



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 019 271 A1** 2005.11.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 019 271.8**

(22) Anmeldetag: **26.04.2005**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2005**

(51) Int Cl.7: **H02K 3/18**
H02K 3/28, H02K 15/095

(30) Unionspriorität:
2004-130175 26.04.2004 JP

(71) Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

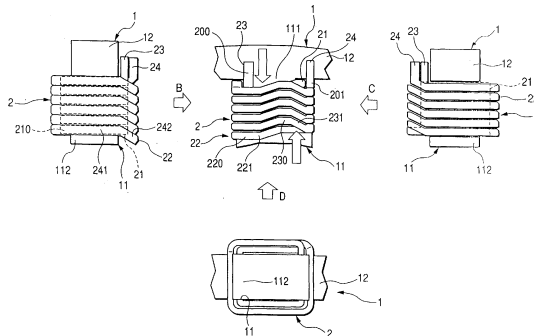
(74) Vertreter:
**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

(72) Erfinder:
**Yoneda, Shigenori, Kariya, Aichi, JP; Yoshinaga,
Soichi, Kariya, Aichi, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Eine Zahnwicklung (2) eines Stators mit konzentrierter Wicklung enthält eine erste Schichtwicklung (21), die dadurch gebildet wird, indem sukzessive ein flacher Draht um einen Zahn (11) in einer Richtung herumgewickelt wird, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes (11) voranschreitet, und eine zweite Schichtwicklung (22) ausgebildet wird, indem sukzessive der Draht um und auf der ersten Schichtwicklung (21) in einer Richtung herumgewickelt wird, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) voranschreitet. Die zweite Schichtwicklung (22) der Zahnwicklung (2) besitzt an dem am weitesten innen gelegenen proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) keine Windung entsprechend einer Startwindung (1000) der ersten Schichtwicklung (21), so dass die Zahnwicklung (2) eine ungeradzahlige Windungszahl aufweist.



Beschreibung

Stand der Technik

QUERVERWEIS AUF EINE VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung basiert auf und beansprucht die Priorität aus der früheren japanischen Patentanmeldung Nr. 2004-130175, eingereicht am 26. April 2004, so dass deren Beschreibung hier unter Bezugnahme voll mit einbezogen wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine.

[0003] Ein Stator mit konzentrierter Wicklung, der in herkömmlicher Weise auf dem Gebiet von rotierenden elektrischen Maschinen vorgeschlagen wurde, enthält eine Vielzahl an Phasenwicklungen, von denen jede aus gleichen Phasenwicklungen besteht, die miteinander verbunden sind und die in einer konzentrierten Weise um die jeweiligen Zähne eines Statorkernes gewickelt sind (im Folgenden als Zahnwicklungen bezeichnet). Von den Anforderungen bei der Wicklungsarbeit aus gesehen, wird diese Art eines Stators mit konzentrierter Wicklung allgemein für einen zusammengebauten Kern verwendet, der dadurch hergestellt wird, indem man getrennte Teilkern der jeweiligen Zähne zu einem Stator Kern zusammenbaut.

[0004] Die Zahnwicklungen des Stators mit konzentrierter Wicklung sind um die Zähne herumgewickelt und besitzen eine erforderliche Windungszahl. Zwei benachbarte Windungen sind gewöhnlich einander benachbart angeordnet, und zwar in der axialen Richtung auf einer Umfangsfläche des Zahnes. Die Wicklungsfolge für diesen Stator mit konzentrierter Wicklung ist wie folgt.

[0005] Erstens startet die Wicklungsoperation von der Seite eines radialen Endes eines Zahnes zur Seite des anderen radialen Endes dieses Zahnes, um eine erste Schichtwicklung anzuordnen. Dann beginnt entsprechend der Wicklung in der Voranschreitrichtung die Wicklungsoperation von der anderen radialen Endseite des Zahnes zu der einen radialen Endseite dieses Zahnes hin. Es wird somit eine zweite Schichtwicklung auf der ersten Schichtwicklung angeordnet. In ähnlicher Weise wird eine dritte Schichtwicklung auf der zweiten Schichtwicklung angeordnet, um dadurch eine hochdichte Wicklung zu realisieren. Die erste Schichtwicklung, die zweite Schichtwicklung und die dritte Schichtwicklung werden kollektiv als "Schichtwicklungen" in der folgenden Beschreibung bezeichnet.

[0006] Die offen gelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2002-112484 (im Folgenden als Stand der Technik 1 bezeichnet) schlägt vor, die Zahnwicklungen zur Verbesserung des Schlitz-Raum-Faktors abwechselnd um die Zähne gewickelt anzuordnen, wobei jede einen trapezförmigen Querschnitt in der radialen Richtung aufweist und wobei die Zahnwicklungen, die um die Zähne herumgewickelt sind, jeweils einen rechteckförmigen Querschnitt in der radialen Richtung besitzen, basierend auf der Tatsache, dass die Umfangsweite oder -breite von jedem Zahn konstant ist und sich ein Schlitz in der radialen Richtung von seiner Innenseite aus zur Außenseite hin erweitert (siehe hierzu **Fig. 9**). Die offen gelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2001-186703 (im Folgenden als Stand der Technik 2 bezeichnet) offenbart als eine Zahnwicklungswindungsanordnung für einen Stator mit konzentrierter Wicklung eine Zahnwicklung, bei der ein Startende an einem proximalen Endabschnitt (oder einem distalen Endabschnitt) eines Zahnes angeordnet ist und bei der ein Ende-Ende an einem distalen Endabschnitt (oder proximalen Endabschnitt) des Zahnes angeordnet ist. Ferner offenbart dieses Dokument entsprechend dem Stand der Technik eine andere Zahnwicklungswindungsanordnung, bei der eine Zahnwicklung vorgesehen ist, bei der die Anfangs- und Ende-Enden beide an dem distalen Endabschnitt eines Zahnes angeordnet sind.

[0007] Jedoch sind die Zahnwicklungen gemäß dem Stand der Technik 1 kompliziert herzustellen. Da trapezförmige Zahnwicklungen eine große Umfangsbreite oder -weite besitzen, nimmt die axiale Länge eines Stators unweigerlich um einen Betrag zu, welcher der axialen Länge der trapezförmigen Zahnwicklungen entspricht.

[0008] Auf der anderen Seite sind die Zahnwicklungen, die in der oben beschriebenen Vorveröffentlichung 2 beschrieben sind, mit den folgenden Problemen behaftet. Erstens wird bei dem Prozess der Anordnung einer Phasenwicklung durch Verbinden von Zahnwicklungen der gleichen Phase mit Hilfe von Überbrückungen oder Überkreuzungen in serieller oder paralleler Form miteinander bzw. zueinander wenigstens ein Ende jeder Zahnwicklung an dem distalen Endabschnitt des Zahnes positioniert. Im Falle der Verwendung von kurzen Überbrückungen werden die Überbrückungen oder Verbindungsdrähte, die sich von den Endabschnitten der Zahnwicklungen aus erstrecken und die mit den Überbrückungen verbunden werden, sehr dicht an der Umfangsfläche eines Rotors positioniert. Wenn sich diese Drähte lockern und Vibrationen unterworfen werden, ergibt sich die Möglichkeit, dass die Drähte in Kontakt mit dem Rotor gelangen oder auch die Installationsarbeit für den Rotor kompliziert wird. Auch muss ferner die Verbindung mit Hilfe einer Überbrückung zwischen

einem Ende einer Zahnwicklung, welches an dem distalen Endabschnitt eines Zahnes vorhanden ist, und einem Ende der anderen Zahnwicklung außerhalb einer Endfläche des Zahnes in der axialen Richtung ausgeführt werden. Somit nimmt die axiale Länge des Stators mit konzentrierter Wicklung zu. Ferner muss die Überbrückung an der Zahnwicklung angeordnet werden, die um den Zahn gewickelt ist. Demzufolge nimmt auch die axiale Länge des Stators weiter zu.

Aufgabenstellung

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Im Hinblick auf die oben beschriebenen Probleme ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine zu schaffen, die eine Verdrahtungsanordnung besitzt, die für Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungs-Zahnwicklungen günstig ist.

[0010] Um die genannte Aufgabe zu lösen und weitere damit in Verbindung stehende Ziele zu erreichen, schafft die vorliegende Erfindung eine erste Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine, enthaltend eine Vielzahl von Zahnwicklungen, die jeweils um die Zähne eines Statorkernes gewickelt sind. Jede Zahnwicklung enthält eine erste Schichtwicklung, eine zweite Schichtwicklung, ein Wicklungsstart-Ende, ein Wicklungsende-Ende und ein Paar von Anschlussdrahtabschnitten. Die erste Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, die dadurch angeordnet werden, indem man aufeinander folgend einen mit einer Isolation beschichteten Wicklungsleiter um einen Zahn des Statorkernes in einer Richtung wickelt, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht auszubilden. Die zweite Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, enthaltend eine Startwindung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung zurück läuft und die dadurch angeordnet wird, indem man aufeinander folgend einen mit einer Isolation beschichteten Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung in einer Richtung wickelt, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schichtwicklung zu bilden. Das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende sind an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet. Auch erstrecken sich die Verbindungsdrahtabschnitte von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken des Statorkernes hin. Ferner besitzt gemäß der ersten Statorspule mit konzentrierter Wicklung nach der vorliegenden Erfindung die zweite Schichtwicklung der Zahnwicklung im Wesentlichen keine Windung an

dem am weitesten innen gelegenen proximalen Endabschnitt des Zahnes entsprechend der Proximal-Endwindung der ersten Schichtwicklung, so dass die Zahnwicklung eine ungerade Windungszahl besitzt.

[0011] Um darüber hinaus die oben erwähnten und weitere damit in Verbindung stehende Ziele zu erreichen, schafft die vorliegende Erfindung eine zweite Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine mit einer Vielzahl an Zahnwicklungen, die jeweils um Zähne eines Statorkernes gewickelt sind. Jede Zahnwicklung enthält eine erste Schichtwicklung, eine zweite Schichtwicklung, eine dritte Schichtwicklung, ein Wicklungsstart-Ende, ein Wicklungsende-Ende und ein Paar von Verbindungsdrahtabschnitten. Die erste Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, die aufeinander folgend angeordnet sind, indem ein mit einer Isolation beschichteter Wicklungsleiter um einen Zahn des Statorkernes in einer Richtung gewickelt wird, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ die gleiche Schicht zu bilden. Die zweite Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, inklusive einer Anfangswindung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung aus gewickelt ist bzw. zurück läuft und dadurch gebildet wird, indem man sukzessive den mit einer Isolation beschichteten Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung in einer Richtung wickelt, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu wickeln. Das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende sind an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet. Die Verbindungsdrahtabschnitte erstrecken sich von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken des Statorkernes hin. Gemäß der zweiten Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung wird eine dritte Schichtwicklung auf und um die zweite Schichtwicklung herum angeordnet. Auch besteht die dritte Schichtwicklung aus lediglich einer Windung, die an dem am weitesten innen gelegenen proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet ist, entsprechend der proximalen Endwindung der zweiten Schichtwicklung, so dass die Zahnwicklung eine ungerade Windungszahl besitzt.

[0012] Um darüber hinaus die oben genannte Aufgabe zu lösen und damit in Verbindung stehende Ziele zu erreichen, schafft die vorliegende Erfindung eine dritte Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine, enthaltend eine Vielzahl an Zahnwicklungen, die jeweils um Zähne eines Statorkernes gewickelt sind. Jede Zahnwicklung enthält eine erste Schichtwicklung, eine zweite Schichtwicklung, ein Wicklungsstart-Ende, ein Wicklungsende-Ende und ein Paar von Verbindungsdrahtabschnitten. Die erste Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, die aufeinander folgend angeordnet sind, indem ein mit einer Isolation beschichteter Wicklungsleiter um einen Zahn des Statorkernes in einer Richtung gewickelt wird, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ die gleiche Schicht zu bilden. Die zweite Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, inklusive einer Anfangswindung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung aus gewickelt ist bzw. zurück läuft und dadurch gebildet wird, indem man sukzessive den mit einer Isolation beschichteten Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung in einer Richtung wickelt, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu wickeln. Das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende sind an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet. Die Verbindungsdrahtabschnitte erstrecken sich von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken des Statorkernes hin. Gemäß der dritten Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung wird eine dritte Schichtwicklung auf und um die zweite Schichtwicklung herum angeordnet. Auch besteht die dritte Schichtwicklung aus lediglich einer Windung, die an dem am weitesten innen gelegenen proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet ist, entsprechend der proximalen Endwindung der zweiten Schichtwicklung, so dass die Zahnwicklung eine ungerade Windungszahl besitzt.

dungsdrahtabschnitten. Die erste Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl an Windungen, die dadurch angeordnet werden, indem man sukzessive einen mit einer Isolation beschichteten Wicklungsleiter um einen Zahn des Statorkernes in einer Richtung wickelt, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ die gleiche Schicht auszubilden. Die zweite Schichtwicklung besteht aus einer Vielzahl von Windungen, inklusive einer Startwindung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung aus zurück läuft und dadurch angeordnet wird, indem man sukzessive den mit einer Isolation beschichteten Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung in einer Richtung wickelt, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes voranschreitet, um kooperativ die gleiche Schicht zu bilden. Das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende sind an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet. Auch erstrecken sich die Verbindungsdrahtabschnitte von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken des Statorkernes hin. Gemäß der dritten Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung bilden eine Vielzahl von Zahnwicklungen kooperativ eine Phasenwicklung mit einer Vielzahl an Reihenwicklungseinheiten, die parallel zueinander angeordnet sind, wobei jede Reihenwicklungseinheit aus einer oder in Reihe geschalteten n (n ist eine positive ganze Zahl gleich oder größer als 2) Zahnwicklungen und die Windungszahl der Zahnwicklung ist im Wesentlichen äquivalent mit oder besteht aus einer ungeradzahlig Windungszahl.

[0013] Die Erfindung betrifft auch eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine basierend auf einer Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung. Gemäß der Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung beginnt die Wicklungsarbeit für die Zahnwicklung von einer Position benachbart dem Kernrücken (das heißt von dem proximalen Endabschnitt des Zahnes aus), bis diese den distalen Endabschnitt des Zahnes erreicht, um die erste Schichtwicklung zu bilden. Es wird dann die Voranschreitrichtung umgekehrt, die Wicklungsarbeit startet dabei von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes hin, um dadurch die zweite Schichtwicklung auszubilden. Somit ist die zweite Schichtwicklung auf der ersten Schichtwicklung angeordnet, um dadurch ein Paar von Schichtwicklungen zu bilden. Es ist jedoch möglich, ein anderes Paar von Schichtwicklungen hinzuzufügen, wenn dies erforderlich ist. In jedem Fall werden geradzahlige Schichtwicklungen um den Zahn gewickelt.

[0014] Gemäß dieser Anordnung kann das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende der

Zahnwicklung an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet werden, das heißt dicht bei dem Kernrücken des Statorkernes. Es wird somit möglich, zwei Zahnwicklungen mit einer kurzen Überbrückung zu verbinden. Dies bringt die Wirkung mit sich, dass eine Erhöhung in dem Widerstandsverlust unterdrückt wird, und führt darüber hinaus dazu, dass die Überbrückungen und Verbindungsabschnitte der Überbrückungen und der Anschlussdrahtabschnitte der Zahnwicklungen weit von der Zylinderoberfläche des Rotors zu liegen kommen. Es wird als ein Ergebnis möglich, zu verhindern, dass Drähte in Kontakt mit dem Rotor gelangen. Die Arbeit für die Installation des Rotors in dessen Gehäuse wird dabei auch einfacher.

[0015] Da ferner sowohl das Wicklungsstart-Ende als auch das Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung an der Proximalendseite des Zahnes angeordnet sind, können die Verbindungsdrähte der Zahnwicklungen und die Überbrückungen dicht bei der Endfläche des Kernrückens des Statorkernes angeordnet werden. Somit wird die axiale Länge des Stators nicht erhöht.

[0016] Speziell besitzt gemäß der ersten Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung die zweite Schichtwicklung der Zahnwicklung im Wesentlichen keine Windung an dem innersten proximalen Endabschnitt des Zahnes entsprechend der proximalen Endwindung der ersten Schichtwicklung, so dass die Zahnwicklung eine ungeradzahlige Windungszahl besitzt. Somit kann die erste Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung eine Zahnwicklung mit einer geraden Wicklungszahl realisieren, wobei aber die Vorteile der oben beschriebenen Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung sichergestellt werden. Der Freiheitsgrad bei der Konstruktion einer rotierenden elektrischen Maschine bei Verwendung eines Stators mit konzentrierter Wicklung kann erhöht werden.

[0017] Speziell gemäß der zweiten Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung ist die dritte Schichtwicklung auf und um der bzw. die zweite Schichtwicklung angeordnet und gewickelt. Auch besteht die dritte Schichtwicklung lediglich aus einer Windung, die an dem innersten proximalen Endabschnitt des Zahnes angeordnet ist, entsprechend der Proximalende-Windung der zweiten Schichtwicklung, so dass die Zahnwicklung eine ungeradzahlige Windungszahl aufweist. Somit kann die zweite Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung eine Zahnwicklung realisieren, die eine ungeradzahlige Windungszahl aufweist, wobei aber die Vorteile der oben beschriebenen Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung sichergestellt werden. Der Freiheitsgrad bei der Konstruktion einer rotierenden elektrischen Maschi-

ne unter Verwendung eines Stators mit konzentrierter Wicklung kann erhöht werden.

[0018] Speziell bilden gemäß der dritten Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung die Vielzahl der Zahnwicklungen kooperativ eine Phasenwicklung, die eine Vielzahl an Reihenwicklungseinheiten enthält, die zueinander parallel angeordnet sind. Jede Reihenwicklungseinheit besteht aus einer oder aus seriell geschalteten n (n ist eine positive ganze Zahl gleich mit oder größer als 2) Zahnwicklungen und die Windungszahl der Zahnwicklung ist im Wesentlichen äquivalent mit einer ungeradzahligem Windungszahl.

[0019] Somit kann die dritte Statorspule mit konzentrierter Wicklung der vorliegenden Erfindung eine Zahnwicklung realisieren, die eine im Wesentlichen ungeradzahlige Windungszahl aufweist, wobei aber die Vorteile der oben beschriebenen Proximalen-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung erhalten bleiben. Der Freiheitsgrad bei der Konstruktion einer rotierenden elektrischen Maschine unter Verwendung des Stators mit konzentrierter Wicklung kann erhöht werden.

[0020] Spezifischer gesagt, sei nun angenommen, dass "i" den Strom angibt, der in der Phasenwicklung fließt, "N" die Windungszahl der Zahnwicklung angibt und dass die Phasenwicklung dadurch gebildet ist, indem eine Gesamtheit von "Y" Zahnwicklungen seriell verbunden werden und parallel angeordnet werden. Gemäß dieser Anordnung wird der Phasenstrom, der in jeder Phasenwicklung fließt, auf einen Wert von $1/Y$ abgesenkt. Dies ist äquivalent zu einer Reduzierung der Amperewicklung einer Zahnwicklung von Ni auf Ni/Y . Mit anderen Worten ist dies äquivalent einer Reduzierung der Windungszahl der Zahnwicklung von N auf N/Y . Selbst wenn demzufolge eine tatsächliche Windungszahl der Zahnwicklung aus einer geraden Zahl besteht, ist es möglich, eine Windungszahl zu realisieren, die elektromagnetisch als eine ungerade Zahl betrachtet werden kann. Es sei beispielsweise weiter angenommen, dass die Zahnwicklung 30 Windungen aufweist und dass die Phasenwicklungen, von denen jede aus sechs Zahnwicklungen besteht, parallel zueinander angeordnet sind. Gemäß dieser Anordnung kann die Windungszahl der Zahnwicklung so betrachtet werden, dass sie im Wesentlichen identisch mit 5 Windungen ist.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Phasenwicklung durch zwei serielle Wicklungseinheiten gebildet, die miteinander parallel geschaltet sind, wobei jede serielle Wicklungseinheit aus Zahnwicklungen besteht, die in Reihe geschaltet sind, wobei eine Zahl der Zahnwicklungen gleich der Hälfte einer Polpaarzahl ist. Diese Anordnung bringt die Wirkung einer Unterdrückung der Reduzierung des Stromes mit sich, der

in jeder Zahnwicklung fließt, da die Zahl der parallelen Einheiten gleich ist mit 2 (das heißt der minimalen Zahl). Es wird demzufolge möglich, die Windungszahl einer Zahnwicklung zu reduzieren, die zur Sicherstellung einer Amperewicklung erforderlich ist, welche für eine Zahnwicklung gefordert wird. Die Wicklungsarbeit der Zahnwicklung kann somit vereinfacht werden. Der Wicklungswiderstand kann ebenso reduziert werden.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung auf umfangsmäßig beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes angeordnet und das Paar der Verbindungsdrahtabschnitte erstreckt sich zu dem Kernrücken des Statorkernes hin, und zwar von umfangsmäßig beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes aus. Gemäß dieser Anordnung erstrecken sich beide Verbindungsdrahtabschnitte von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung aus und können in einfacher Weise zu der radialen Richtung hin gebogen werden, indem man den Randabschnitt oder Kantenabschnitt des Kernrückens verwendet, der zu dem Schlitzboden hinweist. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass ein ausreichender Spielraum zwischen den Verbindungsdrahtabschnitten sichergestellt wird. Die Anschlüsse oder Enden der Verbindungsdrahtabschnitte können in einfacher Weise bearbeitet werden.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erstreckt sich das Paar der Verbindungsdrahtabschnitte in der gleichen axialen Richtung von den umfangsmäßig beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes aus, und zwar zu dem Kernrücken des Statorkernes hin. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass die Verdrahtungs- bzw. Anschlussarbeit vereinfacht wird, da die Verbindungsdrahtabschnitte der Zahnwicklung mit den Überbrückungen verbunden werden können (inklusive der Neutral-Überbrückung), und zwar an der gleichen Seite des Kernrückens des Statorkernes in der axialen Richtung.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Statorspule mit konzentrierter Wicklung ferner eine erforderliche Anzahl an Busstäben, die als Überbrückungen oder Überkreuzungen dienen oder auch als Neutralpunkte oder Phasenanschlüsse, die benachbart einer axialen Endfläche des Kernrückens auf der Seite angeordnet sind, wo die Verbindungsdrahtabschnitte der Zahnwicklungen verlaufen. Die Busstäbe unterschiedlicher Phasen sind an unterschiedlichen Positionen in der axialen Richtung angeordnet und die Überkreuzungsoder Überbrückungsbusstäbe der gleichen Phase sind an der gleichen Position in der axialen Richtung angeordnet. Darüber hinaus sind

die Verbindungsdrahtabschnitte der jeweiligen Wicklungen mit den Busstäben verbunden. Diese Anordnung führt zu der Wirkung, dass hoch verdichtete Statorwicklungen realisiert werden können und die Verbindungsdrahtabschnitte verkürzt werden können, und zwar auf Grund der Überbrückungen oder Überkreuzungen, der Neutralpunkte, und indem Phasenanschlüsse und andere Busstäbe benachbart zu der Zahnwicklung angeordnet werden können. Die Busstäbe können in einfacher Weise an dem Kernrücken befestigt werden, indem man einen elektrisch isolierenden Halter verwendet. Die Verbindungsdrahtabschnitte der Zahnwicklung können in einfacher Weise mit den Busstäben verbunden werden.

[0025] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Statorspule mit konzentrierter Wicklung ferner einen Busstabhalter, der an der axialen Endfläche des Kernrückens befestigt ist, und eine vorbestimmte Anzahl von Busstäben aufweist, die in Nuten aufgenommen sind, welche sich in der Umfangsrichtung erstrecken und die wechselseitig benachbart in der axialen Richtung angeordnet sind, so dass sie nach außen hin in der radialen Richtung offen sind. Auch nehmen die Busstabaufnahmenuten jeweils Busstäbe der gleichen Phase auf. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass hoch dichte Statorwicklungen realisiert werden können.

[0026] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nehmen die Busstabaufnahmenuten einer jeweiligen Phase einen Neutralbusstab auf. Dies bringt die Wirkung mit sich, dass hoch verdichtete Statorwicklungen realisiert werden können.

[0027] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besitzt die Zahnwicklung $2n$ Schichtwicklungen ($n = 1, 2, 3, \dots$). Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass eine Zahnwicklung mit einer im Wesentlichen ungeraden Windungszahl geschaffen werden kann, während gleichzeitig die Vorteile der oben beschriebenen Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung erhalten bleiben. Der Freiheitsgrad bei der Konstruktion einer rotierenden elektrischen Maschine mit Verwendung der Statorspule mit konzentrierter Wicklung kann erhöht werden.

[0028] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besitzt die Zahnwicklung $4n-2$ Schichtwicklungen ($n = 1, 2, 3, \dots$). Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass eine Zahnwicklung im Wesentlichen eine ungeradzahlige Windungszahl aufweist, während gleichzeitig die Vorteile der oben beschriebenen Proximalende-Extraktionstyp-Zweischichtwicklungsanordnung erhalten bleiben. Der Freiheitsgrad bei der Konstruktion einer rotierenden elektrischen Maschine bei

Verwendung einer Statorspule mit konzentrierter Wicklung kann erhöht werden.

Ausführungsbeispiel

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] Die oben beschriebenen Ziele und weitere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich klarer aus der folgenden detaillierten Beschreibung unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen, in welchen zeigen:

[0030] [Fig. 1A](#) eine linksseitige Ansicht, die einen Zahn und eine Zahnwicklung darstellt, die bei einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden, gesehen von einer Richtung des Pfeiles B aus;

[0031] [Fig. 1B](#) eine rechtsseitige Ansicht, die den Zahn und die Zahnwicklung darstellt, die bei der ersten Ausführungsform der Erfindung verwendet werden, gesehen von einer Richtung gemäß dem Pfeil C aus;

[0032] [Fig. 1C](#) eine Bodenansicht, die den Zahn und die Zahnwicklung darstellt, welche bei der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden, gesehen von einer Richtung gemäß dem Pfeil D aus;

[0033] [Fig. 1D](#) eine Frontansicht, die den Zahn und die Zahnwicklung darstellt, gesehen in der axialen Richtung und entlang einer Ebene, die sich in der radialen Richtung erstreckt;

[0034] [Fig. 2](#) eine Frontansicht, die einen Rückführabschnitt der Zahnwicklung darstellt, die in den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#) erläutert ist, gesehen entlang einer Ebene, die sich in der radialen Richtung erstreckt;

[0035] [Fig. 3](#) eine Erweiterungsdraufsicht, die teilweise einen Stator mit Drei-Phasen-Sternschaltwicklung wiedergibt, die miteinander parallel geschaltet sind;

[0036] [Fig. 4](#) eine Frontansicht, die einen Stator mit Verwendung von Statorwicklungen darstellt, die in [Fig. 3](#) gezeigt sind, entlang einer Ebene, die sich in der radialen Richtung erstreckt;

[0037] [Fig. 5](#) ein Schaltungsdiagramm, welches eine Phasenwicklung wiedergibt, die für den Stator verwendet wird, der in [Fig. 3](#) gezeigt ist;

[0038] [Fig. 6](#) ein Schaltungsdiagramm, welches eine Phasenwicklung wiedergibt, die bei einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

[0039] [Fig. 7](#) eine Frontansicht, die eine Zahnwicklung darstellt, die bei einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, gesehen entlang einer Ebene, die sich in der radialen Richtung erstreckt;

[0040] [Fig. 8](#) eine Frontansicht, die eine Zahnwicklung wiedergibt, die bei einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, entlang einer Ebene, die sich in der radialen Richtung erstreckt; und

[0041] [Fig. 9](#) eine perspektivische Explosionsansicht, die einen Stator veranschaulicht, der herkömmliche Statorspulen mit konzentrierter Wicklung verwendet.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0042] Es werden nun bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Folgenden unter Hinweis auf die anhängenden Zeichnungen erläutert.

[0043] Eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine der vorliegenden Erfindung wird basierend auf den folgenden Ausführungsformen erläutert.

Erste Ausführungsform

[0044] Eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Hinweis auf [Fig. 1](#) erläutert.

[0045] [Fig. 1D](#) ist eine Frontansicht, die einen Zahn **11** eines Statorkernes **1** und eine Zahnwicklung **2** darstellt, die um diesen Zahn **11** herumgewickelt ist, gesehen in der axialen Richtung. [Fig. 1A](#) ist eine Linksseitenansicht, die den Zahn **11** und die Zahnwicklung **2** wiedergibt, gesehen von einer Richtung gemäß dem Pfeil B aus. [Fig. 1B](#) ist eine Rechtsseitenansicht, die den Zahn **11** und die Zahnwicklung **2** wiedergibt, gesehen von der Richtung gemäß dem Pfeil C aus. [Fig. 1C](#) ist eine Bodenansicht, die den Zahn **11** und die Zahnwicklung **2** wiedergibt, gesehen von einer Richtung gemäß dem Pfeil D aus.

[0046] Der Statorkern **1** besteht aus dem Zahn **11** und einem Kernrücken **12**, der in [Fig. 1D](#) teilweise gezeigt ist. Der Statorkern **1** wird dadurch gebildet, indem vielgeschichtete, elektromagnetische Platten angeordnet werden. Der Statorkern **1** besitzt eine zusammengesetzte Kernstruktur.

[0047] Jeder Zahn **11** ragt in der radialen Richtung von einer inneren Zylinderoberfläche des Kernrückens **12** (das heißt dem Joch) nach innen zu. Die Zähne **11** sind in konstanten Winkelteilungen in der

Umfangsrichtung angeordnet. Der Zahn **11** besitzt einen Hauptabschnitt **111** gemäß einer quadratischen Stabgestalt, und einen Flanschabschnitt **112** entsprechend an dessen distalem Ende. Der Flanschabschnitt **112** besitzt eine vorbestimmte Dicke in der radialen Richtung und ragt in der Umfangsrichtung von beiden Seiten ab. Die vorspringende Länge des Flanschabschnittes **112** ist größer als die radiale Breite oder Weite eines noch an späterer Stelle zu beschreibenden Flachdrahtes. Jeder Zahn **11** besitzt eine teilweise zylinderförmige Oberfläche, die an der radialen Innenseite desselben gelegen ist, so dass sie einem Rotor gegenüber liegt (nicht gezeigt).

[0048] Die Zahnwicklung **2** besteht aus einem flachen Kupferdraht, der mit einem Harzbeschichtungsfilm ummantelt ist und der um den Hauptabschnitt **111** eines entsprechenden Zahnes **11** herumgewickelt ist, um so zwei Schichten der Wicklung zu bilden. Spezifischer ausgedrückt, besteht die Zahnwicklung **2** aus einer ersten Schichtwicklung **21**, die um den Hauptabschnitt **111** des Zahnes **11** gewickelt ist, aus einer zweiten Schichtwicklung **22**, die auf der ersten Schichtwicklung **21** und um diese herumgewickelt ist, einem Verbindungsdrahtabschnitt **23**, der sich von einem Wicklungsstart-Ende der ersten Schichtwicklung **21** aus erstreckt, und einem Verbindungsdrahtabschnitt **24**, der sich von einem Wicklungsende-Ende der zweiten Schichtwicklung **22** aus erstreckt. Die erste Schichtwicklung **21** besitzt eine Endwindung **210** auf der Seite des distalen Endes des Zahnes **11**, das heißt an der Position, die am dichtesten bei dem Flanschabschnitt **112** gelegen ist.

[0049] Jede der Wicklungen gemäß der ersten Schichtwicklung **21** und der zweiten Schichtwicklung **22** der Zahnwicklung **2** besitzt eine rechteckförmige Wicklungsgestalt im Querschnitt und bildet eine Windung einer Quadratgestalt, die aus vier geraden Kanten oder Rändern besteht, wenn diese um den Hauptabschnitt **111** des Zahnes **11** (das heißt dem quadratischen Stababschnitt) gewickelt ist. Von den vier Kanten oder Rändern entspricht eine Kante oder Rand einer axialen Endfläche des Statorkernes **1**, wo die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** sich erstrecken, und dieser wird als Frontrand oder Frontkante bezeichnet.

[0050] Die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** sind auf beiden Seiten des Zahnes **11** in der Umfangsrichtung gemäß der Darstellung in [Fig. 1D](#) angeordnet und sind auf einer Seite des Zahnes **11** in der axialen Richtung angeordnet, wie dies in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigt ist. Die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** erstrecken sich im Wesentlichen in der radialen Richtung nach außen, und zwar parallel zu der Oberfläche des Zahnes **11**. Der Verbindungsdrahtabschnitt **23** erstreckt sich entlang einer linken Seitenfläche des Zahnes **11**, wie in [Fig. 1D](#) dargestellt ist. Nachdem er den proximalen

Endabschnitt des Zahnes **11** erreicht hat, wird der Verbindungsdrahtabschnitt **23** senkrecht zur Rückseite des Zeichnungsblattes umgebogen und dringt in das Wicklungsstart-Ende der ersten Schichtwicklung **21** ein.

[0051] Die erste Schichtwicklung **21** besitzt sechs Windungen, die dadurch ausgebildet werden, indem sukzessive ein Wicklungsleiter um den Hauptabschnitt **111** des Zahnes **11** in einer Richtung gewickelt wird, die von dem proximalen Endabschnitt zu dem distalen Endabschnitt des Zahnes **11** voranschreitet, um kooperativ die gleiche Schicht zu bilden. Die zweite Schichtwicklung **22** besitzt eine Vielzahl an Windungen, die dadurch gebildet werden, indem sukzessive in einer Richtung gewickelt wird, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes **11** voranschreitet, um dadurch kooperativ eine gleiche Schicht auf der ersten Schichtwicklung **21** zu bilden. Die zweite Schichtwicklung **22** besitzt eine Startwindung **220**, die kontinuierlich von der letzten Windung **210** der ersten Schichtwicklung zurück verläuft. Gemäß dieser Anordnung werden beide Enden entsprechend dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung **2** an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes **11** angeordnet. Spezifischer ausgedrückt, beginnt die Wicklungsarbeit der Zahnwicklung **2** von einer Position aus, benachbart dem Kernrücken (das heißt dem proximalen Endabschnitt des Zahnes **11**), bis sie den distalen Endabschnitt des Zahnes **11** erreicht, um die erste Schichtwicklung **21** zu bilden. Dann wird die Voranschreitrichtung umgekehrt, die Wicklungsarbeit beginnt erneut von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes **11** hin, um die zweite Schichtwicklung **22** zu bilden. Somit wird die zweite Schichtwicklung **22** auf der ersten Schichtwicklung **21** angeordnet. Gemäß dieser Ausführungsform enthält die Zahnwicklung **2** ein Paar von Schichtwicklungen. Es ist jedoch möglich, ein anderes Paar an Schichtwicklungen hinzu zu fügen, wenn dies erforderlich ist.

[0052] Gemäß dieser Anordnung können beide Enden entsprechend dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung **2** an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes **11** angeordnet werden, das heißt dicht bei dem Kernrücken **12** des Statorkernel **1**. Es wird somit möglich, zwei Zahnwicklungen **2** mit einer kurzen Überbrückung zu verbinden. Dies bringt die Wirkung mit sich, dass eine Erhöhung im Widerstandsverlust unterdrückt werden kann und dass die Überbrückungen oder Überkreuzungen und Verbindungsabschnitte der Überbrückungen oder Überkreuzungen und die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** der Zahnwicklung **2** weit von der Zylinderoberfläche des Rotors angeordnet werden können. Als ein Ergebnis wird es möglich, zu verhindern, dass Drähte in Kontakt mit dem Rotor gelangen. Die Arbeit zur Installation des Rotors in des-

sen Gehäuse wird auch vereinfacht. Ferner kann die Überbrückung einfach und sicher durch den Statorkernel **1** gehalten werden, ohne eine Störung mit der Zahnwicklung **2**.

[0053] Ferner besitzt gemäß dieser Ausführungsform die Zahnwicklung **2** ein Paar an Verbindungsdrahtabschnitten **23** und **24**, die sich von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu dem Kernrücken des Statorkernel **1** hin erstrecken. Es wird somit möglich, in einfacher Weise die Verbindungsdrahtabschnitte der Zahnwicklung mit den Überbrückungs-Busstäben zu verbinden und in einfacher Weise eine Installation an dem freigelegten Kernrücken des Statorkernel vorzunehmen.

[0054] Ferner können gemäß dieser Ausführungsform sowohl das Wicklungsstart-Ende **200** als auch das Wicklungsende-Ende **201** der Zahnwicklung **2** an den umfangsmäßigen beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes **11** angeordnet werden. Die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** erstrecken sich zu dem Kernrücken des Statorkernel hin, und zwar von beiden umfangsmäßigen Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes **11** aus. Die Verbindungsdrahtabschnitte **23** erstrecken sich von dem Wicklungsstart-Ende der Zahnwicklung **2** aus und die Verbindungsdrahtabschnitte **24** erstrecken sich von dem Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung **2** aus und können in einfacher Weise zur radialen Richtung hin gebogen werden, indem man den Rand- oder Kantenabschnitt des Kernrückens verwendet, welcher dem Schlitzboden gegenüber liegt. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass ein ausreichender Spielraum zwischen den Verbindungsdrahtabschnitten **23** und **24** sichergestellt wird. Die Anschlüsse der Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** können in einfacher Weise bearbeitet werden.

[0055] Ferner erstrecken sich gemäß dieser Ausführungsform das Paar der Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** in der gleichen axialen Richtung von beiden umfangsmäßigen Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes **11** aus, und zwar zu dem Kernrücken **12** des Statorkernel **1** hin. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass die Drahtanschlussarbeit vereinfacht wird, da die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** der Zahnwicklung **2** mit Überbrückungen oder Überkreuzungen verbunden werden können (inklusive der Neutral-Überbrückung), und zwar auf der gleichen Seite des Kernrückens **12** des Statorkernel **1** in der axialen Richtung.

[0056] [Fig. 2](#) zeigt einen Wicklungsleiter, der kontinuierlich von der ersten Schichtwicklung **21** zu der zweiten Schichtwicklung **22** zurückkehrt, und zwar mit der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22**. Gemäß dieser Ausführungsform entspricht ein Startabschnitt (das heißt der Frontrand oder die Frontkante) **221** der Startwindung **220** der zweiten

Schichtwicklung **22** einem Endabschnitt (das heißt einem Endrand oder einer Endkante der vier Ränder oder Kanten) der letzten Windung **210** der ersten Schichtwicklung **21**. Gemäß dieser Ausführungsform ist der Startabschnitt **221** geringfügig früher zu einer Position hin verschoben, die identisch ist mit derjenigen der anderen Windungen der zweiten Schichtwicklung **22**. Es ist nämlich die letzte Windung der ersten Schichtwicklung **21** entlang dreier Flächen des Zahnes **11** gewickelt, und zwar um einen Betrag, der äquivalent ist mit 3/4 einer Windung, und endet an dem Randabschnitt oder Kantenabschnitt zwischen der umfangsmäßig rechten Seitenfläche des Zahnes **11** und der axialen Endfläche des Zahnes **11**, wie in [Fig. 2](#) und in [Fig. 1D](#) gezeigt ist.

[0057] Der Startabschnitt (das heißt der Frontrand oder die Frontkante) **221** der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** ist zu dem distalen Endabschnitt (das heißt zu der radialen Innenseite) des Zahnes **11** gebogen, wodurch verhindert wird, dass der Startabschnitt (das heißt der Frontrand oder die Frontkante) **231** der zweiten Windung **230** der zweiten Schichtwicklung **22** (nächstliegend zur Startwindung **220** gelegen) auf dem Startabschnitt **221** der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** reitet (siehe hierzu [Fig. 1D](#)).

[0058] Ferner ist der Startabschnitt (der Frontrand) **231** der zweiten Windung **230** der zweiten Schichtwicklung **22**, speziell dessen Frontendabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt (das heißt zur radialen Außenseite hin) des Zahnes **11** gebogen und ist benachbart dem Startabschnitt (dem Frontrand) **221** der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** angeordnet, wodurch verhindert wird, dass der Startabschnitt **231** der zweiten Windung **230** auf dem Startabschnitt **221** der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** reitet. Gemäß dieser Anordnung bildet die Rückleitung der Wicklungsrichtung des Wicklungsleiters von der ersten Schichtwicklung **21** zu der zweiten Schichtwicklung **22** einen Rückführ- oder Rückleitabschnitt, der aus einer Endwindung der ersten Schichtwicklung **21** und der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** besteht, ohne dass dabei der Vorsprungbetrag des Wicklungsleiters (des flachen Drahtes) zur Umfangsrichtung des Statorkernes **1** erhöht wird. Somit kann der Schlitzraumfaktor in angemessener Weise beibehalten werden. Die zweite Schichtwicklung **2** kann um den Zahn **11** somit dicht gewickelt werden. Ferner sind die Startwindung **220** und die zweite Windung **230** der zweiten Schichtwicklung **22** in wechselseitig unterschiedlichen Richtungen gebogen, wodurch die erforderliche Biegung für jede Windung reduziert werden kann.

[0059] Ferner ist der Startabschnitt (Frontrand) **231** der zweiten Windung **230** der zweiten Schichtwicklung **22**, speziell dessen rückwärtiges Ende, entlang

dem Startabschnitt (Frontrand) **221** der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** gebogen. In ähnlicher Weise sind andere Windungen der zweiten Schichtwicklung **22** sukzessive entlang der oben beschriebenen Biegegestalt des Startabschnitts (Frontrand) der zweiten Windung **230** der zweiten Schichtwicklung **22** gewickelt. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass eine räumliche oder elektrische Interferenz vermieden wird, da die Endwindung der zweiten Schichtwicklung **22** nicht auf dem Verbindungsdrahtabschnitt **23** bei oder nahe dem Abschnitt reitet, wo der Wicklungsleiter entlang der Seitenfläche des Zahnes **11** von dem Startabschnitt (Frontrand) der letzten Windung der zweiten Schichtwicklung **22** gebogen ist.

[0060] Ein nach oben verlaufender Pfeil, der in [Fig. 1D](#) gezeigt ist, zeigt die jeweiligen Windungen der zweiten Schichtwicklung **22** an, die nach oben gebogen sind (das heißt in radialer Richtung nach außen), ausgenommen dem Frontrand oder der Frontkante der Startwindung **220**. Ein nach unten verlaufender Pfeil in [Fig. 1D](#) zeigt die Frontränder oder -kanten der jeweiligen Windungen der zweiten Schichtwicklung **22** an, die nach unten gebogen sind (das heißt in der radialen Richtung nach innen zu). Gemäß dieser Anordnung wird es möglich, zu verhindern, dass der Startabschnitt (das heißt der Frontrand) **231** der zweiten Windung **230** auf dem Startabschnitt (das heißt dem Frontrand) **221** der Startwindung **220** reitet, obwohl die jeweiligen Windungen der zweiten Schichtwicklung **22** auf der ersten Schichtwicklung **21** angeordnet sind. Wie in [Fig. 1A](#) gezeigt ist, besitzt die Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** den zweiten Rand oder Kante, bestehend aus einem geradlinigen Abschnitt **241** und einem geneigten Abschnitt **242**. Der geneigte Abschnitt **242** des zweiten Randes ist kontinuierlich und ist im Wesentlichen senkrecht von dem Startabschnitt **221** der Startwindung **220** der zweiten Schichtwicklung **22** aus gebogen und verläuft in den geraden Abschnitt **241** des zweiten Randes an der Seitenfläche des Zahnes **11**. Der geradlinige Abschnitt **241** ist an dem äußersten distalen Endabschnitt des Hauptabschnitts **111** des Zahnes **11** angeordnet.

[0061] Gemäß dieser Ausführungsform kann das oben beschriebene Biegen der zweiten Schichtwicklung **22** in der radialen Richtung an der axialen Endfläche des Statorkernes **1** ausgeführt werden, wo sich die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** erstrecken. Es kann somit die Biegearbeit in einfacher Weise durchgeführt werden, und zwar verglichen mit einem Pfeil, bei dem die Biegearbeit auf der Seitenfläche des Zahnes in der Umfangsrichtung vorgenommen wird.

[0062] [Fig. 3](#) zeigt ein erweitertes Verdrahtungsdiagramm bei einer Drei-Phasen-Statorwicklung, die da-

durch gebildet ist, indem Zahnwicklungen **2** gemäß den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#) verbunden werden, und 2 parallel miteinander angeordnet werden, um jede Phase zu bilden. Jede Zahnwicklung **2** besitzt ein Paar von Verbindungsdrahtabschnitten **23** und **24**, die mit einem W-Phasenbusstab **300**, einem V-Phasenbusstab **301**, einem U-Phasenbusstab **302** oder einem Neutralbusstab **303** verbunden sind. Ferner enthält die Statorspule einen W-Phasen-Extern-Verbindungsanschluss **35**, einen V-Phasen-Extern-Verbindungsanschluss **36** und einen U-Phasen-Extern-Verbindungsanschluss **37**. Die jeweiligen Zahnwicklungen **2** der Drei-Phasen-Statorspule sind so angeordnet, um U-, V-, W-, U-, ... Phasen in der Umfangsrichtung zu bilden. Der U-Phasenbusstab **302**, der V-Phasenbusstab **301**, der W-Phasenbusstab **300** und der Neutralbusstab **303** sind getrennt in vier Nuten oder Rillen eines aus Harz hergestellten Busstabhalters aufgenommen. Der Busstabhalter besitzt einen ringförmigen Körper und ist an der Endfläche des Kernrückens mit Hilfe von Schrauben befestigt. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass die Verbindungsdrahtabschnitte **23** und **24** verkürzt werden, der Widerstandsverlust reduziert wird und eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung in einfacher Weise entsprechend einer Drei-Phasen-Sternverbindung gebildet werden kann (siehe [Fig. 4](#)).

[0063] Im Folgenden werden charakteristische Merkmale dieser Ausführungsform unter Hinweis auf [Fig. 5](#) erläutert.

[0064] Gemäß dieser Ausführungsform besitzt jede Zahnwicklung **2** die erste Schichtwicklung **21** aus 15 Windungen und die zweite Schichtwicklung aus 15 Windungen, das heißt insgesamt 30 Windungen. Der Stator, der in [Fig. 4](#) gezeigt ist, besitzt sechs Zahnwicklungen **2** für jede Phase. Die Zahnwicklungen **2** der gleichen Phase sind miteinander parallel geschaltet, wie dies in [Fig. 5](#) gezeigt ist. Demzufolge beträgt der Strom, der in jeder Zahnwicklung **2** fließt, das 1-6-fache des Phasenstromes "i", der von außerhalb zugeführt wird. Dies ist äquivalent einer Reihenschaltungsanordnung aus Zahnwicklungen **2** mit 5 Windungen. Mit anderen Worten, selbst wenn die Zahnwicklung **2** 30 Windungen aufweist (das heißt eine geradzahlige Windungszahl), wird es möglich, eine Zahnwicklung mit im Wesentlichen 5 Windungen zu realisieren (das heißt einer ungeradzahlgigen Windungszahl). Mit anderen Worten wird es möglich, den Anker unter der Annahme zu konstruieren, dass jede Zahnwicklung eine Amperewicklung von 5i aufweist.

Zweite Ausführungsform

[0065] Eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird nun unter Hinweis auf [Fig. 6](#) erläutert. Gemäß der ersten Ausführungsform sind selbst dann, wenn jede Zahn-

wicklung **2** eine geradzahlige Windungszahl aufweist, alle Zahnwicklungen **2** der gleichen Phase miteinander parallel geschaltet, um die Zahnwicklungen **2** zu realisieren, die dann so betrachtet werden können, dass sie eine ungeradzahlige Windungszahl aufweisen, wenn sie miteinander in Reihe geschaltet sind. Jedoch führt ein Verbinden aller Zahnwicklungen **2** der gleichen Phase parallel zueinander, wie dies in [Fig. 4](#) gezeigt ist, zu einer Abnahme des Stromes, der in einer Zahnwicklung **2** fließt. Um diese Stromreduzierung zu kompensieren, ist es erforderlich, die Windungszahl der Zahnwicklung **2** zu erhöhen, indem man einen dünnen Leiterdraht so oft wie erforderlich wickelt. In dieser Hinsicht verwendet diese Ausführungsform lediglich zwei parallele Schaltkreise (das heißt es ist die parallel Schaltkreiszahl auf 2 begrenzt), wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass der Strombeitrag erhöht wird, der in jeder Zahnwicklung **2** fließt, und zwar bis hinauf zu dem Dreifachen des Strombeitrages bei der ersten Ausführungsform. Die Windungszahl von jeder Zahnwicklung **2** kann auf 1/3 von derjenigen der Zahnwicklung **2** reduziert werden, die in [Fig. 5](#) gezeigt ist.

[0066] Spezifischer ausgedrückt, besitzt jede Zahnwicklung **2** gemäß der Anordnung, die in [Fig. 6](#) gezeigt ist, 10 Windungen. Drei Zahnwicklungen **2** der gleichen Phase sind als eine Reihenschaltungseinheit in Reihe geschaltet. Zwei Reihenschaltungseinheiten sind miteinander parallel geschaltet, um eine Phasenwicklung zu bilden. Diese Anordnung bringt die Wirkung mit sich, dass die Wicklungsarbeit des Spulenleiters vereinfacht wird, da die Windungszahl von jeder Zahnwicklung **2** reduziert werden kann. Da ferner die Zahl der parallelen Schaltkreise bei zwei liegt, ist es wünschenswert, dass die Anschlussdrähte zu einem Überbrückungsbusstab verbunden werden, der sich in der Uhrzeigerrichtung erstreckt, um eine Reihenschaltungseinheit zu erreichen, und dass sich ein anderer Überkreuzungs- oder Überbrückungsbusstab in der Richtung entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn erstreckt, um die andere Reihenschaltungseinheit zu erreichen. Somit kann die Anordnung der Busstäbe vereinfacht werden.

Dritte Ausführungsform

[0067] Eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf [Fig. 7](#) beschrieben. Die erste Schichtwicklung **21** besitzt eine Anfangswicklung **1000** und die zweite Schichtwicklung **22** besitzt eine Endwicklung **2000**. Gemäß der ersten und der zweiten Ausführungsform wird selbst dann, wenn jede Zahnwicklung **2** eine geradzahlige Windungszahl aufweist, die Parallelschaltung dazu verwendet, um Zahnwicklungen zu realisieren, die so betrachtet werden können, dass sie eine ungerad-

zahlige Windungszahl aufweisen, wenn sie miteinander in Reihe geschaltet werden. Auf der anderen Seite ist bei dieser Ausführungsform die letzte Windung der zweiten Schichtwicklung **22** weggelassen, die in der ersten Ausführungsform gezeigt ist (das heißt eine Windung, die mit dem Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung **2** verbunden ist, welche nahe bei dem Kernrücken **12** positioniert ist). Diese Ausführungsform bringt die Wirkung mit sich, dass nicht nur die Anforderung erfüllt wird, dass das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung **2** an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes **11** angeordnet werden, das heißt dicht bei dem Kernrücken **12** des Statorkernes **1**, sondern sich auch die Zahnwicklung **2** mit der ungeradzahligem Windungszahl leicht realisieren lässt.

Vierte Ausführungsform

[0068] Eine Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun unter Hinweis auf [Fig. 8](#) im Folgenden erläutert. Gemäß dieser Ausführungsform ist gemäß der Darstellung in [Fig. 8](#) eine dritte Schichtwicklung mit einer Windung **3000** auf der Endwindung **2000** der zweiten Schichtwicklung **22** angeordnet. Diese Anordnung bringt den Vorteil mit sich, dass nicht nur eine Zahnwicklung **2** mit einer ungeradzahligem Windungszahl realisiert wird, sondern auch die Amperewindung der Zahnwicklung **2** erhöht wird, ohne die Größe oder Ausmaß bzw. Abmessungen der rotierenden elektrischen Maschine ändern zu müssen. Im Allgemeinen ist es gemäß einer Statorspule mit konzentrierter Wicklung möglich, die umfangsmäßige Weite oder Breite eines Zahnes so einzustellen, dass sie im Wesentlichen konstant an irgendeiner Position in der radialen Richtung ist. In einem solchen Fall ist die umfangsmäßige Weite oder Breite eines Schlitzes größer als der Boden des Schlitzes (das heißt das radial äußerste Ende gemäß dem inneren Rotor), und zwar größer als die Öffnung des Schlitzes (das heißt das radial am weitesten innen gelegene Ende gemäß dem inneren Rotor). Basierend auf dieser Tatsache wird zur effektiven Nutzung eines Raumes, der für die Wicklung zur Verfügung steht, bei dieser Ausführungsform eine ungeradzahlige eine Windung **3000** als eine dritte Schichtwicklung vorgeschlagen, die auf der Endwindung der zweiten Schichtwicklung **22** angeordnet ist, indem man den Wicklungsleiter auf der Endwindung **2000** der zweiten Schichtwicklung **22** kontinuierlich wickelt. Gemäß dieser Ausführungsform sind sowohl die Endwindung **2000** der zweiten Schichtwicklung **22** als auch die Windung **3000** der dritten Schichtwicklung dicht bei dem Kernrücken **12** gelegen. Es kann somit das Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung **2** benachbart zu dem Kernrücken **12** angeordnet werden. Die Länge des Verbindungsdrahtes, der sich von diesem Wicklungsende-Ende nach außen in der radialen Richtung er-

streckt, kann verkürzt werden. Der Wicklungswiderstand wird dabei nicht erhöht.

Patentansprüche

1. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine, mit:
einer Vielzahl an Zahnwicklungen (**2**), die jeweils um Zähne eines Statorkernes (**1**) herumgewickelt sind und von denen jede Folgendes aufweist:
eine erste Schichtwicklung (**21**), die aus einer Vielzahl an Windungen besteht, die dadurch hergestellt sind, indem ein mit einer Isolation beschichteter Wicklungsleiter sukzessive um einen Zahn (**11**) des Statorkernes (**1**) in einer Richtung gewickelt wird, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes (**11**) voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu bilden;
eine zweite Schichtwicklung (**22**), die aus einer Vielzahl an Windungen besteht, inklusive einer Anfangswindung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung (**21**) zurück läuft und die dadurch gebildet ist, indem sukzessive der mit einer Isolation beschichtete Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung (**21**) in einer Richtung gewickelt ist, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (**11**) voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu bilden;
ein Wicklungsstart-Ende und ein Wicklungsende-Ende, die an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (**11**) angeordnet sind; und
ein Paar von Verbindungsdrahtabschnitten, die sich von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken (**12**) des Statorkernes (**1**) erstrecken,
bei der:
die zweite Schichtwicklung (**22**) der Zahnwicklung (**22**) im Wesentlichen keine Windung an einem am weitesten innen liegenden proximalen Endabschnitt des Zahnes (**11**) entsprechend der proximalen Endwindung der ersten Schichtwicklung (**21**) aufweist, so dass die Zahnwicklung (**2**) eine ungeradzahlige Windungszahl aufweist.

2. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine, mit:
einer Vielzahl an Zahnwicklungen (**2**), die jeweils um Zähne eines Statorkernes (**1**) herumgewickelt sind und von denen jede Folgendes aufweist:
eine erste Schichtwicklung (**21**), die aus einer Vielzahl an Windungen besteht, die dadurch hergestellt sind, indem ein mit einer Isolation beschichteter Wicklungsleiter sukzessive um einen Zahn (**11**) des Statorkernes (**1**) in einer Richtung gewickelt wird, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes (**11**) voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu bilden;
eine zweite Schichtwicklung (**22**), die aus einer Vielzahl an Windungen besteht, inklusive einer Startwin-

derung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung (21) zurück verläuft und die dadurch gebildet ist, indem sukzessive der mit einer Isolation beschichtete Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung (21) in einer Richtung gewickelt ist, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu bilden;

ein Wicklungsstart-Ende und einem Wicklungsende-Ende, die an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) angeordnet sind; und

ein Paar von Verbindungsdrahtabschnitten, die sich von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken (12) des Statorkernel (1) erstrecken,

bei der:

die Zahnwicklung (2) ferner eine dritte Schichtwicklung auf und um der zweiten Schichtwicklung (2) herum aufweist, wobei die dritte Schichtwicklung aus lediglich einer Windung besteht, die an dem am weitesten innen gelegenen proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) angeordnet ist, entsprechend der proximalen Endwindung der zweiten Schichtwicklung (22), so dass die Zahnwicklung (2) eine ungeradzahlige Windungszahl aufweist.

3. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine, mit:

einer Vielzahl an Zahnwicklungen (2), die jeweils um Zähne eines Statorkernel (1) herumgewickelt sind und von denen jede Folgendes aufweist:

eine erste Schichtwicklung (21), die aus einer Vielzahl an Windungen besteht, die dadurch hergestellt sind, indem ein mit einer Isolation beschichteter Wicklungsleiter sukzessive um einen Zahn (11) des Statorkernel (1) in einer Richtung herum gewickelt wird, die von einem proximalen Endabschnitt zu einem distalen Endabschnitt des Zahnes (11) voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu bilden;

eine zweite Schichtwicklung (22), die aus einer Vielzahl an Windungen besteht, inklusive einer Startwindung, die kontinuierlich von einer Endwindung der ersten Schichtwicklung (21) zurück verläuft oder zurückgeführt ist und die dadurch gebildet ist, indem sukzessive der mit einer Isolation beschichtete Wicklungsleiter auf und um die erste Schichtwicklung (21) in einer Richtung gewickelt ist, die von dem distalen Endabschnitt zu dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) voranschreitet, um kooperativ eine gleiche Schicht zu bilden;

ein Wicklungsstart-Ende und einem Wicklungsende-Ende, die an dem proximalen Endabschnitt des Zahnes (11) angeordnet sind; und

ein Paar von Verbindungsdrahtabschnitten, die sich von dem Wicklungsstart-Ende und dem Wicklungsende-Ende zu einem Kernrücken (12) des Statorkernel (1) hin erstrecken,

bei der:

die Vielzahl der Zahnwicklung (2) kooperativ eine Phasenwicklung bilden, die eine Vielzahl an Reihenwicklungseinheiten enthält, die zueinander parallel angeordnet sind, wobei jede Reihenwicklungseinheit aus einer oder aus in Reihe geschalteten n (n ist eine positive ganze Zahl gleich oder größer als 2) Zahnwicklungen besteht, und eine Windungszahl der Zahnwicklung (2) im Wesentlichen äquivalent einer ungeradzahligten Windungszahl ist.

4. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 3, bei der:

die Phasenwicklung dadurch gebildet ist, indem zwei Reihenwicklungseinheiten parallel zueinander geschaltet sind, und

jede Reihenwicklungseinheit aus Zahnwicklungen (2) besteht, die in Reihe geschaltet sind, wobei eine Zahl der Zahnwicklungen (2) gleich ist der Hälfte einer Polpaarzahl.

5. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der:

das Wicklungsstart-Ende und das Wicklungsende-Ende der Zahnwicklung (2) auf umfangsmäßig beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes (11) angeordnet sind, und

das Paar der Verbindungsdrahtabschnitte sich zu den Kernrücken (12) des Statorkernel (1) von umfangsmäßig beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes (11) hin erstrecken.

6. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der:

das Paar der Verbindungsdrahtabschnitte sich in der gleichen axialen Richtung von den umfangsmäßig beiden Seiten des proximalen Endabschnitts des Zahnes (11) zu dem Kernrücken (12) des Statorkernel (1) hin erstreckt.

7. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner mit einer erforderlichen Anzahl an Busstäben, die als Überbrückungen oder Neutralpunkte oder Phasenanschlüsse dienen und die benachbart einer axialen Endfläche des Kernrückens (12) an der Seite angeordnet sind, wo die Verbindungsdrahtabschnitte der Zahnwicklungen (2) verlaufen, wobei:

die Busstäbe unterschiedlicher Phasen an unterschiedlichen Positionen in der axialen Richtung angeordnet sind und wobei die Überbrückungs-Busstäbe der gleichen Phase an der gleichen Position in der axialen Richtung angeordnet sind, und die Verbindungsdrahtabschnitte der jeweiligen Wicklungen mit den Busstäben verbunden sind.

8. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 7, ferner mit einem Busstabhalter, der an der axialen Endfläche des Kernrückens (**12**) befestigt ist und eine vorbestimmte Anzahl an Nuten zur Aufnahme der Busstäbe aufweist, die sich in der Umfangsrichtung erstrecken und wechselweise benachbart in axialer Richtung angeordnet sind, so dass sie in der radialen Richtung nach außen hin offen sind, wobei die Nuten zur Aufnahme der Busstäbe jeweils die Busstäbe der gleichen Phase aufnehmen.

9. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 8, bei der die den Busstab aufnehmende Nut einer vorbestimmten Phase einen Neutralbusstab aufnimmt.

10. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Zahnwicklung (**2**) $2n$ Schichtwicklungen ($n = 1, 2, 3, \dots$) aufweist.

11. Statorspule mit konzentrierter Wicklung für eine rotierende elektrische Maschine nach Anspruch 3, bei der die Zahnwicklung (**2**) $4n-2$ Schichtwicklungen ($n = 1, 2, 3, \dots$) aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

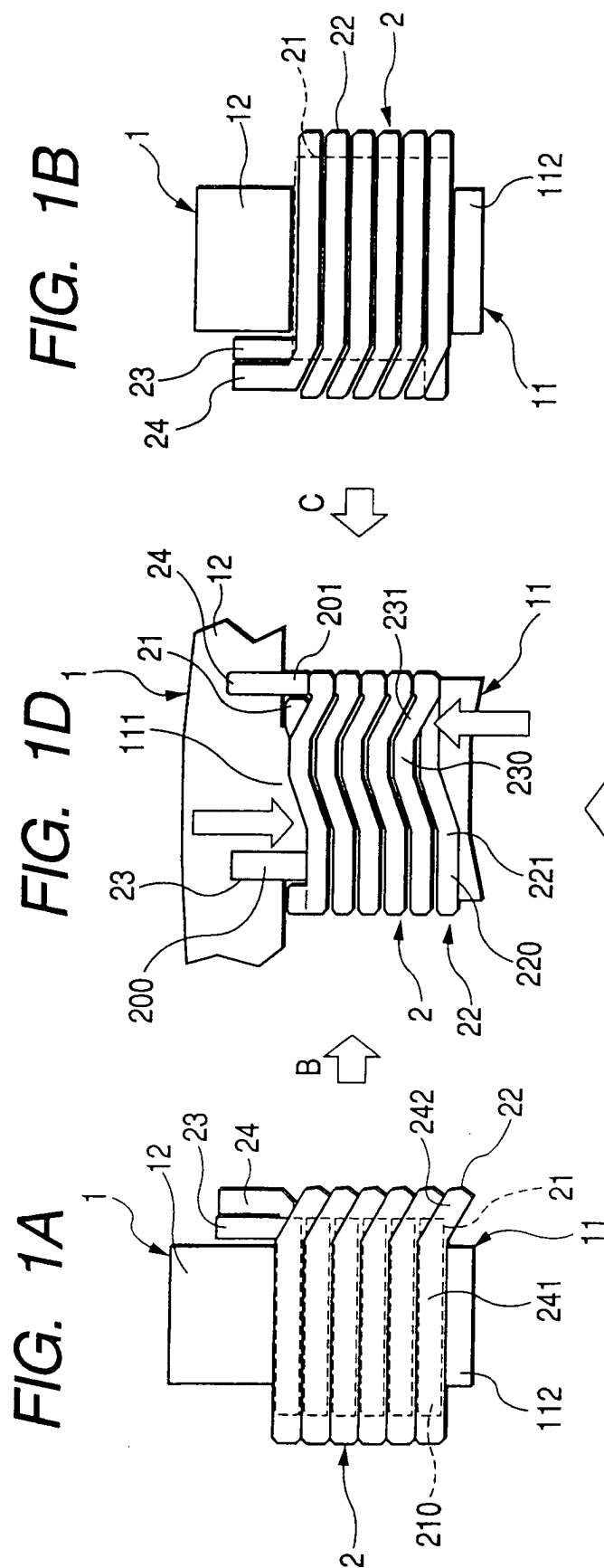
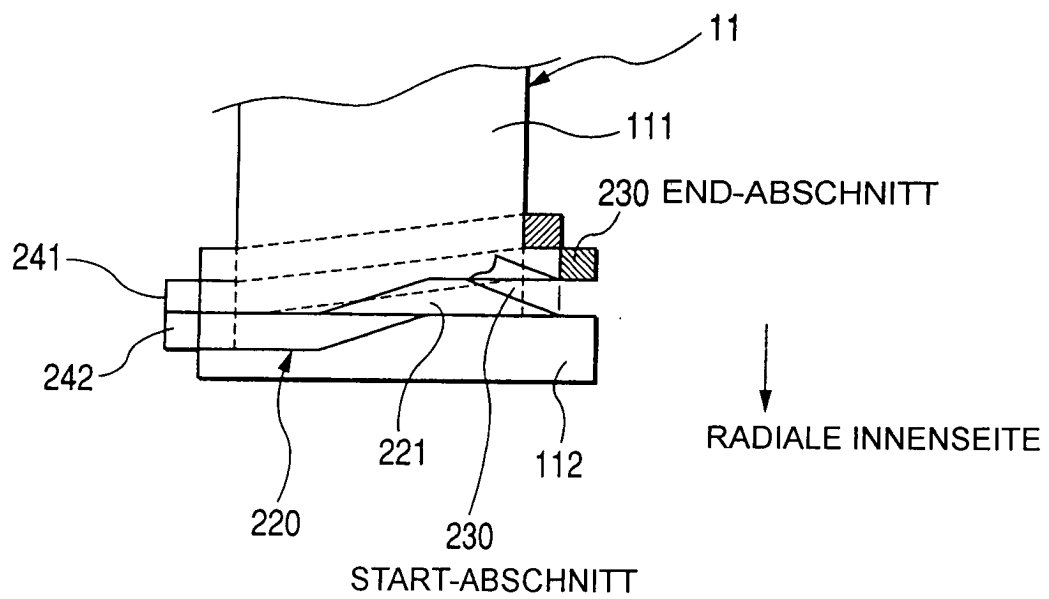


FIG. 2



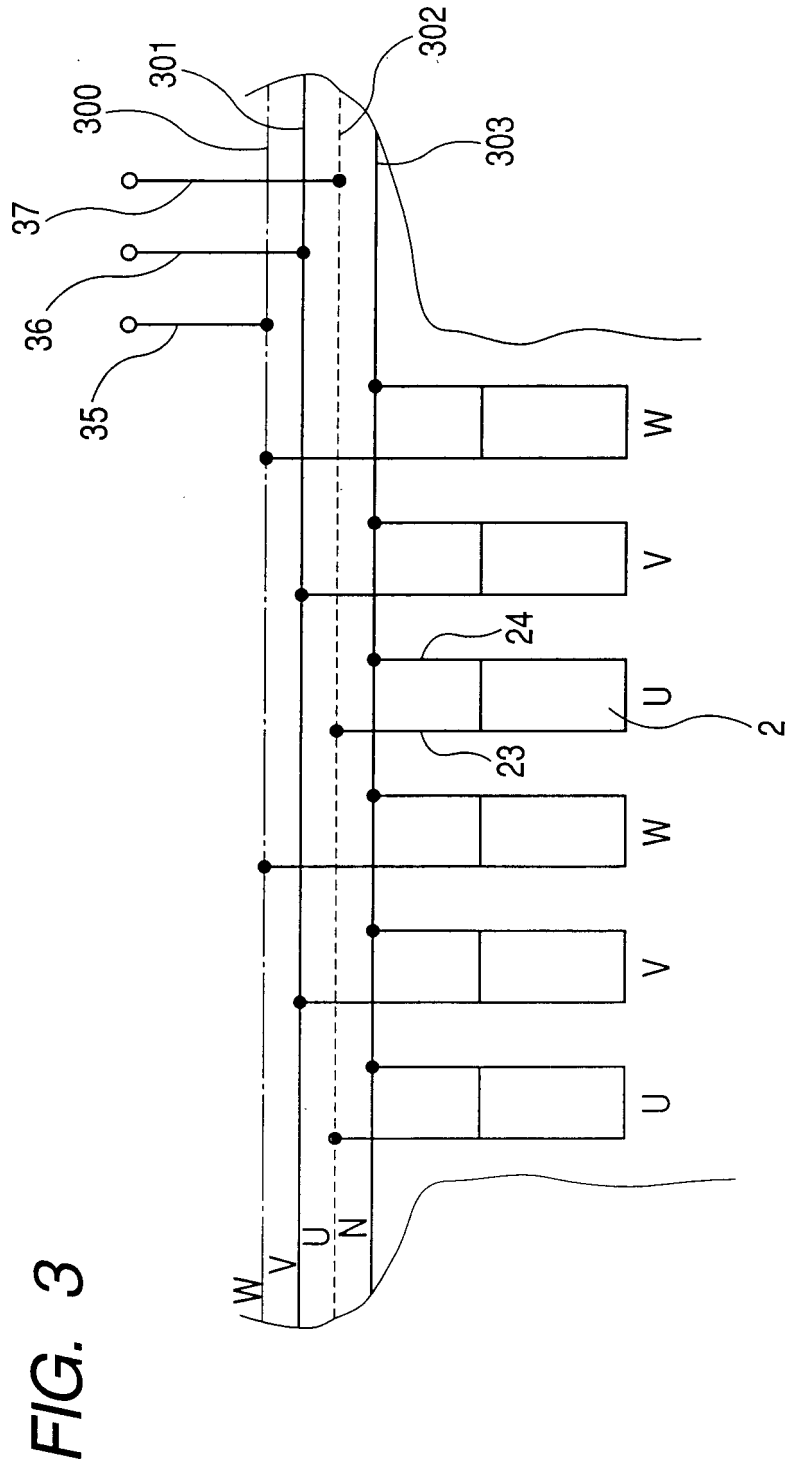


FIG. 4

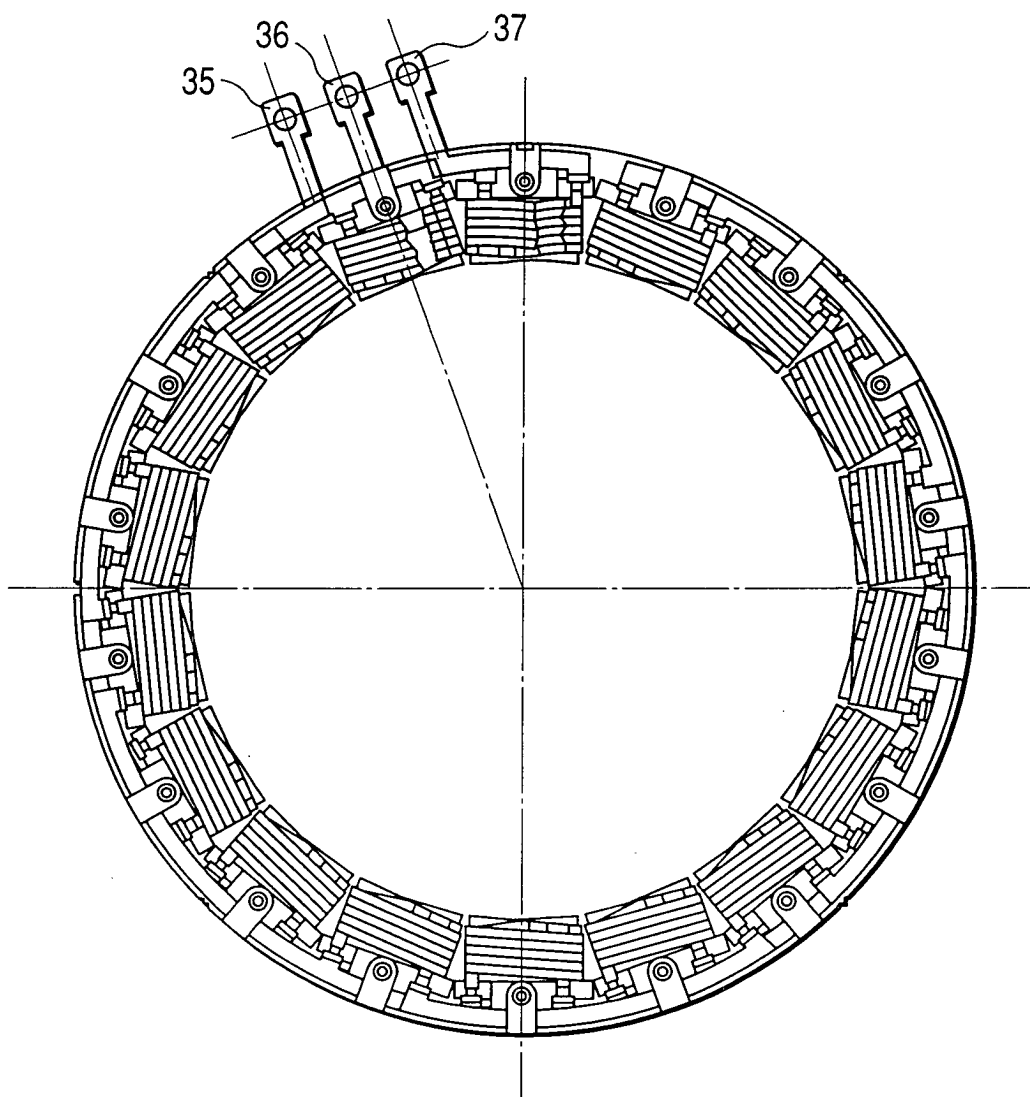


FIG. 5

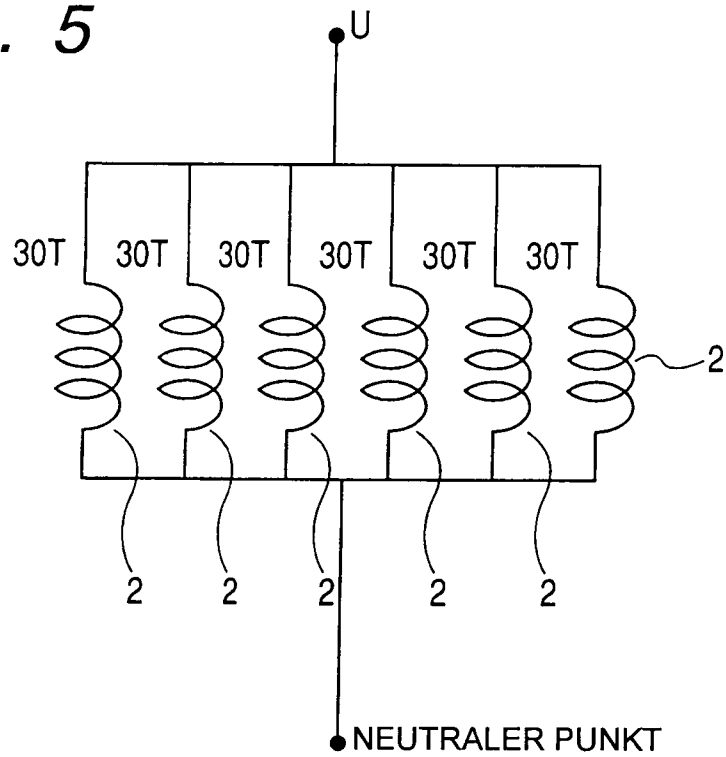


FIG. 6

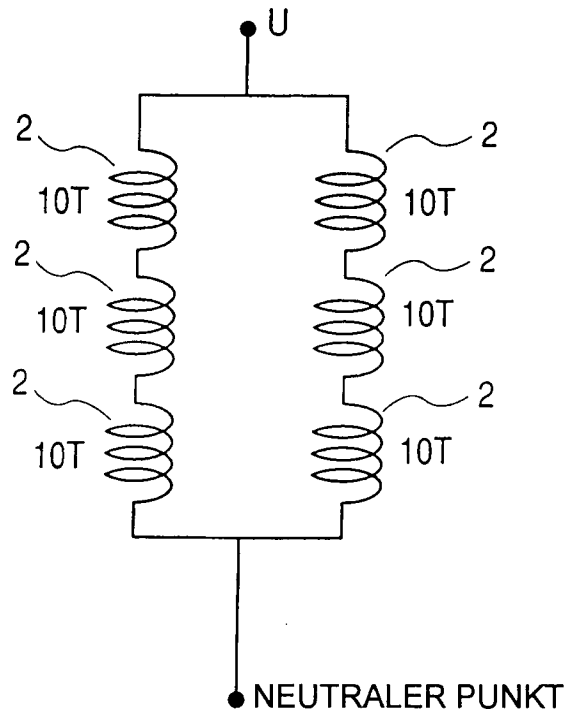


FIG. 7

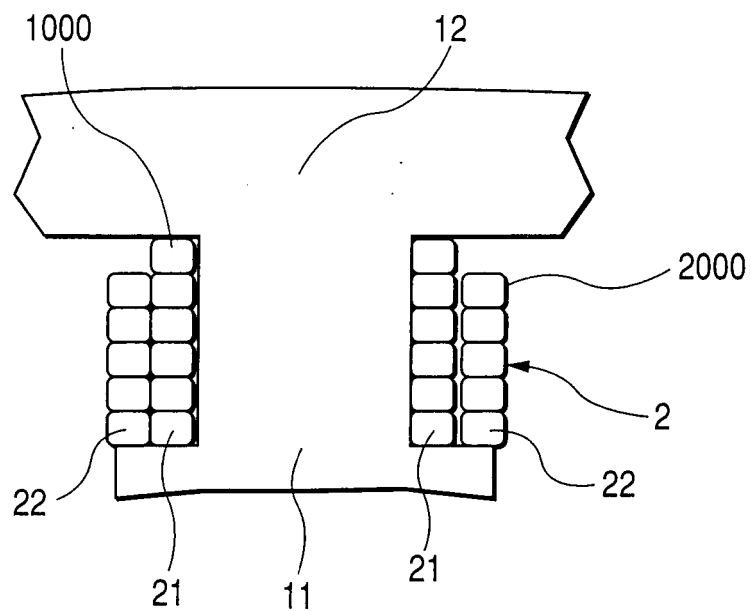


FIG. 8

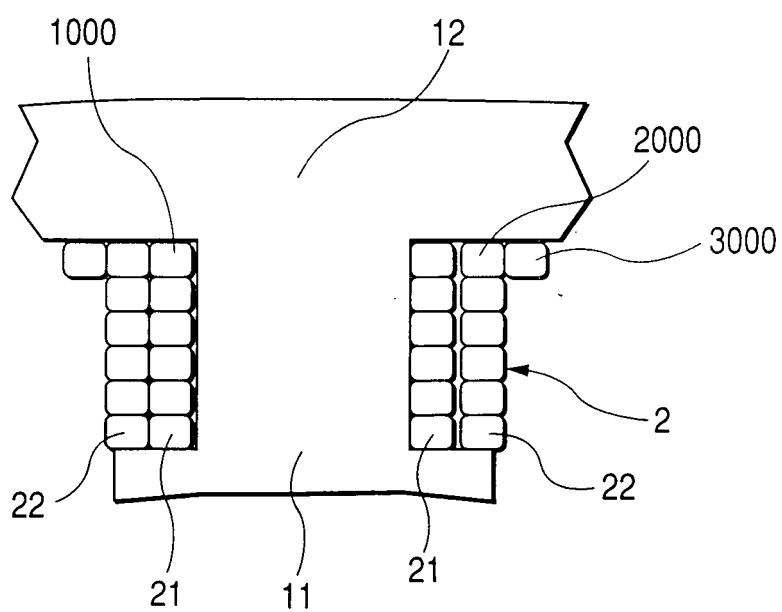


FIG. 9

STAND DER TECHNIK

