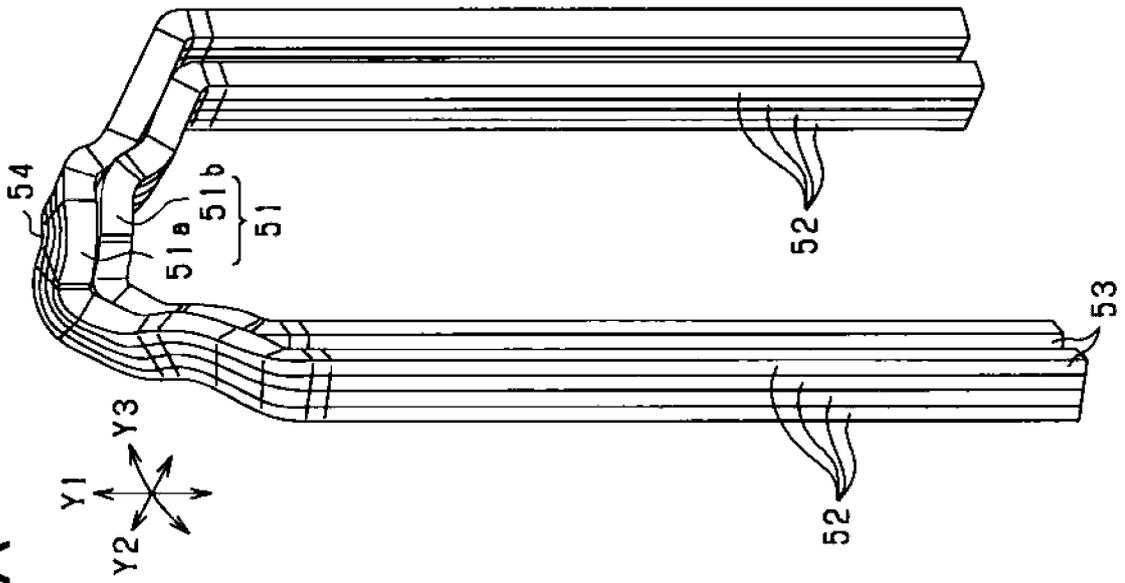


FIG.6

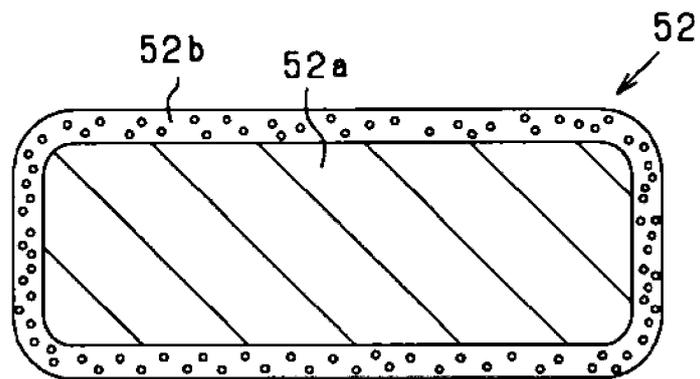


FIG. 7

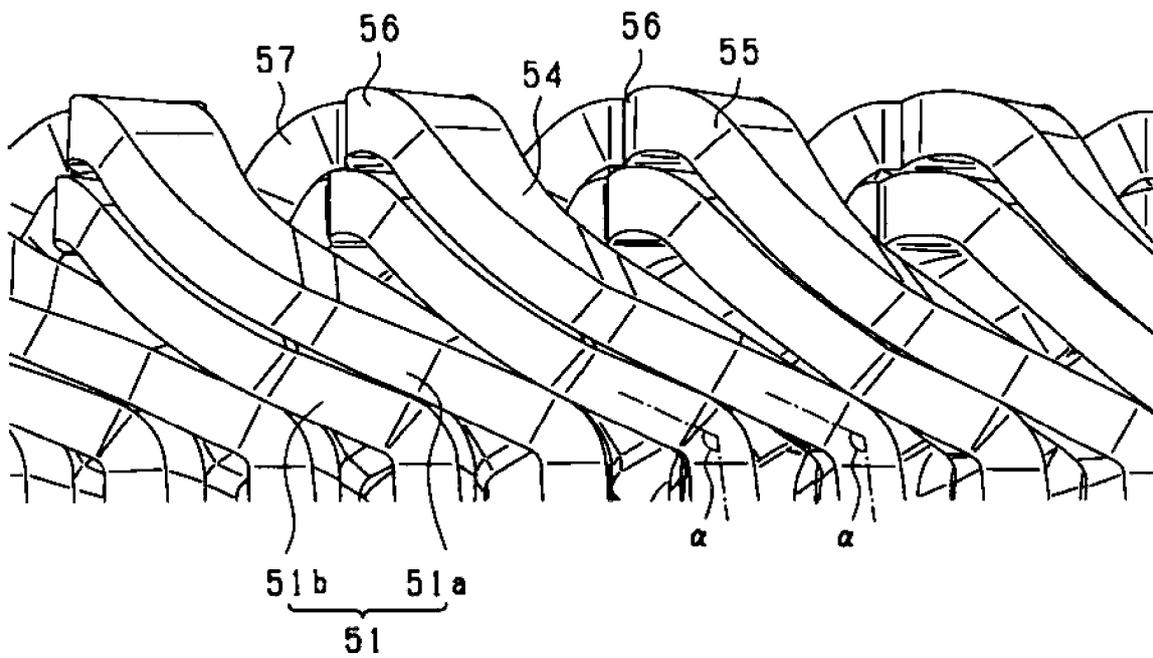


FIG.8

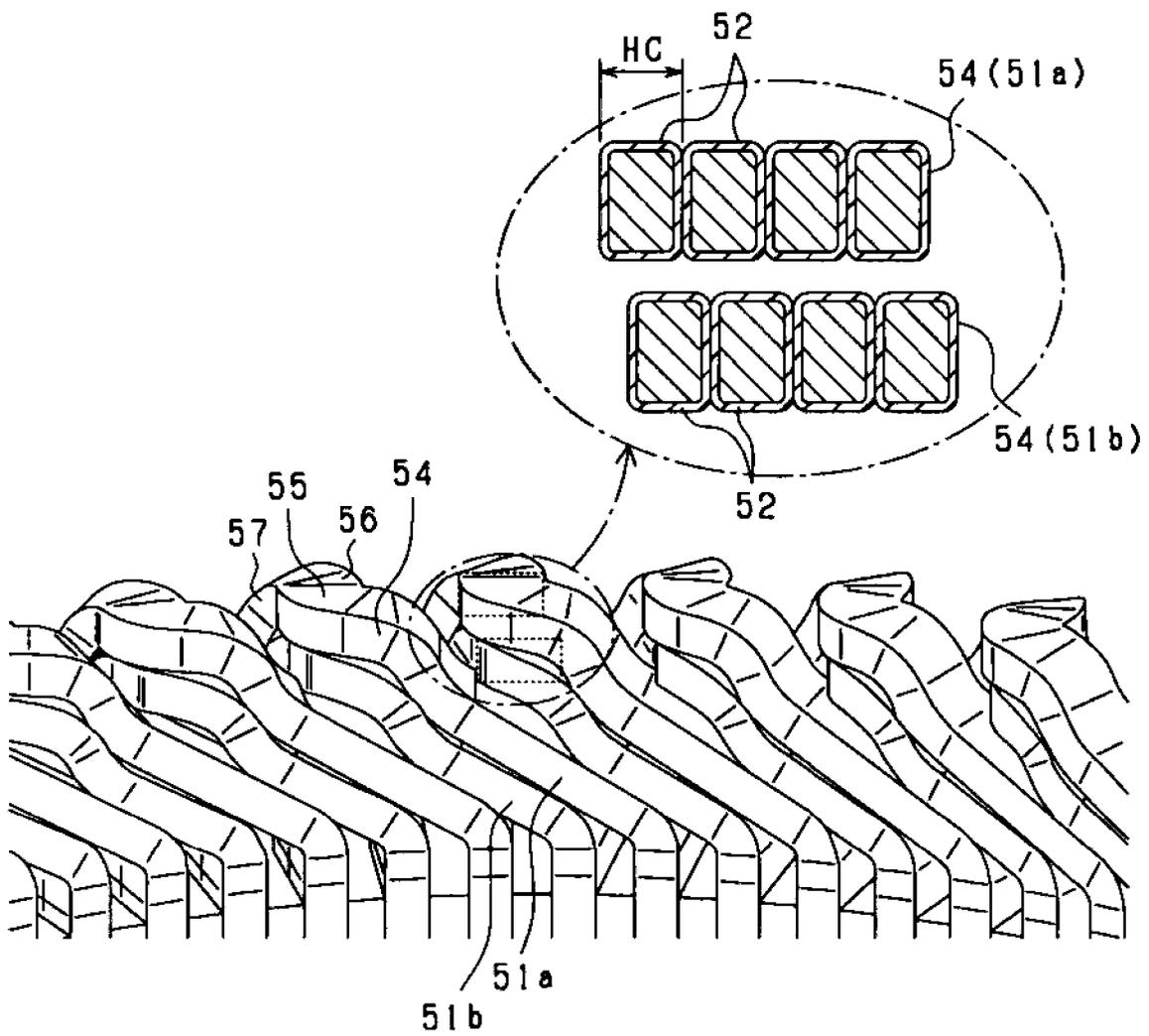


FIG.9

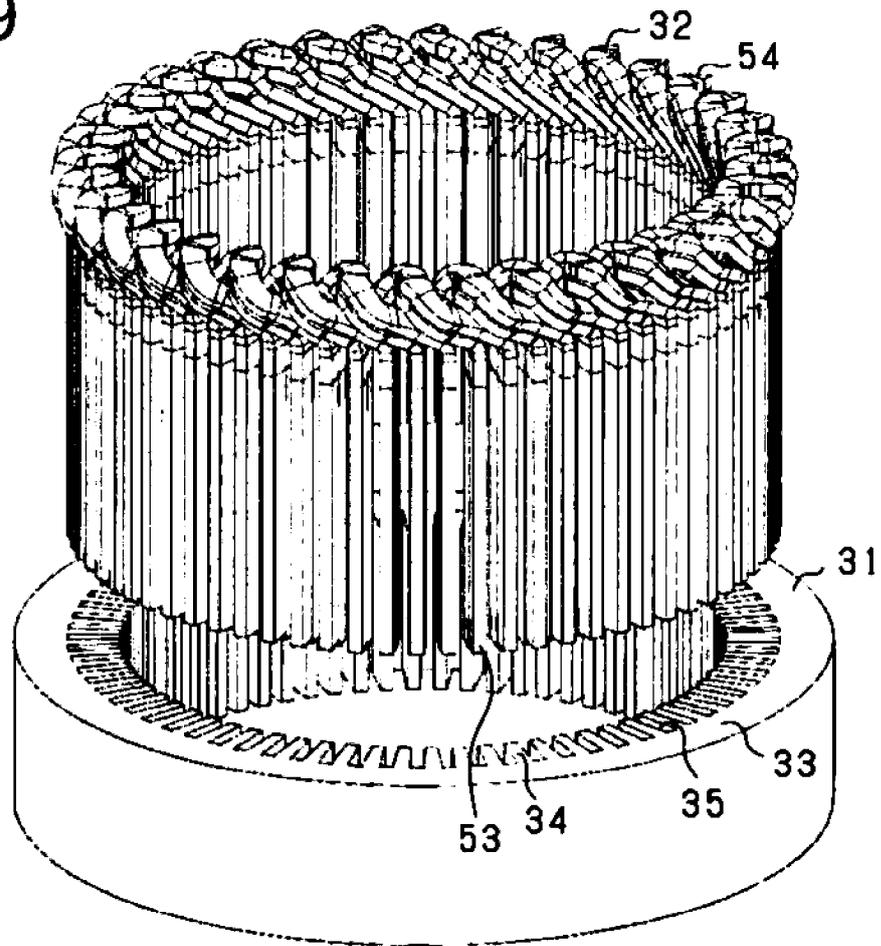
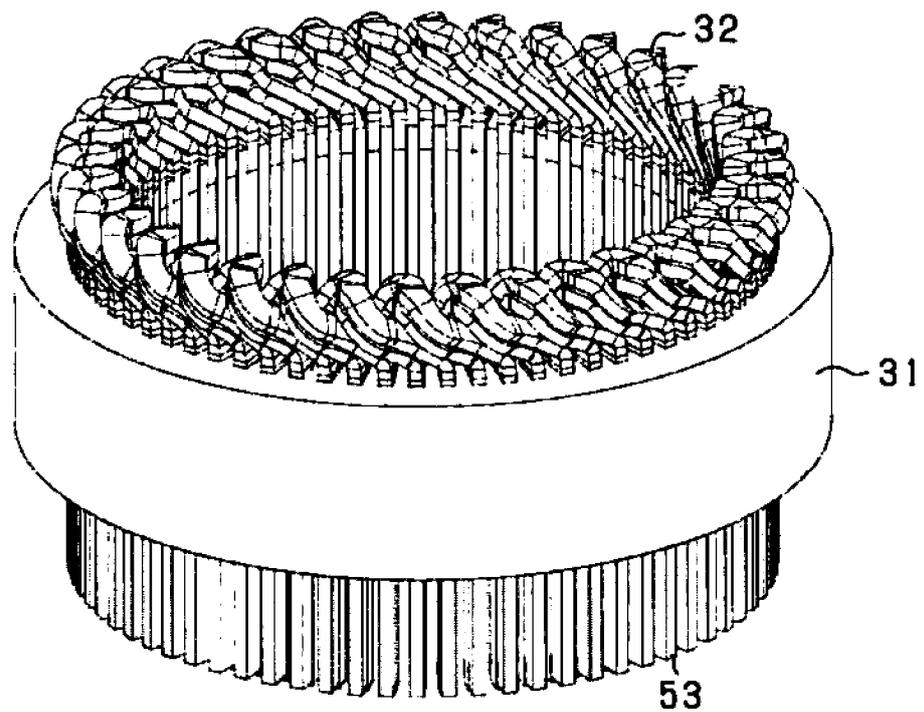


FIG.10



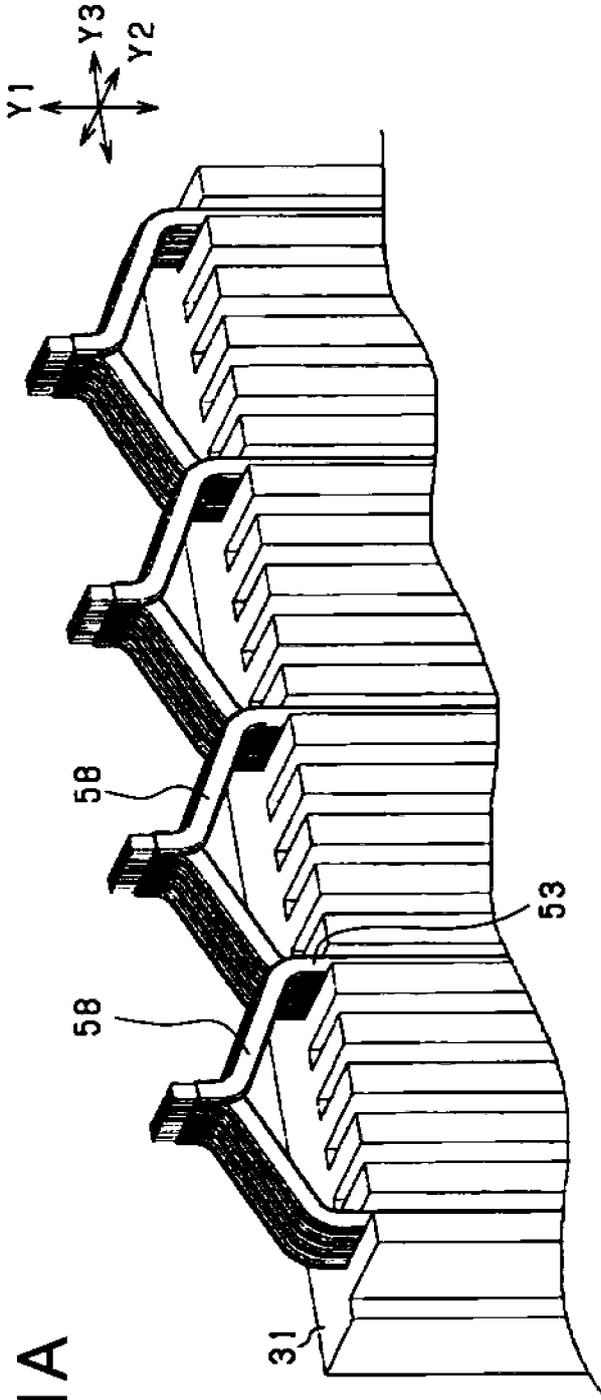


FIG. 11A

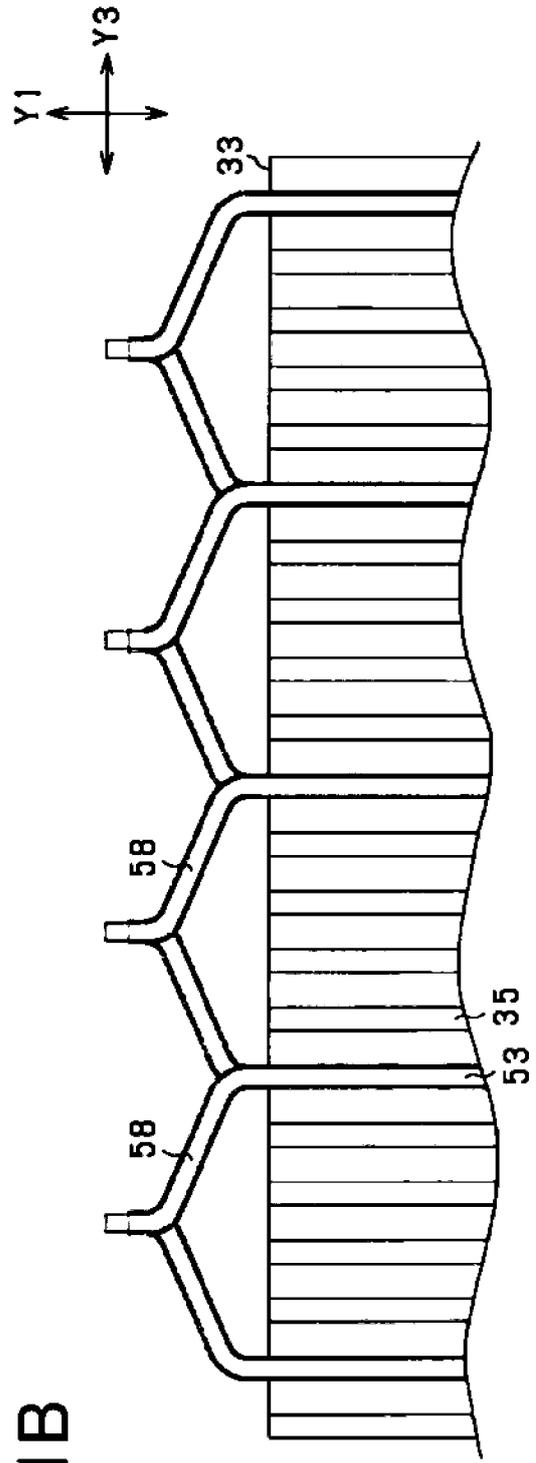


FIG. 11B

FIG.12A

5-SCHLITZ & 7-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, VOLLABSTANDSWICKLUNG

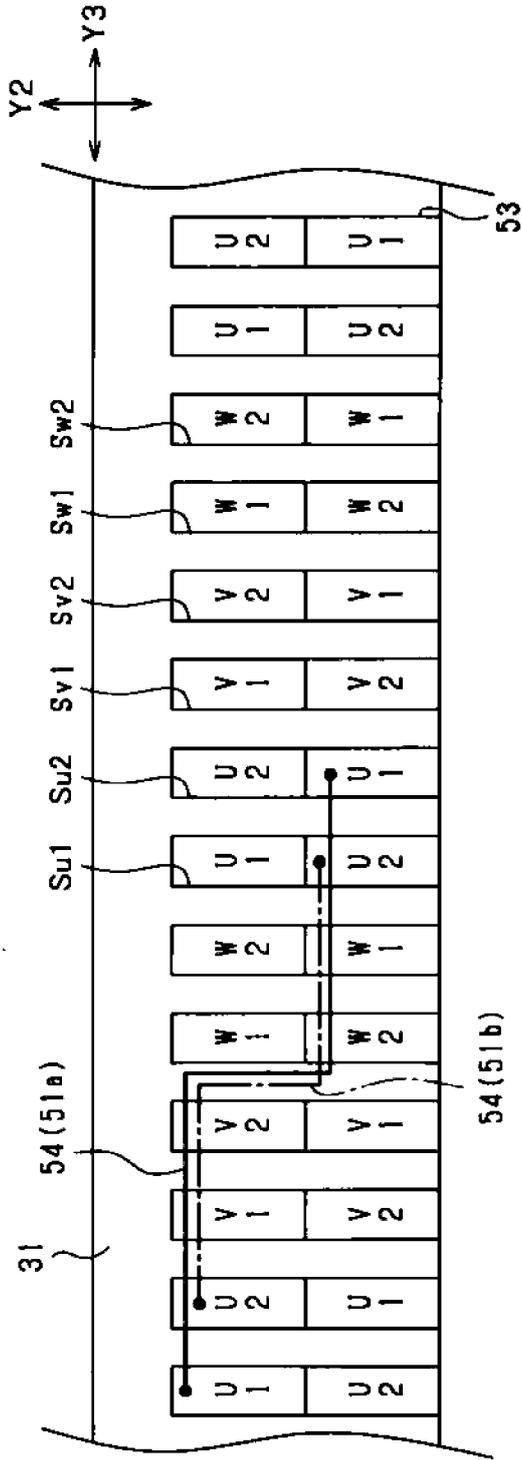


FIG.12B

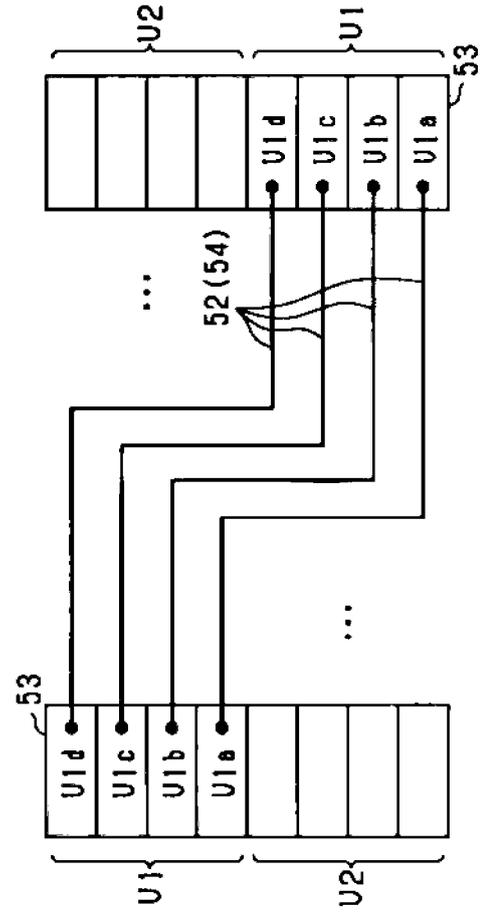


FIG.13

5-SCHLITZ & 7-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, VOLLABSTANDSWICKLUNG

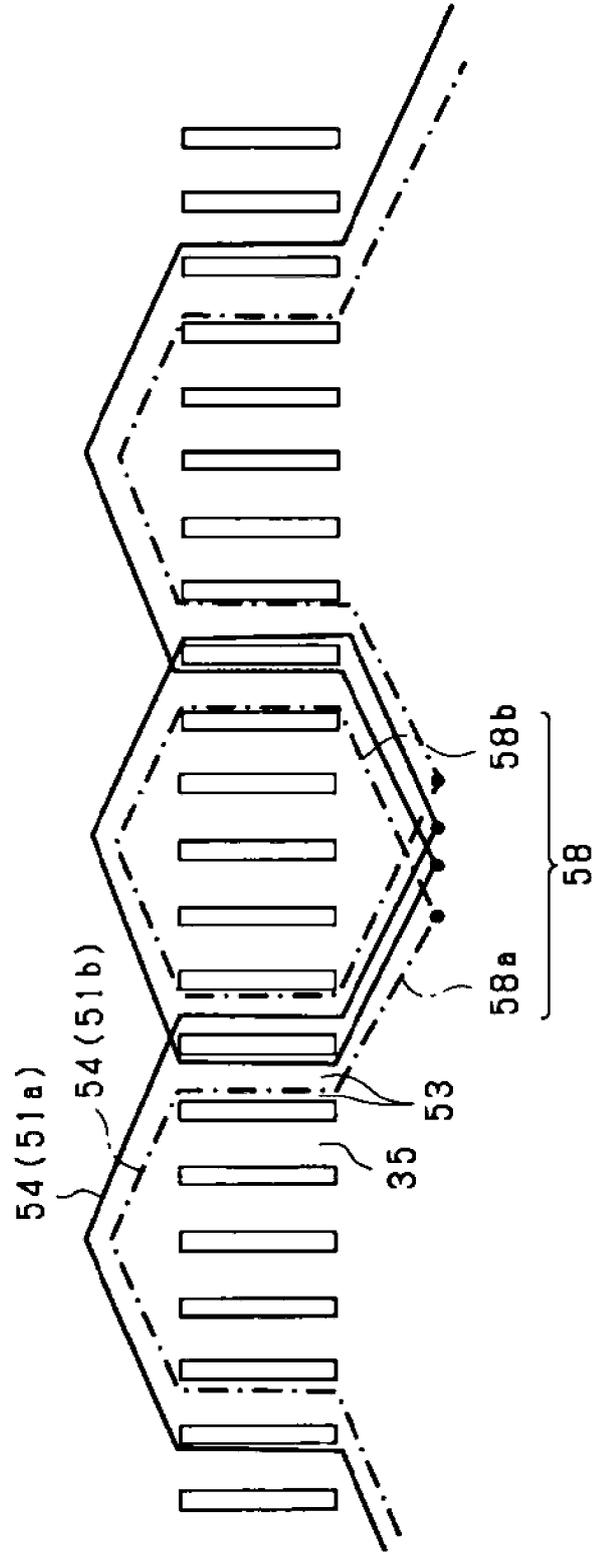


FIG. 14

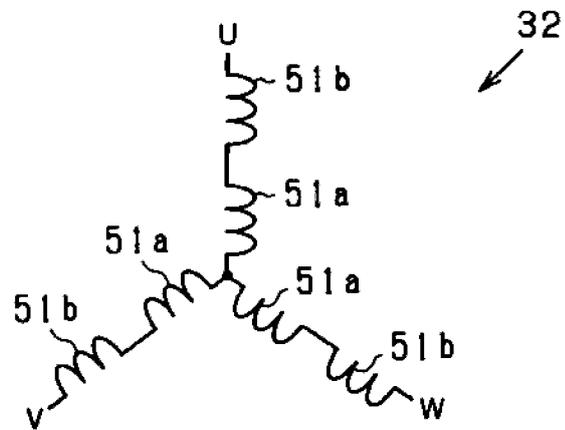


FIG. 15A

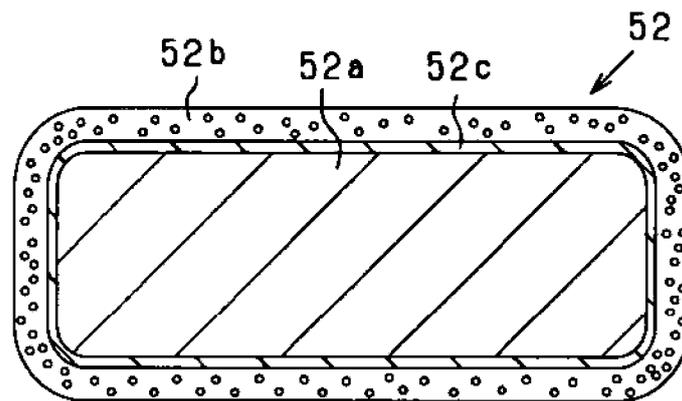


FIG. 15B

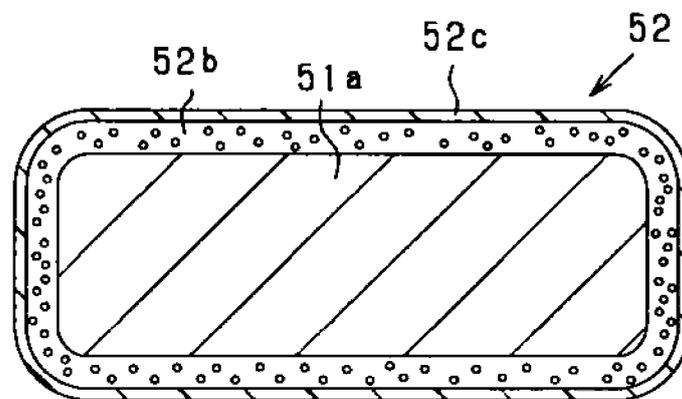


FIG.16A

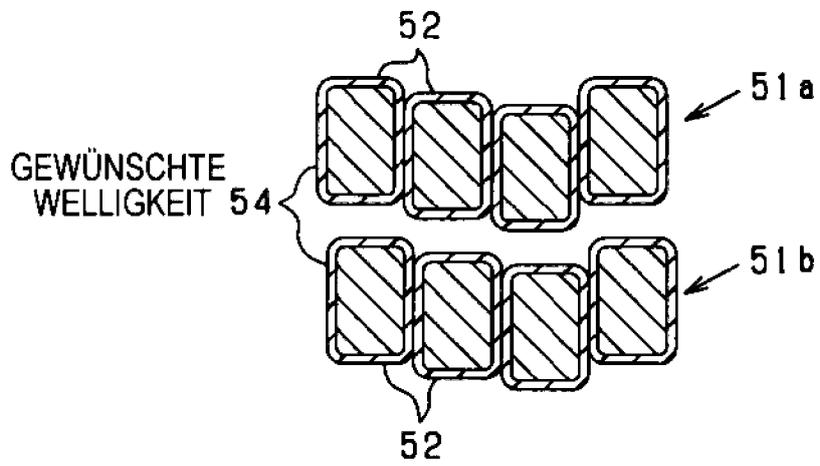


FIG.16B

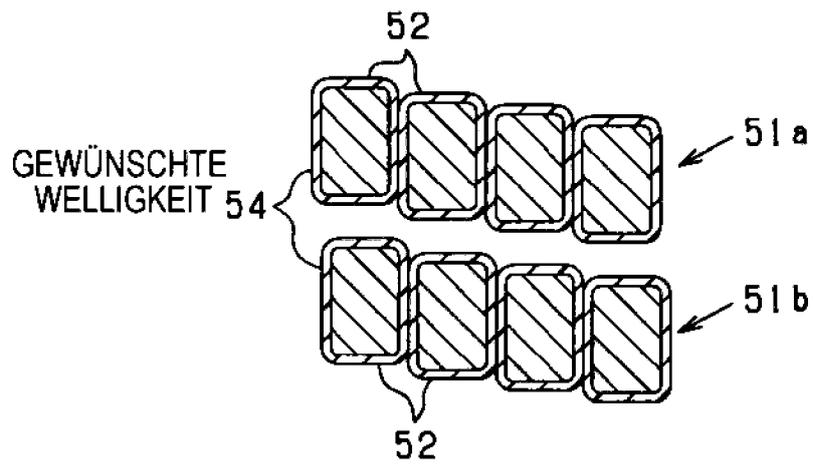


FIG.16C

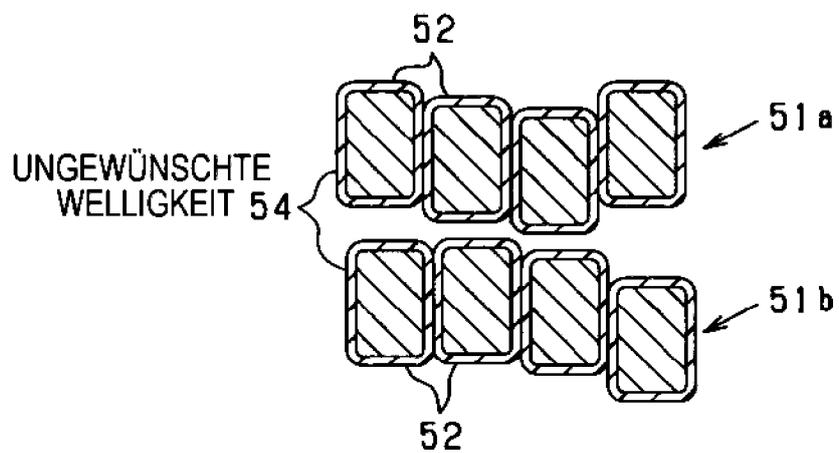


FIG. 17A 4-SCHLITZ & 6-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, KURZABSTANDSWICKLUNG

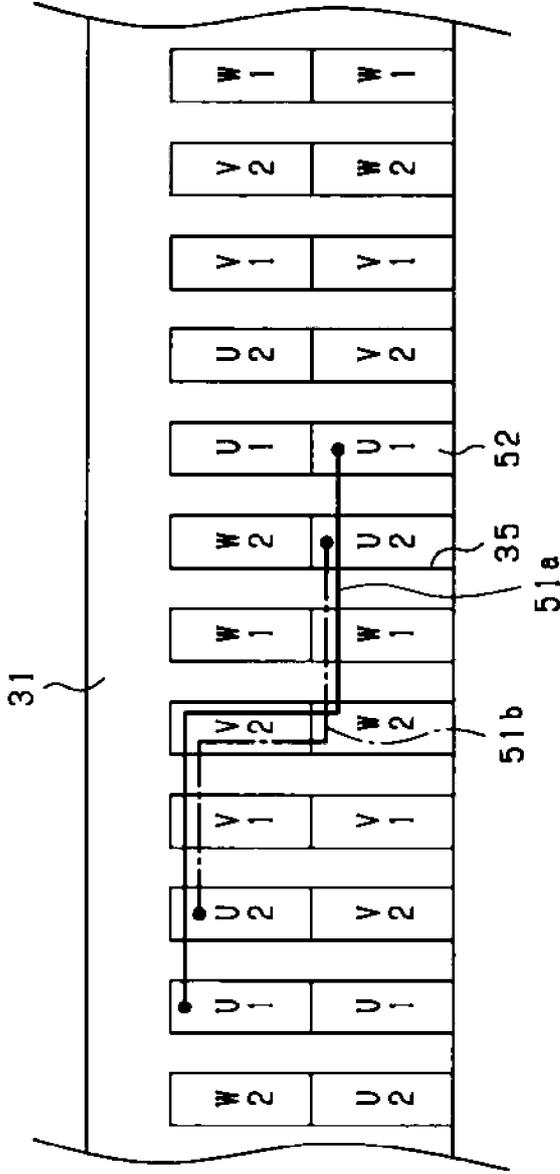


FIG. 17B 4-SCHLITZ & 6-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, KURZABSTANDSWICKLUNG

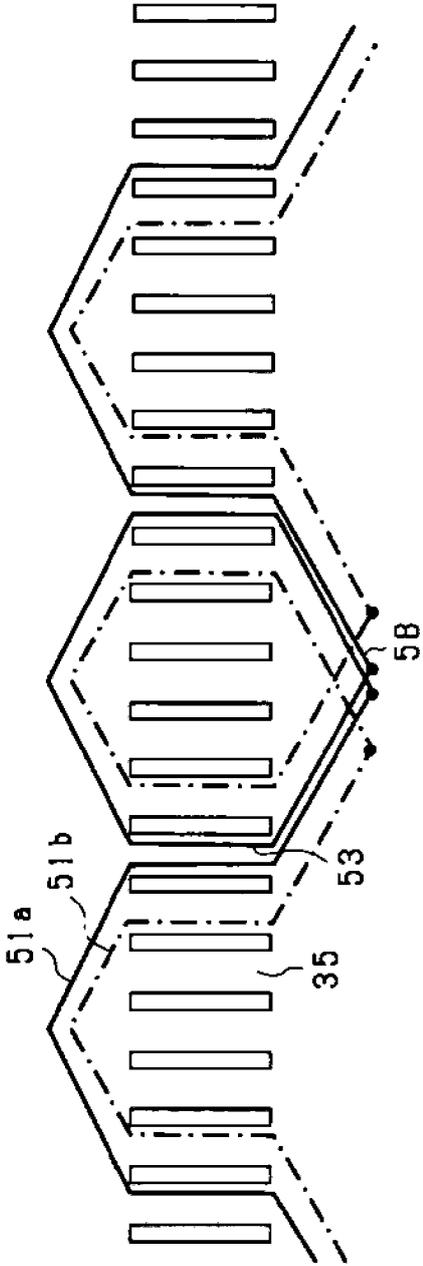


FIG. 18A 5-SCHLITZ & 7-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, VOLLABSTANDSWICKLUNG

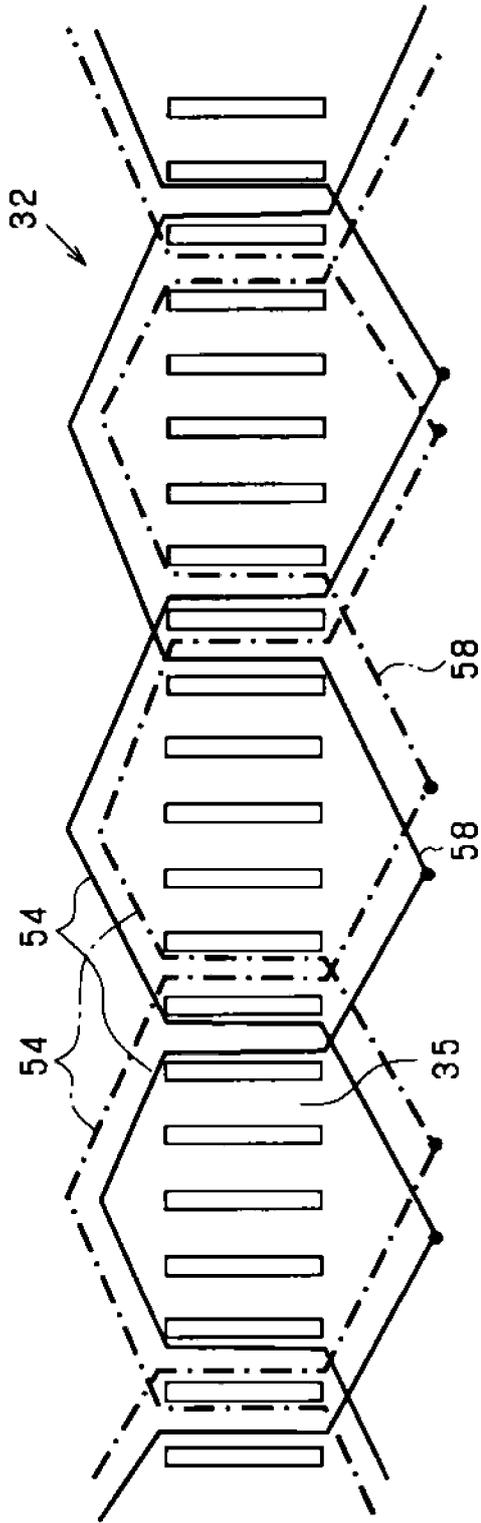


FIG. 18B 4-SCHLITZ & 6-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, KURZABSTANDSWICKLUNG

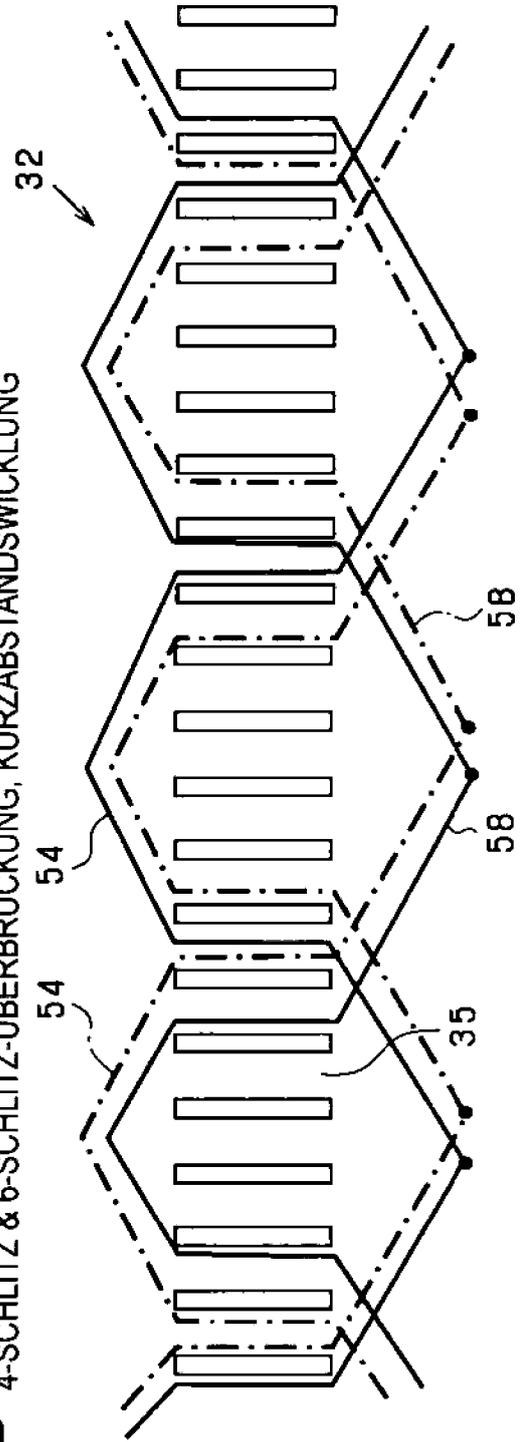


FIG. 19A

5-SCHLITZ & 7-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, VOLLABSTANDSWICKLUNG

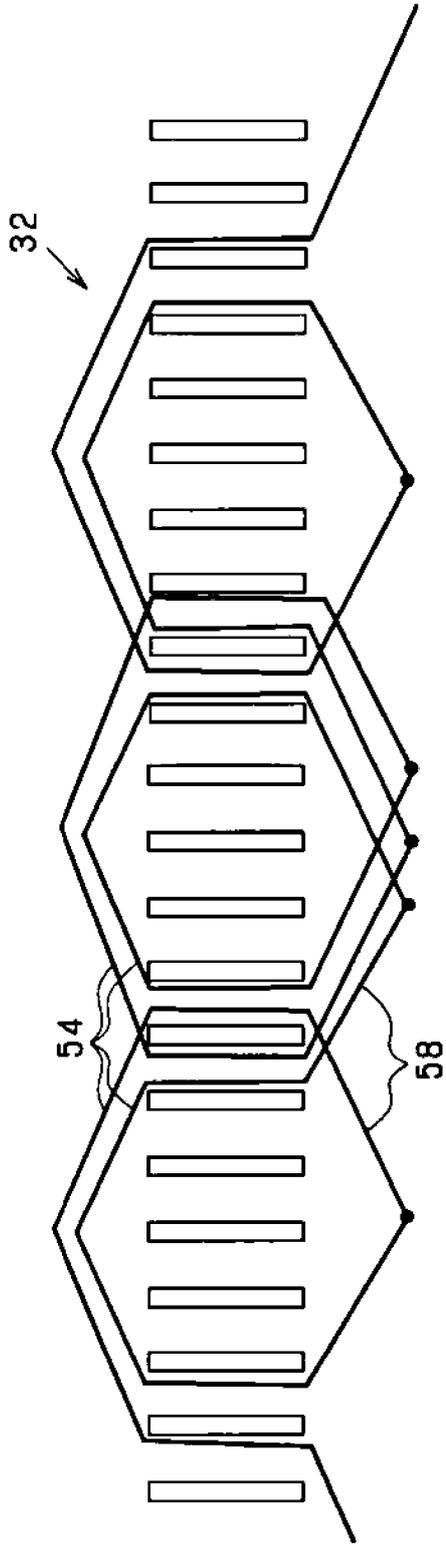


FIG. 19B

4-SCHLITZ & 6-SCHLITZ-ÜBERBRÜCKUNG, KURZABSTANDSWICKLUNG

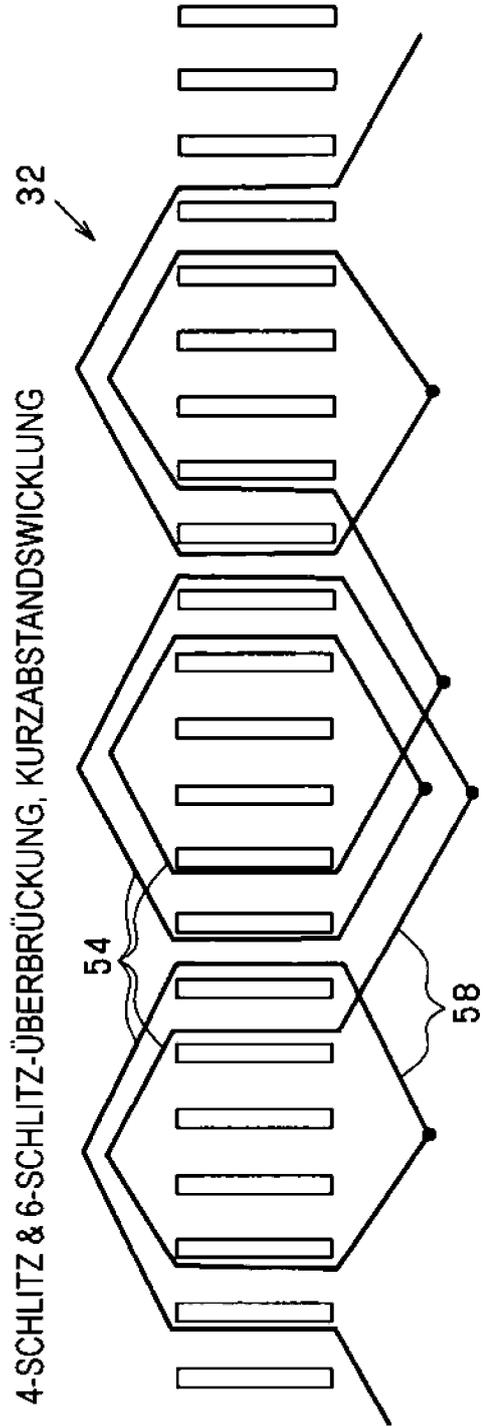


FIG.20A

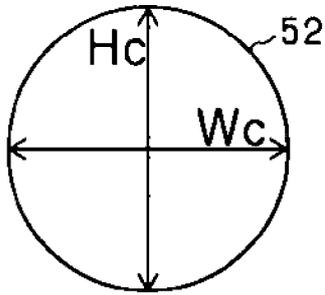


FIG.20B

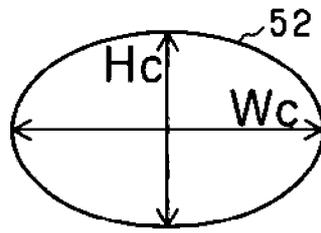


FIG.20C

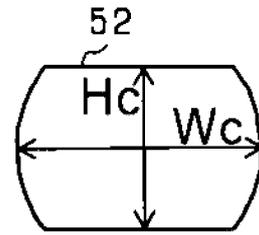


FIG.21

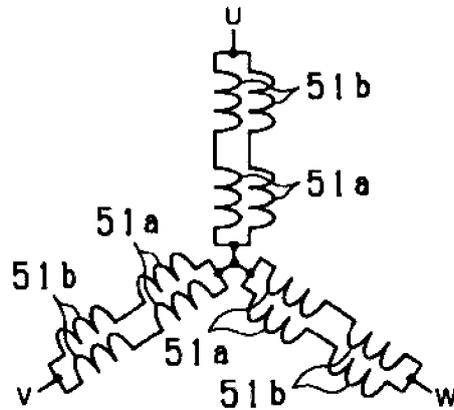


FIG.22

