



(10) **DE 10 2016 109 584 A1** 2016.12.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 109 584.2**

(22) Anmeldetag: **24.05.2016**

(43) Offenlegungstag: **15.12.2016**

(51) Int Cl.: **H02K 1/27 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
14/734,580 **09.06.2015** **US**

(71) Anmelder:
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

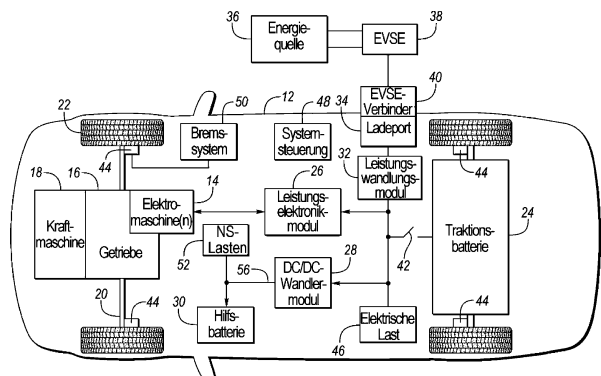
(74) Vertreter:
**Moser Götze & Partner Patentanwälte mbB, 45127
Essen, DE**

(72) Erfinder:
**Liang, Feng, Troy, Mich., US; Guo, Lusu, Canton,
Mich., US; Degner, Michael W., Novi, Mich., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Oberflächennutenmuster für Permanentmagnetmaschinenrotoren**

(57) Zusammenfassung: Eine elektrische Permanentmagnetmaschine enthält einen Rotor, der zur Drehung um eine Achse konfiguriert ist. Der Rotor besteht aus axial geschichteten Abschnitten. Jeder Abschnitt besteht aus axial geschichteten Blechen, die ein Muster von Axialnuten auf einer Außenfläche des Rotors definieren, um Drehmomentrippe zu reduzieren. Das Muster ist bei mindestens zwei der Abschnitte verschieden. Das Muster bei jedem Abschnitt kann sich bezüglich Polen des Rotors abwechseln.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft allgemein Oberflächennutenmuster für Permanentmagnetmaschinenrotoren.

HINTERGRUND

[0002] Hybrid-Elektro- und Elektrofahrzeuge verwenden eine oder mehrere elektrische Maschinen zur Bereitstellung von Antrieb für das Fahrzeug. Für solche Anwendungen stehen verschiedenste Technologien für die elektrischen Maschinen zur Verfügung. Permanentmagnetmaschinen sind eine typische Wahl für Fahrzeuganwendungen. Die Permanentmagnetmaschine enthält einen Stator und einen Rotor. Der Rotor ist mit Permanentmagneten ausgeführt. Spulen im Stator werden erregt, um einen elektromagnetischen Fluss zu erzeugen, der mit einem durch die Permanentmagneten des Rotors erzeugten elektromagnetischen Fluss zusammenwirkt. Das Zusammenwirken der Flüsse bewirkt eine Drehung des Rotors. Aufgrund der verschiedenen Motoreigenschaften erzeugt das Zusammenwirken elektromagnetischer Flüsse ein Drehmoment, das aus Oberwellen besteht. Das Drehmoment kann als eine Summe von Komponenten mit unterschiedlichen Frequenzen beschrieben werden. Dies wird als Ripple oder Schwingung des Drehmoments beobachtet. Das Drehmomentripple oder die Drehmoment-schwingung bewirkt Vibrationen und Geräusche.

KURZFASSUNG

[0003] Eine Permanentmagnetmaschine enthält einen Rotor, der zur Drehung um eine Achse konfiguriert ist und mehrere Abschnitte umfasst, die entlang der Achse angeordnet sind, wobei jeder der Abschnitte mehrere axial geschichtete Bleche umfasst, die ein Muster von Axialnuten auf einer Umfangsfläche jedes der Abschnitte so definieren, dass das Muster bei mindestens zwei der Abschnitte verschieden ist.

[0004] Bei mindestens einem der Abschnitte kann sich das Muster auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge wiederholen, die einem Pol des Rotors entspricht. Bei mindestens einem der Abschnitte kann sich das Muster auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge wiederholen, die zwei Polen des Rotors entspricht. Bei mindestens einem der Abschnitte kann sich das Muster auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge wiederholen, die drei Polen des Rotors entspricht. Die Abschnitte können in einem vorbestimmten Winkel von benachbarten Abschnitten versetzt sein, so dass durch jeden Abschnitt definierte Polstellen von entsprechenden Polstellen benachbarter Abschnitte versetzt sind. Bei jedem der Abschnitte kann eine Untergruppe der Axialnuten so

ausgerichtet sein, dass die Untergruppe der Axialnuten über eine axiale Länge des Rotors verläuft. Die Untergruppe kann mindestens eine der Axialnuten innerhalb jeder Bogenlänge, die den Polen des Rotors entspricht, enthalten. Das Muster kann sich zwischen benachbarten Abschnitten abwechseln. Der Rotor kann ferner einen glatten Abschnitt ohne Axialnuten umfassen.

[0005] Eine Permanentmagnetmaschine enthält einen Rotor, der mehrere Abschnitte umfasst, die entlang einer Drehachse angeordnet sind, wobei jeder der Abschnitte mehrere axial geschichtete Bleche umfasst, die ein Muster von Axialnuten auf einer Außenfläche jedes der Abschnitte so definieren, dass das Muster bei einer Bogenlänge der Außenfläche, die einem Pol des Rotors entspricht, bei mindestens zwei der Abschnitte verschieden ist.

[0006] Der Pol kann einer mehrerer Pole des Rotors sein, und bei mindestens einem der Abschnitte kann sich das Muster bei jedem der Pole wiederholen. Der Pol kann einer mehrerer Pole des Rotors sein, und bei mindestens einem der Abschnitte kann sich das Muster zwischen benachbarten Polen abwechseln. Bei jedem der Abschnitte kann eine Untergruppe von Axialnuten so ausgerichtet sein, dass die Untergruppe von Axialnuten über eine axiale Länge des Rotors verläuft. Der Pol kann einer mehrerer Pole des Rotors sein, und die Pole jedes der Abschnitte können um einen vorbestimmten Winkel von den Polen benachbarter Abschnitte versetzt sein.

[0007] Eine Permanentmagnetmaschine enthält einen Rotor, der mehrere Pole umfasst, die um eine Achse angeordnet sind, wobei jeder der Pole einer vorbestimmten Bogenlänge einer Umfangsfläche des Rotors entspricht, die durch mehrere axial geschichtete Bleche gebildet wird, welche ein Muster von Axialnuten auf der Umfangsfläche des Rotors so definieren, dass das Muster bei jedem der Pole für mindestens zwei der Pole verschieden ist.

[0008] Das Muster von Axialnuten bei jedem der Pole kann mindestens eine Axialnut enthalten. Das Muster kann bei jedem der Pole verschieden sein. Der Rotor kann ferner einen Pol ohne Axialnuten umfassen. Das Muster von Axialnuten bei jedem der Pole kann zwei Axialnuten umfassen. Das Muster von Axialnuten bei jedem der Pole kann durch einen Winkel zwischen den Axialnuten jedes der Pole definiert werden, und der Winkel kann bei jedem der Pole verschieden sein.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Fig. 1 ist ein Diagramm eines Hybridfahrzeugs, das typische Antriebsstrang- und Energiespeicherkomponenten, einschließlich einer Elektromaschine, darstellt.

[0010] Fig. 2A ist ein Beispiel für eine Draufsicht eines Rotorblechs.

[0011] Fig. 2B ist ein Beispiel für eine Seitenansicht eines aus einer Reihe von Rotorblechen konstruierten Rotors.

[0012] Fig. 3 ist ein Beispiel für ein Teilrotor- und Statorblech.

[0013] Fig. 4A ist ein Beispiel für ein zwei Abschnitte umfassendes Rotordesign.

[0014] Fig. 4B und Fig. 4C sind Seitenansichten der Rotorbleche für jeden Abschnitt von Fig. 4A.

[0015] Fig. 5 ist ein Beispiel für einen zwei Abschnitte umfassenden Rotor, bei dem ein Abschnitt glatt ist.

[0016] Fig. 6 ist ein anderes Beispiel für einen zwei Abschnitte umfassenden Rotor, bei dem die Abschnitte ein verschiedenes Nutenmuster aufweisen.

[0017] Fig. 7 ist ein Beispiel für einen vier Abschnitte umfassenden Rotor, bei dem sich das Nutenmuster zwischen den Abschnitten abwechselt.

[0018] Fig. 8 ist ein Beispiel für einen fünf Abschnitte umfassenden Rotor, bei dem einige Abschnitte eine verschiedene axiale Länge aufweisen.

[0019] Fig. 9A ist ein Beispiel für einen zwei Segmente umfassenden Rotor, bevor die Abschnitte verdreht werden.

[0020] Fig. 9B ist ein Beispiel für einen zwei Segmente umfassenden Rotor, bei dem die Abschnitte bezüglich einander verdreht sind.

[0021] Fig. 10 ist eine Seitenansicht eines Blechs, bei dem das Muster von Nuten bei benachbarten Polen des Rotors verschieden ist.

[0022] Fig. 11 ist ein Beispiel für einen einen einzigen Abschnitt umfassenden Rotor, bei dem das Muster von Nuten bei drei aufeinanderfolgenden Polen des Rotors verschieden ist.

[0023] Fig. 12 ist ein Beispiel für einen zwei Abschnitte umfassenden Rotor, bei dem sich das Muster von Nuten bei jedem der Abschnitte zwischen Polen des Rotors abwechselt.

[0024] Fig. 13 ist ein Beispiel für einen drei Abschnitte umfassenden Rotor, bei dem jeder Abschnitt jeden dritten Pol des Rotors ein Nutenmuster definiert.

[0025] Fig. 14 ist ein Beispiel für einen einen einzigen Abschnitt umfassenden Rotor, bei dem das Muster von Nuten bei jedem der Pole verschieden ist.

[0026] Fig. 15 ist ein Beispiel für einen einen einzigen Abschnitt umfassenden Rotor, bei dem jeder der Pole zwei Axialnuten enthält, die in einem verschiedenen Winkel positioniert sind.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0027] Es werden hier Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Es versteht sich jedoch, dass die offenbarten Ausführungsformen lediglich Beispiele sind und andere Ausführungsformen verschiedene und alternative Formen annehmen können. Die Figuren sind nicht unbedingt maßstäblich; einige Merkmale können übertrieben oder minimiert sein, um Details besonderer Komponenten zu zeigen. Die speziellen strukturellen und funktionalen Details, die hierin offenbart werden, sollen deshalb nicht als einschränkend interpretiert werden, sondern lediglich als eine repräsentative Basis, um einen Fachmann zu lehren, wie die vorliegende Erfindung auf verschiedene Weise einzusetzen ist. Wie für einen Durchschnittsfachmann auf der Hand liegt, können verschiedene Merkmale, die unter Bezugnahme auf eine der Figuren dargestellt und beschrieben werden, mit Merkmalen kombiniert werden, die in einer oder mehreren anderen Figuren dargestellt sind, um Ausführungsformen zu schaffen, die nicht explizit dargestellt oder beschrieben werden. Die Kombinationen von dargestellten Merkmalen liefern repräsentative Ausführungen für typische Anwendungen. Es können jedoch verschiedene Kombinationen und Modifikationen der Merkmale, die den Lehren der vorliegenden Offenbarung entsprechen, für bestimmte Anwendungen oder Implementierungen erwünscht sein.

[0028] Fig. 1 zeigt ein typisches Plug-In-Hybridelektrofahrzeug (PHEV – plug-in hybridelectric vehicle). Ein PHEV **12** kann eine oder mehrere elektrische Maschinen **14** umfassen, die mechanisch mit einem Hybridgetriebe **16** gekoppelt sind. Die elektrischen Maschinen **14** können als Motor oder Generator arbeiten. Darüber hinaus ist das Hybridgetriebe **16** mechanisch mit einer Kraftmaschine **18** gekoppelt. Das Hybridgetriebe **16** ist auch mechanisch mit einer Antriebswelle **20** gekoppelt, die mechanisch mit den Rädern **22** gekoppelt ist. Die elektrischen Maschinen **14** können Antriebs- und Verzögerungsfähigkeit bereitstellen, wenn die Kraftmaschine **18** ein- oder abgeschaltet wird. Des Weiteren wirken die elektrischen Maschinen **14** als Generatoren und können durch Rückgewinnung von Energie, die in einem Reibbremssystem normalerweise als Wärme verloren gehen würde, Kraftstoffökonomievorteile bieten. Die elektrischen Maschinen **14** können auch Fahrzeugemissionen reduzieren, indem sie der Kraftmaschine **18** gestatten, bei effizienteren Drehzahlen zu arbeiten, und dem Hybridelektrofahrzeug **12** gestatten, unter bestimmten Bedingungen bei abgeschalteter Kraftmaschine **18** im Elektromodus zu arbeiten.

[0029] Eine Traktionsbatterie oder ein Batteriesatz **24** speichert Energie, die durch die elektrische Maschinen **14** verwendet werden kann. Ein Fahrzeugbatteriesatz **24** stellt üblicherweise eine Hochspannungsgleichstromabgabe(-DC-Abgabe) bereit. Ein oder mehrere Schütze **42** können die Traktionsbatterie **24** von einem Hochspannungsbuss isolieren, wenn sie geöffnet sind, und die Traktionsbatterie **24** mit dem Hochspannungsbuss koppeln, wenn sie geschlossen sind. Die Traktionsbatterie **24** ist über den Hochspannungsbuss elektrisch mit einem oder mehreren Leistungselektronikmodulen **26** gekoppelt. Das Leistungselektronikmodul **26** ist auch elektrisch mit den elektrischen Maschinen **14** gekoppelt und stellt die Fähigkeit bereit, Energie zwischen dem Hochspannungsbuss und den elektrischen Maschinen **14** bidirektional zu übertragen. Zum Beispiel kann eine Traktionsbatterie **24** eine DC-Spannung bereitstellen, während die elektrischen Maschinen **14** zum Funktionieren mit einem Dreiphasenwechselstrom (AC) arbeiten können. Das Leistungselektronikmodul **26** kann die DC-Spannung in einen Dreiphasenwechselstrom umwandeln, um die elektrischen Maschinen **14** zu betreiben. In einem Rekuperationsmodus kann das Leistungselektronikmodul **26** den Dreiphasenwechselstrom von den als Generatoren wirkenden elektrischen Maschinen **14** in die DC-Spannung umwandeln, die mit der Traktionsbatterie **24** kompatibel ist. Die vorliegende Beschreibung ist gleichermaßen auf ein rein elektrisch betriebenes Fahrzeug anwendbar. Bei einem rein elektrisch betriebenen Fahrzeug kann das Hybridgetriebe **16** ein mit einer elektrischen Maschine **14** verbundenes Zahnradgetriebe sein und die Kraftmaschine **18** ist möglicherweise nicht vorhanden.

[0030] Neben der Bereitstellung von Energie für den Antrieb kann die Traktionsbatterie **24** Energie für andere elektrische Systeme des Fahrzeugs bereitstellen. Ein Fahrzeug **12** kann ein DC/DC-Wandlermodul **28** enthalten, das elektrisch mit dem Hochspannungsbuss gekoppelt ist. Das DC/DC-Wandlermodul **28** kann elektrisch mit einem Niederspannungsbuss **56** gekoppelt sein. Das DC/DC-Wandlermodul **28** kann die Hochspannungs-DC-Abgabe der Traktionsbatterie **24** in eine Niederspannungs-DC-Versorgung umwandeln, die mit Niederspannungsfahrzeuglasten **52** kompatibel ist. Der Niederspannungsbuss **56** kann elektrisch mit einer Hilfsbatterie **30** (zum Beispiel 12V-Batterie) gekoppelt sein. Die Niederspannungssysteme **52** können elektrisch mit dem Niederspannungsbuss **56** gekoppelt sein.

[0031] Das Fahrzeug **12** kann ein Elektrofahrzeug oder ein Plug-In-Hybridfahrzeug sein, in dem die Traktionsbatterie **24** durch eine externe Energiequelle **36** aufgeladen werden kann. Die externe Energiequelle **36** kann eine Verbindung zu einer Steckdose sein. Die externe Energiequelle **36** kann elektrisch mit einem Ladegerät oder einem EVSE (EVSE – electric

vehicle supply equipment / Stromversorgungseinrichtung für das Fahrzeug) **38** gekoppelt sein. Die externe Energiequelle **36** kann ein elektrisches Energieverteilungsnetz sein, wie es durch ein Energieversorgungsunternehmen bereitgestellt wird. Das EVSE **38** kann Schaltungsanordnungen und Steuerungen bereitstellen, um die Übertragung von Energie zwischen der Energiequelle **36** und dem Fahrzeug **12** zu regeln und zu verwalten. Die externe Energiequelle **36** kann elektrische DC- oder AC-Leistung für das EVSE **38** bereitstellen. Das EVSE **38** kann einen Ladeverbinder **40** zum Einstecken in einen Ladeport **34** des Fahrzeugs **12** aufweisen. Der Ladeport **34** kann irgendeine Portart sein, die dazu ausgelegt ist, Leistung vom EVSE **38** zum Fahrzeug **12** zu übertragen. Der Ladeport **34** kann elektrisch mit einem Ladegerät oder einem On-Board-Leistungswandlungsmodul **32** gekoppelt sein. Das Leistungswandlungsmodul **32** kann die aus dem EVSE **38** zugeführte Leistung aufbereiten, um der Traktionsbatterie **24** die korrekten Spannungs- und Strompegel bereitzustellen. Das Leistungswandlungsmodul **32** kann an das EVSE **38** angekoppelt sein, um die Abgabe von Leistung an das Fahrzeug **12** zu koordinieren. Der EVSE-Verbinder **40** kann Pins aufweisen, die mit entsprechenden Aussparungen des Ladeports **34** in Eingriff gebracht werden. Alternativ können verschiedene Komponenten, die als elektrisch gekoppelt oder verbunden beschrieben werden, Leistung unter Verwendung einer drahtlosen induktiven Kopplung übertragen.

[0032] Es können eine oder mehrere Radbremsen **44** zum Verzögern des Fahrzeugs **12** und zum Verhindern von Bewegung des Fahrzeugs **12** bereitgestellt werden. Die Radbremsen **44** können hydraulisch, elektrisch oder mit einer Kombination daraus betätigt werden. Die Radbremsen **44** können ein Teil eines Bremssystems **50** sein. Das Bremssystem **50** kann andere Komponenten zur Betätigung der Radbremsen **44** enthalten. Zur Vereinfachung zeigt die Figur eine einzelne Verbindung zwischen dem Bremssystem **50** und einer der Radbremsen **44**. Eine Verbindung zwischen dem Bremssystem **50** und den anderen Radbremsen **44** wird impliziert. Das Bremssystem **50** kann eine Steuerung enthalten, um das Bremssystem **50** zu überwachen und zu koordinieren. Das Bremssystem **50** kann die Bremskomponenten überwachen und die Radbremsen **44** zur Verzögerung des Fahrzeugs steuern. Das Bremssystem **50** kann auf Fahrerbefehle über ein Bremspedal reagieren, und es kann auch autonom betrieben werden, um Merkmale, wie zum Beispiel Stabilitätskontrolle, umzusetzen. Die Steuerung des Bremssystems **50** kann ein Verfahren zum Aufbringen einer angeforderten Bremskraft implementieren, wenn es von einer anderen Steuerung oder Unterfunktion angefordert wird.

[0033] Es können eine oder mehrere elektrische Lasten **46** mit dem Hochspannungsbuss gekoppelt

sein. Die elektrischen Lasten **46** können eine zugehörige Steuerung aufweisen, die die elektrischen Lasten **46**, wenn angemessen, betreibt und steuert. Die Hochspannungslasten **46** können Kompressoren und elektrische Heizungen umfassen.

[0034] Elektronische Module im Fahrzeug **12** können über eines oder mehrere Fahrzeugnetzwerke kommunizieren. Das Fahrzeugnetzwerk kann mehrere Kanäle zur Kommunikation enthalten. Ein Kanal des Fahrzeugnetzwerks kann ein serieller Bus sein, wie zum Beispiel ein Controller Area Network (CAN). Einer der Kanäle des Fahrzeugnetzwerks kann ein Ethernet-Netzwerk enthalten, das durch die Familie der Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802 Standards definiert ist. Zu zusätzlichen Kanälen des Fahrzeugnetzwerks können diskrete Verbindungen zwischen Modulen zählen, und sie können Leistungssignale aus der Hilfsbatterie **30** enthalten. Verschiedene Signale können über verschiedene Kanäle des Fahrzeugnetzwerks übertragen werden. Zum Beispiel können Videosignale über einen Hochgeschwindigkeitskanal (z. B. Ethernet) übertragen werden, während Steuersignale über CAN oder diskrete Signale übertragen werden können. Das Fahrzeugnetzwerk kann irgendwelche Hardware- und Software-Komponenten enthalten, die beim Übertragen von Signalen und Daten zwischen Modulen helfen. Das Fahrzeugnetzwerk wird in **Fig. 1** nicht gezeigt, aber es kann impliziert werden, dass sich das Fahrzeugnetzwerk mit irgendeinem elektronischen Modul, das im Fahrzeug **12** vorhanden ist, verbinden kann. Es kann eine Fahrzeugsystemsteuerung (VSC, Vehicle System Controller) **48** vorhanden sein, um den Betrieb der verschiedenen Komponenten zu koordinieren.

[0035] Die elektrischen Maschinen **14** können IPM-Maschinen (IPM – Interior Permanent Magnet / eingebetteter Permanentmagnet) sein, die einen Stator **122** und einen Rotor **120** enthalten. **Fig. 2A** zeigt ein beispielhaftes Rotorblech **138** und **Fig. 2B** zeigt eine Seitenansicht der Konfiguration eines Stators **122** und Rotors **120** mit mehreren Rotorblechen **138** und mehreren Statorblechen **136**, die in einer axial geschichteten Beziehung angeordnet sind. Die Rotorbleche **138** können eine kreisförmige mittlere Öffnung **160** zur Aufnahme einer Antriebswelle mit einer Keilnut, die einen Antriebskeil **162** aufnehmen kann, definieren. Die Rotorbleche **138** können mehrere Magnetöffnungen **142** definieren, die bezüglich benachbarter Paare Magnetöffnungen **142** symmetrisch angeordnet sind.

[0036] Es können mehrere Rotorsektoren **124**, die Polen des Rotors entsprechen, durch mehrere Interpolarachsen (zum Beispiel **180**, **184**), die sich von einer mittleren Drehachse **170** zu einer Außenfläche **150** des Rotorblechs **138** erstrecken, definiert werden. Jeder der Sektoren **124** kann ein Paar Ma-

gnetöffnungen **142** enthalten. Die Interpolarachsen (zum Beispiel **180**, **184**) können auf halbem Wege zwischen benachbarten Magnetöffnungen **142** positioniert sein. Es sei darauf hingewiesen, dass **Fig. 2A** nur zwei der möglichen Interpolarachsen **180**, **184** und nicht alle möglichen Interpolarachsen zeigt. **Fig. 2B** zeigt eine Reihe von axialgeschichteten Rotorblechen **138**, die entlang der mittleren Achse **170**, um die der Rotor **120** zur Drehung konfiguriert ist, geschichtet sind.

[0037] **Fig. 3** zeigt eine Radialteilquerschnittsansicht einer möglichen Ausführung des Rotors **120** und des Stators **122**. Ein Teilstatorblech **136** und ein Teilrotorblech **138** sind in **Fig. 3** dargestellt. Die Rotorbleche **138** und die Statorbleche **136** können aus einer Eisenlegierung bestehen. Zwischen dem Innenumfang der Statorbleche **136** und dem Außenumfang **150** der Rotorbleche **138** ist ein kleiner Luftspalt **140** positioniert. Die Statorbleche **136** können radial verlaufende Öffnungen **134** definieren.

[0038] Die Rotorbleche **138** können symmetrisch positionierte Magnetöffnungen **142** nahe dem Außenumfang **150** jedes Rotorblechs **138** definieren. Jede Magnetöffnung **142** kann dazu konfiguriert sein, einen Magnet **144** aufzunehmen. Es kann in Abhängigkeit von der Designwahl irgendeine Anzahl von Blechen in einem gegebenen Design verwendet werden. Die Rotorbleche **138** und die Statorbleche **136** können in einem Paket entlang der Drehachse **170** angeordnet sein. Die axial geschichteten Rotorbleche **138** und die Magnete **144** können mehrere magnetische Pole definieren, die um die Achse **170** verteilt sind.

[0039] Der Stator **136** kann Leiter aufweisen, die in den radial verlaufenden Öffnungen **134** zur Bildung von Wicklungen angeordnet sind. Der Stator **122** kann aus einem Eisenkern, der aus einem Paket von Statorblechen **136** hergestellt ist, und einer Wicklungsanordnung für Leiter, die einen Erregerstrom führen, bestehen. Durch die Statorwicklung fließender Strom erzeugt einen elektromagnetischen Statorfluss. Der Statorfluss kann durch Einstellen der Höhe und der Frequenz des die Statorwicklungen durchfließenden Stroms eingestellt werden. Da die Statorwicklungen in den Öffnungen **134** enthalten sind, anstatt sinusförmig entlang dem Innenumfang des Stators verteilt zu sein, können im Statorfluss Oberwellenflüsse enthalten sein.

[0040] Der Rotor **120** kann aus einem Eisenkern, der aus einem Paket von Rotorblechen **138** hergestellt ist, und Sätzen von Permanentmagneten **144**, die in durch den Eisenkern definierten Löchern oder Hohlräumen **142** eingesetzt sind, bestehen. Die Permanentmagneten **144** im Rotor **120** können einen elektromagnetischen Rotorfluss erzeugen. Der Rotorfluss kann aufgrund von Formen und Größen der einzel-

nen Permanentmagnete Oberwellenflüsse enthalten. Der Statorfluss und der Rotorfluss können in dem Luftspalt **140** verteilt sein. Durch ein Zusammenwirken zwischen dem Statorfluss und dem Rotorfluss wird eine Drehung des Rotors **120** um die Achse **170** bewirkt.

[0041] Pole des Rotors **120** können so geometrisch definiert sein, dass sie den durch die Rotorbleche **138** definierten Sektoren **124** entsprechen. Jeder der Pole kann durch einen Sektor **124** dargestellt werden. Eine Polstelle kann durch eine Mittelpolachse **182**, die radial von der Achse **170** zur Außenfläche **150** des Rotors **138** entlang einem Mittelpunkt zwischen benachbarten Magnetöffnungen **142** verläuft, allgemein definiert werden. Die Interpolarachsen (zum Beispiel **180**, **184**) können radial von der Achse **170** zur Außenfläche **150** des Rotors **138** zwischen benachbarten Polen verlaufen. Ein Winkelabstand zwischen zwei benachbarten Polen kann einen Polteilungsdurchmesser definieren. Die Bogenlänge auf der Rotorumfangsfläche **150** zwischen zwei benachbarten Polen des Rotors kann als die Polteilung bezeichnet werden. Die Polteilung kann um den Umfang der Rotoraußenfläche **150** zwischen benachbarten Mittelpolachsen **182** gemessen werden. Jeder Pol kann eine zugehörige Oberfläche auf der Außenumfangsfläche **150** des Rotors **120** aufweisen. Jeder Pol kann durch die Bogenlänge auf der Fläche zwischen benachbarten Interpolarachsen **180**, **184** dargestellt werden.

[0042] Ein elektromagnetisches Feld oder Signal kann aus einer Summe von Oberwellen mit verschiedenen Frequenzen und Höhen bestehen. Jede Oberwelle kann als eine Frequenz und eine Höhe dargestellt werden. Das Signal kann eine Grundkomponente enthalten. Die Grundkomponente kann die Frequenzkomponente mit der größten Höhe sein.

[0043] Während des Betriebs können sich die Stator- und Rotorgrundkomponentenflüsse in der gleichen Richtung mit der gleichen Frequenz ausrichten und drehen. Das Zusammenwirken zwischen der Grundkomponente des Statorflusses und des Rotorflusses erzeugt ein Drehmoment. Die Oberwellenflüsse des Stators und des Rotors können verschiedene Polzahlen, Drehgeschwindigkeiten und Richtungen haben. Infolgedessen erzeugt das Zusammenwirken der Oberwellenflüsse Drehmomentchwankungen, die als Drehmomentripple bezeichnet werden. Das Drehmomentripple kann Oberwellen mit verschiedenen Frequenzen aufweisen. Die Ordnung einer Drehmomentripplekomponente kann als das Verhältnis der Frequenz der Drehmomentripplekomponente zu der Drehzahl des Rotors in Umdrehungen pro Sekunde definiert werden.

[0044] Eine Auswirkung des Drehmomentripples besteht darin, dass es Drehzahlschwingungen des Ro-

tors verursachen kann. Ferner kann das Drehmomentripple Geräusche und Vibrationen des Motors und von mit der elektrischen Maschine gekoppelten Komponenten beeinflussen. Drehmomentripplefrequenzen höherer Ordnung können durch die begrenzte Bandbreite des gekoppelten mechanischen Systems herausgefiltert werden. Niedrigere Oberwellenfrequenzen des Drehmomentripples können zu mechanischen Schwingungen in dem gekoppelten System führen. Es ist wünschenswert, das Drehmomentripple zu reduzieren, um Vibrationen und Geräusche in Systemen, die elektrische Maschinen enthalten, zu reduzieren.

[0045] Eine typische Außenumfangsfläche **150** des Rotors **120** ist abgerundet oder glatt. In einigen Anwendungen kann die Außenfläche **150** der Rotorbleche **138** ein Muster von Axialnuten definieren. Die Nuten können Kanäle sein, die parallel zur Achse **170** ausgerichtet sind. Die Nuten können sich über eine axiale Länge der Außenfläche **150** des Rotors **138** erstrecken. Die Auswirkung der Nuten besteht darin, die Höhe einer gewählten Oberwelle des Drehmoments zu reduzieren während gleichzeitig keine anderen Oberwellen beeinflusst werden. In vielen Fahrzeuganwendungen kann es wünschenswert sein, die Höhe mehrerer Oberwellen zu reduzieren. Die Nuten können eine abgerundete Form mit einer vorbestimmten Tiefe von der Außenfläche **150** aufweisen. Bei anderen Konfigurationen können die Nuten andere Formen, wie zum Beispiel rechteckig oder trapezförmig, aufweisen. Die Form der Nuten kann dazu konfiguriert sein, eine bestimmte Oberwelle auf ein Minimum zu reduzieren.

[0046] Miteinander verbundene Bleche, die das gleiche Muster von Nuten auf der Rotorfläche **150** definieren, können als ein Abschnitt bezeichnet werden. Bei einigen Rotorkonfigurationen kann der Rotor **120** aus einem einzigen Abschnitt hergestellt sein. Eine Untergruppe von einer oder mehreren Axialnuten kann den Polen des Rotors **120** entsprechen. Bei einigen Konfigurationen können die jedem Pol zugeordneten Axialnuten das gleiche Muster aufweisen. Zum Beispiel kann eine Axialnut an einem Mittelpunkt jedes Pols positioniert sein. Als anderes Beispiel können Axialnuten in einem vorbestimmten Umfangsabstand auf beiden Seiten des Mittelpunkts des Pols definiert sein. Jedes Rotorblech **138** kann dazu konfiguriert sein, das gleiche Nutenmuster für jeden der Pole zu definieren. Das für die Pole definierte Nutenmuster kann sich mit Verlauf der Außenumfangsfläche **150** um die Achse **170** wiederholen.

[0047] Bei einigen Konfigurationen kann der Rotor aus mehr als einem Abschnitt bestehen. **Fig. 4A** zeigt einen Pol eines zwei Abschnitte umfassenden Rotors **212**. Bei dem zwei Abschnitte umfassenden Rotor **212** kann ein erster Abschnitt **200** aus mehreren ersten Rotorblechen **204** mit einem ersten Außenum-

fangsnutenmuster **208**, wie in **Fig. 4B** gezeigt, bestehen. Ein zweiter Abschnitt **202** kann aus mehreren zweiten Rotorblechen **206** mit einem zweiten Außenumfangsnutenmuster **210**, wie in **Fig. 4C** gezeigt, bestehen. Der erste Abschnitt **200** und der zweite Abschnitt **202** können miteinander verbunden sein, so dass sie den zwei Abschnitte aufweisenden Rotor **212** bilden. Das erste Außenumfangsnutenmuster **208** kann eine oder mehrere Nuten an einem ersten Satz von vorbestimmten Stellen auf der Außenumfangsfläche des ersten Rotorblechs **204** bezüglich eines Mittelpunkts **214** jedes der Pole definieren. Das zweite Außenumfangsnutenmuster **210** kann eine oder mehrere Nuten auf der Außenumfangsfläche des zweiten Rotorblechs **206** an einem zweiten Satz von vorbestimmten Stellen bezüglich des Mittelpunkts **214** jedes der Pole definieren. Der erste und der zweite Satz von vorbestimmten Stellen können sich unterscheiden, so dass, wenn der erste Abschnitt **200** und der zweite Abschnitt **202** miteinander verbunden sind, die Nuten nicht über die gesamte axiale Länge des zwei Segmente umfassenden Rotors **212** verlaufen.

[0048] Bei einigen Konfigurationen kann sich das erste Nutenmuster **208** für jeden der Pole wiederholen. Bei einigen Konfigurationen kann sich das erste Nutenmuster **208** alle zwei Pole oder drei Pole wiederholen. Bei einigen Konfigurationen kann sich das erste Nutenmuster **208** bei jedem der Pole unterscheiden. Für das zweite Nutenmuster **210** sind ähnliche Konfigurationen möglich. Bei einigen Konfigurationen kann eine Untergruppe der Axialnuten über die gesamte axiale Länge der Außenumfangsfläche des Rotors **212** definiert sein. Der erste Satz von vorbestimmten Stellen und der zweite Satz von vorbestimmten Stellen kann eine Untergruppe von Axialnuten an der gleichen Stelle bezüglich des Mittelpunkts **214** jedes Pols enthalten.

[0049] Ein Vorteil der mehrere Abschnitte umfassenden Rotorkonfiguration besteht darin, dass das Ausmaß der mehreren Oberwellen reduziert werden kann. Das Nutenmuster jedes Abschnitts kann dazu konfiguriert sein, eine bestimmte Oberwellenfrequenzkomponente zu reduzieren. Zum Beispiel kann der erste Abschnitt **200** dazu konfiguriert sein, das Ausmaß einer ersten Oberwellenfrequenzkomponente zu reduzieren, und der zweite Abschnitt **202** kann dazu konfiguriert sein, das Ausmaß einer zweiten Oberwellenfrequenzkomponente zu reduzieren. Durch Kombinieren von Segmenten mit verschiedenen Nutenmustern kann durch mehrere Oberwellenfrequenzen erzeugtes Drehmomentripple reduziert werden.

[0050] **Fig. 5** zeigt einen Pol einer alternativen Konfiguration eines zwei Abschnitte umfassenden Rotors **300**. Ein erster Abschnitt **302** kann aus Rotorblechen mit einer glatten Außenumfangsfläche bestehen. Das

heißt, das erste Außenumfangsnutenmuster definiert keine Nuten auf der Fläche des ersten Abschnitts **302**. Der zweite Abschnitt **304** kann aus Rotorblechen bestehen, die eine einzige Nut **306** pro Pol definieren. Bei einigen Konfigurationen kann sich die einzige Nut **306** bezüglich des Mittelpunkts **214** jedes der Pole an der gleichen Stelle befinden. Bei einigen Konfigurationen kann die Stelle der einzigen Nut **306** bezüglich des Mittelpunkts **214** jedes der Pole bei zwei oder mehr Polen verschieden sein.

[0051] **Fig. 6** zeigt einen Pol einer alternativen zwei Abschnitte umfassenden Rotorkonfiguration **350**. Der erste Abschnitt **352** kann aus Rotorblechen bestehen, die zwei Nuten **356**, **358** pro Pol definieren. Der zweite Abschnitt **354** kann aus Rotorblechen bestehen, die drei Nuten **360**, **362**, **364** pro Pol definieren. Bei jedem Pol können die Nuten bezüglich des Mittelpunkts **214** des Pols an der gleichen Stelle positioniert sein. Der erste Abschnitt **352** und der zweite Abschnitt **354** können so konfiguriert sein, dass keine Nuten die gesamte axiale Länge der Außenumfangsfläche durchqueren.

[0052] Bei einigen Konfigurationen kann eine axiale Länge jedes Abschnitts des Rotors gleich sein. Bei einigen Konfigurationen kann die axiale Länge der Abschnitte verschieden sein. Die axiale Paketlänge kann durch die Anzahl von für jeden Abschnitt verwendeten Blechen variieren. Die axiale Länge jedes Abschnitts kann sich auf die Wirksamkeit beim Reduzieren einer bestimmten Oberwelle auswirken. Die axiale Länge jedes Abschnitts kann dahingehend eingestellt sein, die gewünschte Oberwellenreduzierung zu erreichen.

[0053] Bei einigen Konfigurationen können mehr als zwei Abschnitte verwendet werden. **Fig. 7** zeigt eine vier Abschnitte umfassende Rotorkonfiguration **400**. Bei dieser Konfiguration können ein erstes Rotorblech und ein zweites Rotorblech definiert sein. Abschnitte können von dem ersten Rotorblech und den zweiten Rotorblechen ausgebildet und so angeordnet sein, dass der Rotor Abschnitte mit abwechselnden Nutenmustern aufweist. Zum Beispiel kann der vier Abschnitte umfassende Rotor **400** einen ersten Abschnitt **402**, einen zweiten Abschnitt **404**, einen dritten Abschnitt **406** und einen vierten Abschnitt **408** umfassen. Der erste Abschnitt **402** und der dritte Abschnitt **406** können aus dem ersten Rotorblech bestehen. Der zweite Abschnitt **404** und der vierte Rotorabschnitt **408** können aus dem zweiten Rotorblech bestehen. Diese Konfiguration definiert eine Rotorumfangsfläche, in der sich die Axialnutenmuster so abwechseln, dass benachbarte Abschnitte ein verschiedenes Nutenmuster aufweisen. Bei anderen Konfigurationen können vier verschiedene Rotorbleche so definiert werden, dass jeder Abschnitt ein verschiedenes Nutenmuster aufweist.

[0054] Bei einigen Konfigurationen können die Rotorbleche eine Untergruppe von Nuten definieren, die über die gesamte axiale Länge der Rotorfläche verlaufen. Bei einigen Konfigurationen können die Rotorbleche eine Untergruppe von Nuten definieren, die über mehr als einen aufeinanderfolgenden Abschnitt verlaufen, aber nicht die gesamte axiale Länge des Rotors durchqueren. Bei einigen Konfigurationen gibt es möglicherweise keine Nuten, die über die gesamte axiale Länge der Rotorfläche verlaufen.

[0055] Fig. 8 zeigt eine fünf Abschnitte umfassende Rotorkonfiguration **450**, die fünf Abschnitte enthält, wobei die Abschnitte nicht alle die gleiche axiale Länge aufweisen. Zum Beispiel kann der Rotor **450** einen ersten Abschnitt **452**, einen zweiten Abschnitt **454**, einen dritten Abschnitt **456**, einen vierten Abschnitt **458** und einen fünften Abschnitt **460** umfassen. Bei einigen Konfigurationen können der erste Abschnitt **452** und der fünfte Abschnitt **460** die Hälfte der Länge der Abschnitte dazwischen aufweisen. Die Abschnitte können so zusammengefügt sein, dass das Nutenmuster für benachbarte Abschnitte verschieden ist, während das Nutenmuster für jeden zweiten Abschnitt das gleiche ist. Die sich an distalen Enden der Rotorachse befindenden Abschnitte können eine reduzierte axiale Länge aufweisen und können das gleiche Nutenmuster haben.

[0056] Eine andere Technik zur Einstellung des Drehmomentripples kann ein Verdrehen des Rotors sein. Ein verdrehter Rotor kann als ein Rotor mit mindestens zwei Abschnitten, in denen die Magnetöffnungen voneinander versetzt sind, beschrieben werden. Der verdrehte Rotor kann mit den verschiedenen Nutenmustern kombiniert werden, um Drehmomentripple weiter zu reduzieren.

[0057] Fig. 9A zeigt einen Rotor **500**, der aus zwei Abschnitten besteht, die nicht bezüglich einander verdreht sind. Der Rotor **500** kann aus einem ersten Abschnitt **506** und einem zweiten Abschnitt **508** bestehen. Die beiden Abschnitte sind so angeordnet, dass ein Polmittelpunkt **504** des ersten Abschnitts auf einen Polmittelpunkt **510** des zweiten Abschnitts ausgerichtet ist. Fig. 9B zeigt eine verdrehte Rotorkonfiguration **502**. Bei der verdrehten Rotorkonfiguration **502** ist der erste Abschnitt **506** bezüglich des zweiten Abschnitts **508** so gedreht, dass sich der Polmittelpunkt **504** des ersten Abschnitts in einem Winkel bezüglich des Polmittelpunkts **510** des zweiten Abschnitts befindet. Das Verdrehen der Rotorabschnitte kann auch für Rotorkonfigurationen gelten, die mehr als zwei Abschnitte enthalten. Die Rotorabschnitte können so ausgerichtet sein, dass die Polmittelpunkte bei jedem Abschnitt bezüglich der anderen gedreht sind. Das beschriebene Verdrehen ist bezüglich des Polmittelpunkts, aber das Verdrehen kann auch bezüglich eines anderen Bezugspunkts an den Abschnitten beschrieben werden. Die Polstellen, wie

sie von jedem der Abschnitte definiert werden, können um einen vorbestimmten Winkel voneinander gedreht oder versetzt werden.

[0058] Bei einigen Konfigurationen kann der Rotor aus einem einzigen Abschnitt bestehen. Es können jedoch mindestens zwei Pole vorliegen, die ein verschiedenes Nutenmuster aufweisen. Fig. 10 zeigt einen einzigen Abschnitt umfassenden Rotor **550**, der aus Blechen besteht, die bei benachbarten Polen ein verschiedenes Nutenmuster definieren. Zum Beispiel kann ein erster Pol **552** ein erstes zugehöriges Nutenmuster **556** aufweisen, und ein zweiter Pol **554** kann ein zweites zugehöriges Nutenmuster **558** aufweisen. Das zweite Nutenmuster **558** kann Nuten an anderen Stellen bezüglich eines zweiten Polmittelpunkts **562** definieren, als das erste Nutenmuster **556** bezüglich des ersten Polmittelpunkts **560** definiert. Bei dieser Konfiguration können sich das erste Nutenmuster **556** und das zweite Nutenmuster **558** bei jedem zweiten Pol wiederholen.

[0059] Das heißt, das erste Nutenmuster bei dem Rotor kann sich auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge, die zwei Polen des Rotors entspricht, wiederholen.

[0060] Die Axialnutenmuster können so definiert sein, dass benachbarte Pole verschiedene Nutenmuster aufweisen. Die Nutenmuster können sich zwischen Polen um die Achse abwechseln. Bei einigen Konfigurationen kann sich das Nutenmuster bei drei aufeinanderfolgenden Polen unterscheiden. Das heißt, keiner der drei aufeinanderfolgenden Pole kann das gleiche Nutenmuster aufweisen. Das Nutenmuster kann sich bei jedem Satz von drei Polen wiederholen. Bei einigen Konfigurationen kann sich das Axialnutenmuster bei dem Rotor auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge, die einem Pol des Rotors entspricht, wiederholen.

[0061] Fig. 11 zeigt einen Rotor **600**, der aus einem einzigen Abschnitt besteht. Der einzige Abschnitt **602** besteht aus Rotorblechen, die verschiedene Axialnutenmuster für drei aufeinanderfolgende Pole **604**, **606**, **608** definieren. Dem ersten Pol **604** kann ein erstes Nutenmuster zugeordnet sein, dem zweiten Pol **606** kann ein zweites Nutenmuster zugeordnet sein, und dem dritten Pol **608** kann ein drittes Nutenmuster zugeordnet sein. Das durch die drei Pole **604**, **606**, **608** definierte Muster kann sich so wiederholen, dass sich das Nutenmuster um den Umfang des Rotors **600** wiederholt. Bei dieser Konfiguration kann der nächste Pol (nicht gezeigt) neben dem dritten Pol **608** das gleiche Nutenmuster wie der erste Pol **604** aufweisen. Das Axialnutenmuster für den Rotor kann sich auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge, die drei Polen des Rotors entspricht, wiederholen.

[0062] Die hierin beschriebenen Konfigurationen können kombiniert werden. Ein Rotor kann aus mehreren Abschnitten bestehen, die ein unterschiedliches Nutenmuster definieren. Jeder Abschnitt kann bei jedem der Pole ein verschiedenes Oberflächennutenmuster definieren. Die durch die Abschnitte definierten Nutenmuster können sich über mehrere Pole wiederholen.

[0063] Fig. 12 zeigt eine zwei Abschnitte umfassende Rotorkonfiguration **650**, bei der jeder der Abschnitte bei benachbarten Polen ein verschiedenes Nutenmuster definiert. Ein erster Abschnitt **660** kann bei einem ersten Pol **652** ein erstes Nutenmuster und bei einem zweiten Pol **654** ein zweites Nutenmuster enthalten. Ein zweiter Abschnitt **662** kann bei dem ersten Pol **652** ein drittes Nutenmuster und bei dem zweiten Pol **654** ein viertes Nutenmuster definieren. Bei einigen Konfigurationen kann das gleiche Rotorblech bei jedem der Abschnitte verwendet werden. Die Rotorbleche können jedoch bei jedem Abschnitt um einen Pol verschoben sein, so dass jeder Pol über die axiale Länge des Rotors ein verschiedenes Nutenmuster aufweist.

[0064] Fig. 13 zeigt einen drei Abschnitte umfassenden Rotor **700**, bei dem jeder Abschnitt bei jedem dritten Pol ein Nutenmuster definiert. Es werden ein erster Pol **702**, ein zweiter Pol **704** und ein dritter Pol **706** gezeigt. Weiterhin werden ein erster Abschnitt **708**, ein zweiter Abschnitt **710** und ein dritter Abschnitt **712** gezeigt. Der erste Abschnitt **708** kann aus Rotorblechen bestehen, die bei dem ersten Pol **702** ein erstes Nutenmuster definieren, während die Oberfläche bei dem zweiten Pol **704** und dem dritten Pol **706** glatt ist. Der zweite Abschnitt **710** kann aus Rotorblechen bestehen, die ein zweites Nutenmuster für den zweiten Pol **704** definieren, während die Oberfläche bei dem ersten Pol **702** und dem dritten Pol **706** glatt ist. Der dritte Abschnitt **712** kann aus Rotorblechen bestehen, die ein drittes Nutenmuster für den dritten Pol **706** definieren, während die Oberfläche für den zweiten Pol **704** und den dritten Pol **706** glatt ist. Das Nutenmuster kann sich bei jedem der Abschnitte jeden dritten Pol wiederholen.

[0065] Fig. 14 zeigt ein einen einzigen Abschnitt umfassendes Rotorblech **800** bei einem Rotor, der einen einzigen Abschnitt umfassen kann, bei dem das Nutenmuster bei jedem Pol verschieden ist. Es wird ein Rotor mit acht Polen gezeigt, bei dem jeder Pol ein verschiedenes Axialnutenmuster aufweist. Die Anzahl der bei den Rotorpolen **802–816** definierten Axialnuten ist möglicherweise nicht bei jedem der Pole die gleiche. Zum Beispiel kann ein erster Rotorpol **802** vier Axialnuten auf der Umfangsfläche definieren. Ein dritter Rotorpol **806** und ein siebter Rotorpol **814** können drei Axialnuten auf der Umfangsfläche definieren. Ein fünfter Rotorpol **810** und ein sechster Rotorpol **812** können zwei Axialnuten auf

der Umfangsfläche definieren. Ein zweiter Rotorpol **804** und ein achter Rotorpol **816** können eine Axialnut auf der Umfangsfläche definieren. Ein vierter Rotorpol **808** kann eine glatte Umfangsfläche ohne irgendwelche Axialnuten definieren. Das Axialnutenmuster kann basierend auf der Anzahl von definierten Axialnuten und der Anordnung der Axialnuten bezüglich des Mittelpunkts des Pols verschieden sein.

[0066] Bei einigen Konfigurationen kann jeder Pol des Rotors die gleiche Anzahl von Axialnuten enthalten. Fig. 15 zeigt ein einen einzigen Abschnitt umfassendes Rotorblech **900**, bei dem jeder der Pole zwei Axialnuten definiert. Das Muster der beiden Axialnuten bei jedem der Pole kann durch einen Winkel zwischen jeder der Axialnuten definiert werden. Bei einigen Konfigurationen können die Axialnuten in einem gleichen Abstand vom Mittelpunkt des Pols angeordnet sein.

[0067] Zum Beispiel kann ein erster Rotorpol **906** Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_1 **918** getrennt sind. Ein zweiter Rotorpol **908** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_2 **920** getrennt sind. Ein dritter Rotorpol **910** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_3 **922** getrennt sind. Ein vierter Rotorpol **912** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_4 **924** getrennt sind. Ein fünfter Rotorpol **914** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_5 **926** getrennt sind. Ein sechster Rotorpol **916** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_6 **928** getrennt sind. Ein siebter Rotorpol **902** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_7 **930** getrennt sind. Ein achter Rotorpol **904** kann Axialnuten definieren, die um einen Winkel α_8 **932** getrennt sind. Bei einigen Konfigurationen können die Winkel **918–932** bei jedem der Pole verschieden sein. Bei einigen Konfigurationen können die Winkel **918–932** abwechselnd Werte aufweisen.

[0068] Bei einigen Konfigurationen kann der Rotor mehrere Abschnitte mit abwechselnden Nutenmustern über eine vorbestimmte Anzahl von Polen umfassen. Zum Beispiel kann der erste Abschnitt ein erstes Nutenmuster definieren, das sich jeden zweiten Pol wiederholt. Der zweite Abschnitt kann ein zweites Nutenmuster definieren, das sich jeden zweiten Pol wiederholt. Das Nutenmuster bei dem ersten und zweiten Abschnitt kann bei jedem Pol verschieden sein.

[0069] Die Platzierung der Axialnuten in jedem Pol und die Anzahl von Abschnitten kann zum Reduzieren gewählter Oberwellen bestimmt sein. Die Figuren hierin zeigen die Axialnuten, aber es wird erwartet, dass die Anzahl von Nuten und die Positionierung der Axialnuten basierend auf einem bestimmten Motordesign variiert werden kann. Die Anzahl von Abschnitten, die verwendet werden, kann auch basie-

rend auf dem bestimmten Motordesign variiert werden.

[0070] Es wurden oben zwar Ausführungsbeispiele beschrieben, jedoch sollen diese Ausführungsformen nicht alle möglichen Formen, die von den Ansprüchen umfasst werden, beschreiben. Die in der Beschreibung verwendeten Ausdrücke sind Ausdrücke der Beschreibung und nicht der Einschränkung, und es versteht sich, dass verschiedene Änderungen durchgeführt werden können, ohne von dem Gedanken und Schutzbereich der Offenbarung abzuweichen. Wie zuvor beschrieben, können die Merkmale verschiedener Ausführungsformen kombiniert werden, um weitere Ausführungsformen der Erfindung zu bilden, die möglicherweise nicht explizit beschrieben oder dargestellt werden. Verschiedene Ausführungsformen könnten zwar als Vorteile bietend oder bevorzugt gegenüber anderen Ausführungsformen oder Implementierungen des Stands der Technik hinsichtlich einer oder mehrerer gewünschter Eigenschaften beschrieben worden sein, jedoch können, wie für den Durchschnittsfachmann offensichtlich ist, zwischen einem oder mehreren Merkmalen oder einer oder mehreren Eigenschaften Kompromisse geschlossen werden, um die gewünschten Gesamtsystemmerkmale zu erreichen, was von der besonderen Anwendung und Implementierung abhängig ist. Diese Merkmale können Kosten, Festigkeit, Langlebigkeit, Lebenszykluskosten, Marktfähigkeit, Erscheinungsbild, Packaging, Größe, Wartungsfreundlichkeit, Gewicht, Herstellbarkeit, Leichtigkeit der Montage usw. umfassen, sind aber nicht darauf beschränkt. Ausführungsformen, die bezüglich einer oder mehrerer Eigenschaften als weniger wünschenswert als andere Ausführungsformen oder Implementierungen des Stands der Technik beschrieben werden, liegen somit nicht außerhalb des Schutzbereichs der Offenbarung und können für bestimmte Anwendungen wünschenswert sein.

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 Nicht-Patentliteratur

- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802 Standards [0034]

Patentansprüche

1. Permanentmagnetmaschine, umfassend:
einen Rotor, der zur Drehung um eine Achse konfiguriert ist und mehrere Abschnitte umfasst, die entlang der Achse angeordnet sind, wobei jeder der Abschnitte mehrere axial geschichtete Bleche umfasst, die ein Muster von Axialnuten auf einer Umfangsfläche jedes der Abschnitte so definieren, dass das Muster bei mindestens zwei der Abschnitte verschieden ist.

2. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei sich bei mindestens einem der Abschnitte das Muster auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge wiederholt, die einem Pol des Rotors entspricht.

3. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei sich bei mindestens einem der Abschnitte das Muster auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge wiederholt, die zwei Polen des Rotors entspricht.

4. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei sich bei mindestens einem der Abschnitte das Muster auf der Umfangsfläche in einer Bogenlänge wiederholt, die drei Polen des Rotors entspricht.

5. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei die Abschnitte in einem vorbestimmten Winkel von benachbarten Abschnitten versetzt sind, so dass durch jeden Abschnitt definierte Polstellen von entsprechenden Polstellen benachbarter Abschnitte versetzt sind.

6. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei bei jedem der Abschnitte eine Untergruppe der Axialnuten so ausgerichtet ist, dass die Untergruppe der Axialnuten über eine axiale Länge des Rotors verläuft.

7. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 6, wobei die Untergruppe mindestens eine der Axialnuten innerhalb jeder Bogenlänge, die den Polen des Rotors entspricht, enthält.

8. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei sich das Muster zwischen benachbarten Abschnitten abwechselnd.

9. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 1, wobei der Rotor ferner einen glatten Abschnitt ohne Axialnuten umfasst.

10. Permanentmagnetmaschine, umfassend:
einen Rotor, der mehrere Abschnitte umfasst, die entlang einer Drehachse angeordnet sind, wobei jeder der Abschnitte mehrere axial geschichtete Bleche umfasst, die ein Muster von Axialnuten auf einer Außenfläche jedes der Abschnitte so definieren, dass das Muster bei einer Bogenlänge der Außenfläche,

die einem Pol des Rotors entspricht, bei mindestens zwei der Abschnitte verschieden ist.

11. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 10, wobei der Pol einer mehrerer Pole des Rotors ist und sich das Muster bei mindestens einem der Abschnitte bei jedem der Pole wiederholt.

12. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 10, wobei der Pol einer mehrerer Pole des Rotors ist und sich das Muster bei mindestens einem der Abschnitte zwischen benachbarten Polen abwechselt.

13. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 10, wobei bei jedem der Abschnitte eine Untergruppe von Axialnuten so ausgerichtet ist, dass die Untergruppe von Axialnuten über eine axiale Länge des Rotors verläuft.

14. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 10, wobei der Pol einer mehrerer Pole des Rotors ist und die Pole jedes der Abschnitte um einen vorbestimmten Winkel von den Polen benachbarter Abschnitte versetzt sind.

15. Permanentmagnetmaschine, umfassend:
einen Rotor, der mehrere Pole umfasst, die um eine Achse angeordnet sind, wobei jeder der Pole einer vorbestimmten Bogenlänge einer Umfangsfläche des Rotors entspricht, die durch mehrere axial geschichtete Bleche gebildet wird, welche ein Muster von Axialnuten auf der Umfangsfläche des Rotors so definieren, dass das Muster bei jedem der Pole für mindestens zwei der Pole verschieden ist.

16. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 15, wobei das Muster von Axialnuten bei jedem der Pole mindestens eine Axialnut umfasst.

17. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 15, wobei das Muster bei jedem der Pole verschieden ist.

18. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 17, wobei der Rotor ferner einen Pol ohne Axialnuten umfasst.

19. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 17, wobei das Muster von Axialnuten bei jedem der Pole zwei Axialnuten umfasst.

20. Permanentmagnetmaschine nach Anspruch 19, wobei das Muster von Axialnuten bei jedem der Pole durch einen Winkel zwischen den Axialnuten jedes der Pole definiert wird und der Winkel bei jedem der Pole verschieden ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

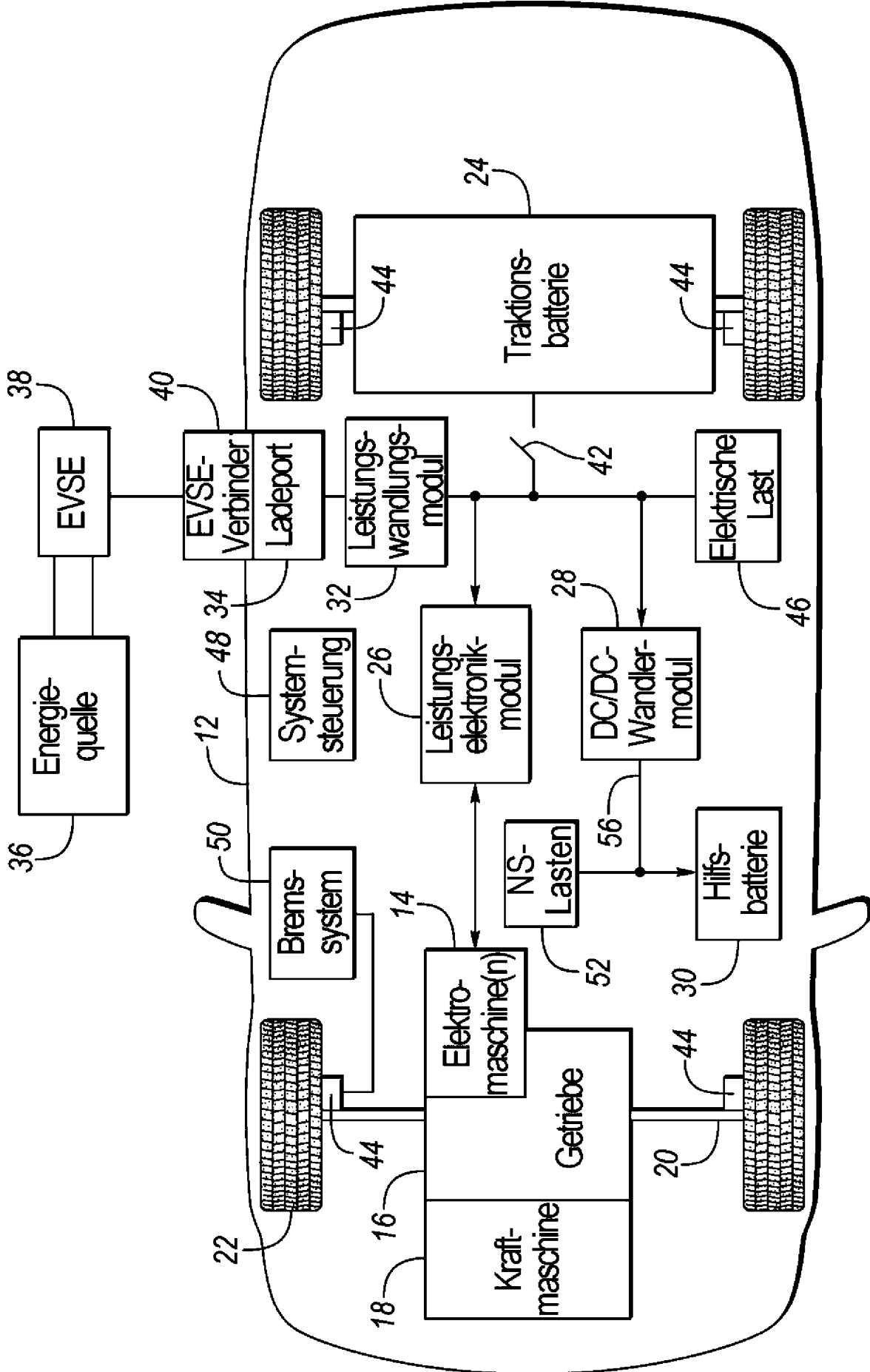


FIG. 1

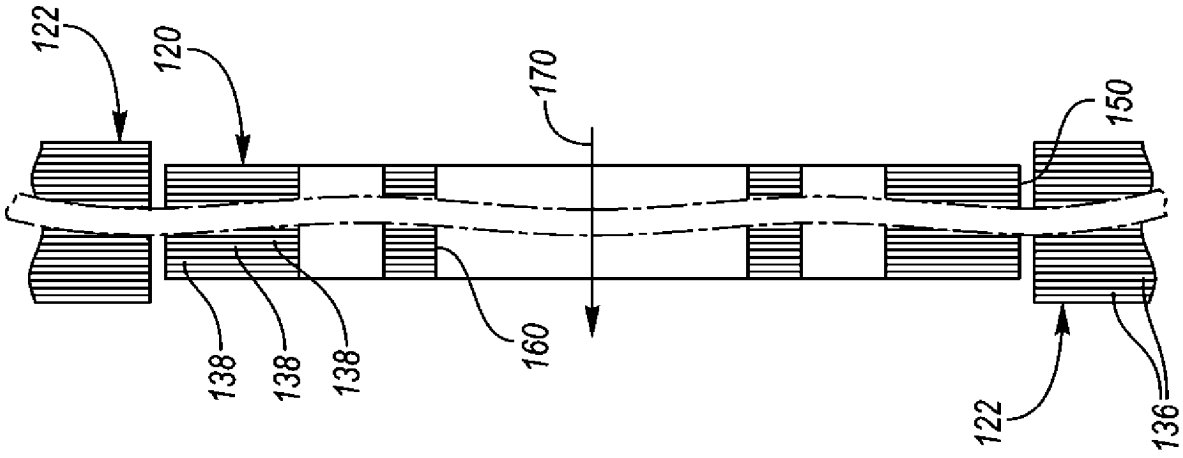


FIG. 2B

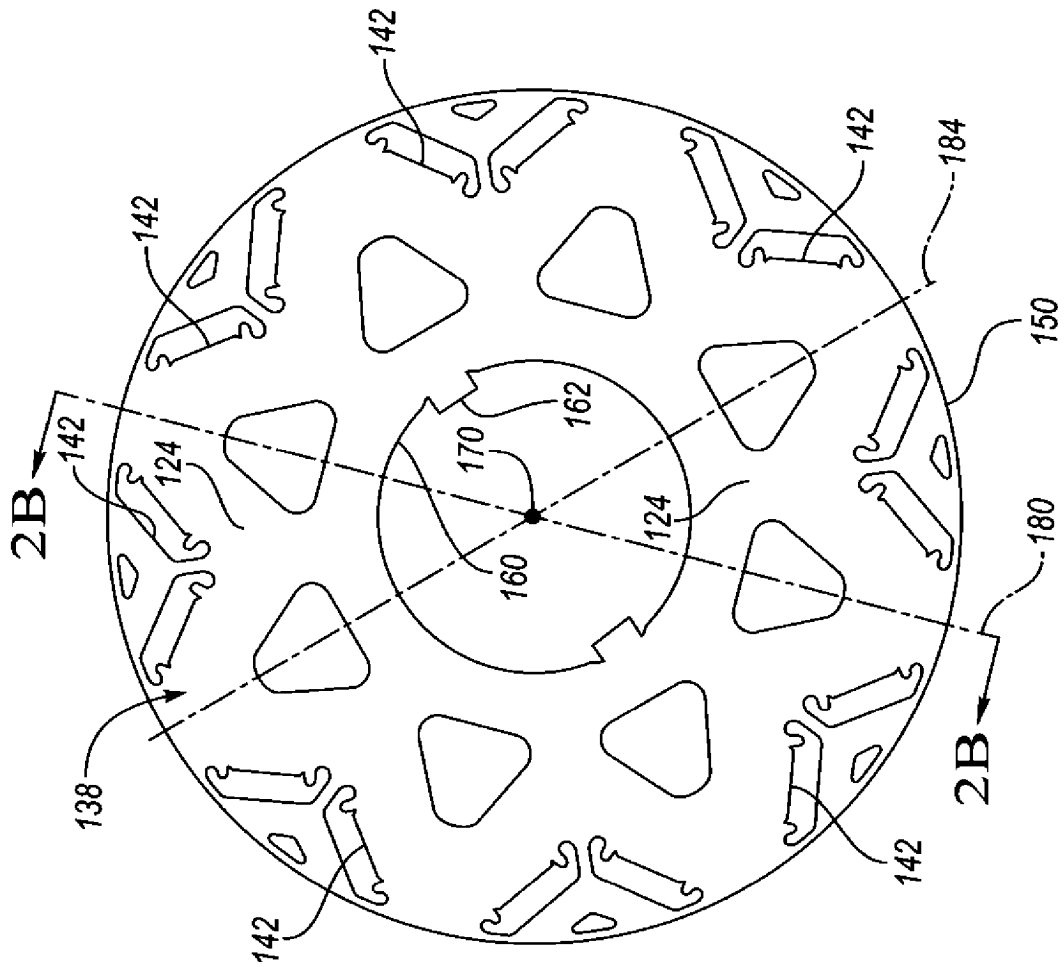
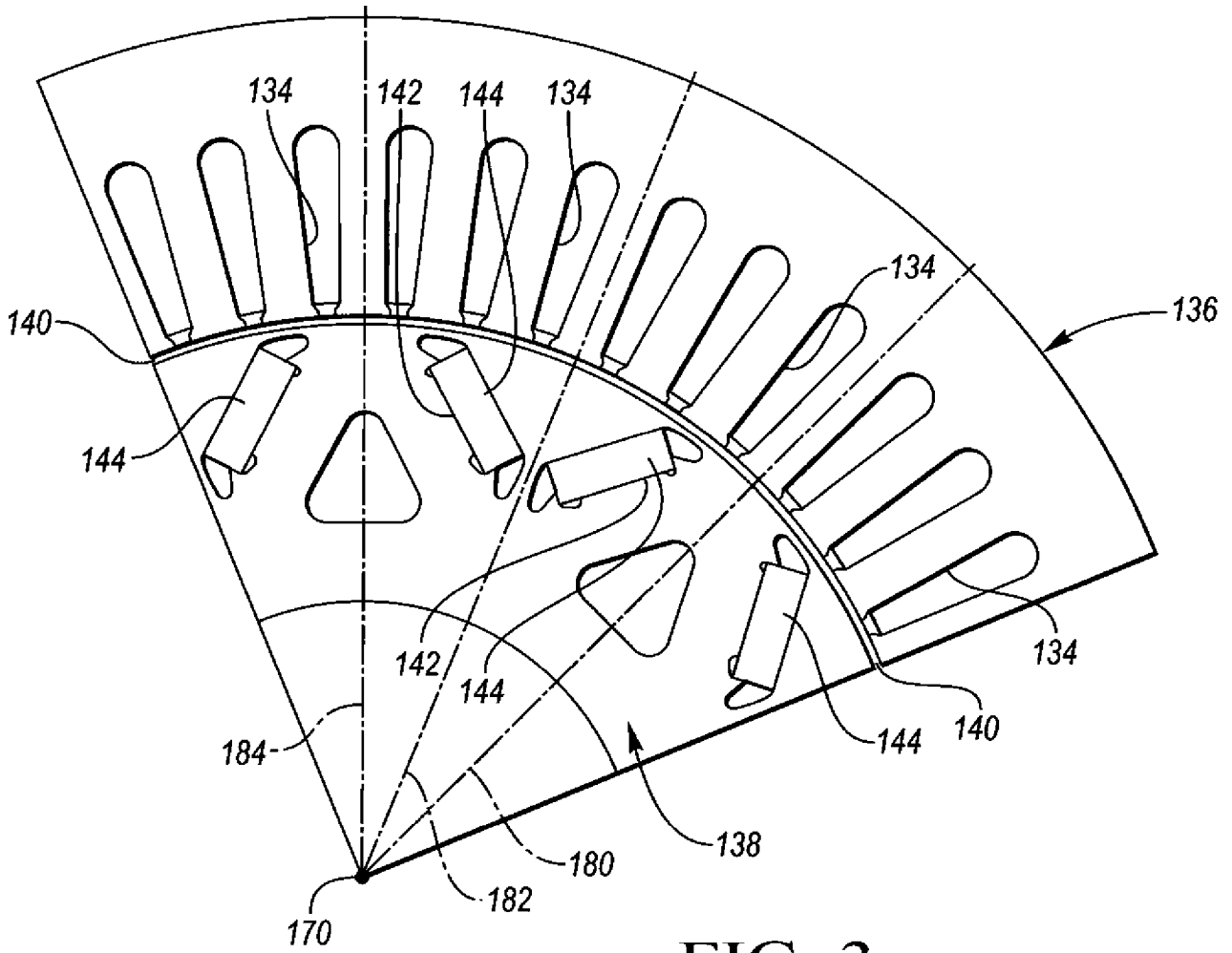


FIG. 2A



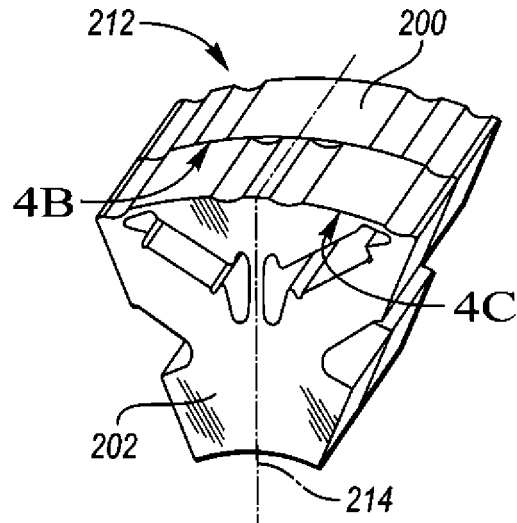


FIG. 4A

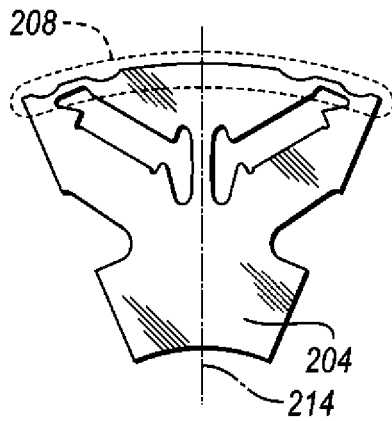


FIG. 4B

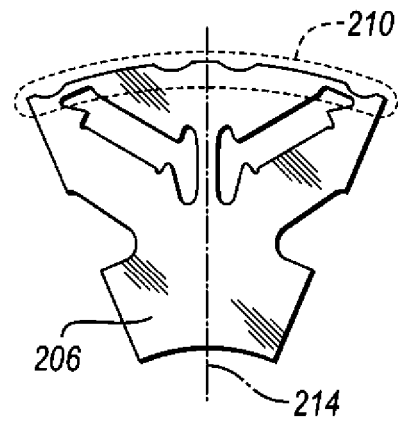


FIG. 4C

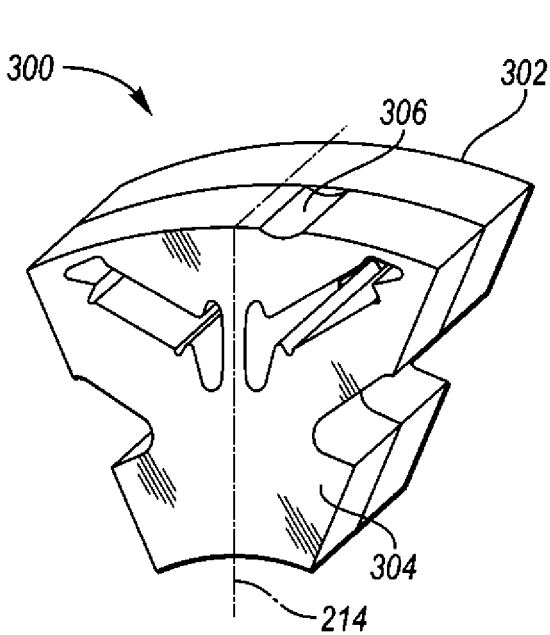


FIG. 5

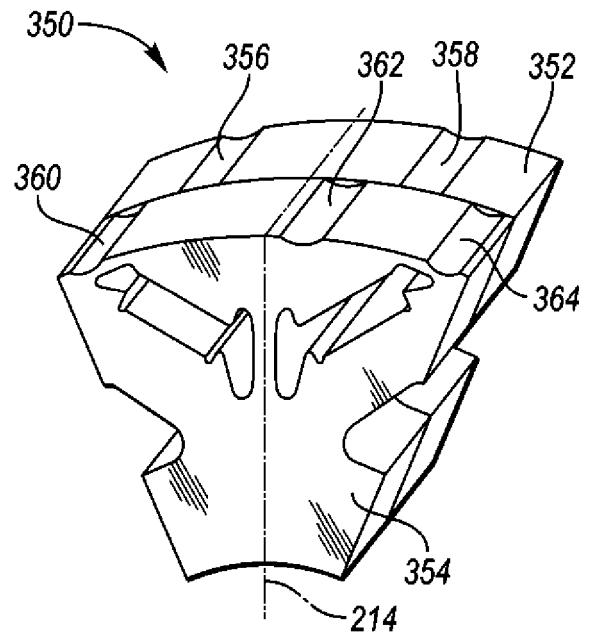


FIG. 6

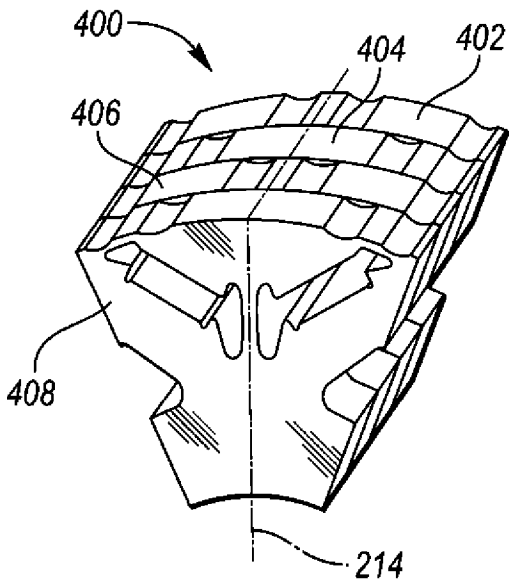


FIG. 7

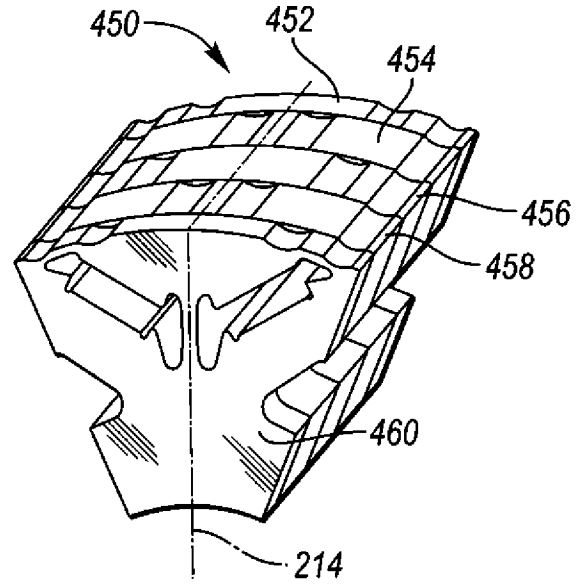


FIG. 8

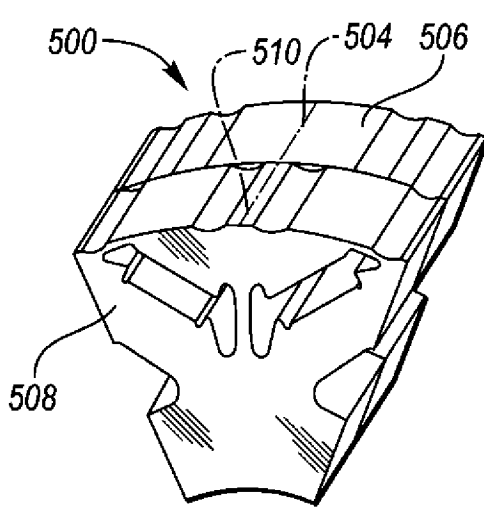


FIG. 9A

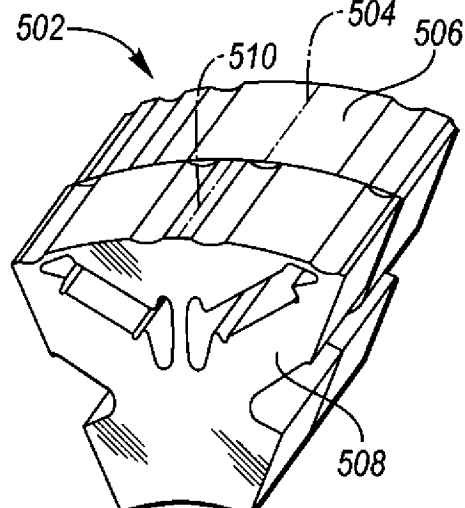


FIG. 9B

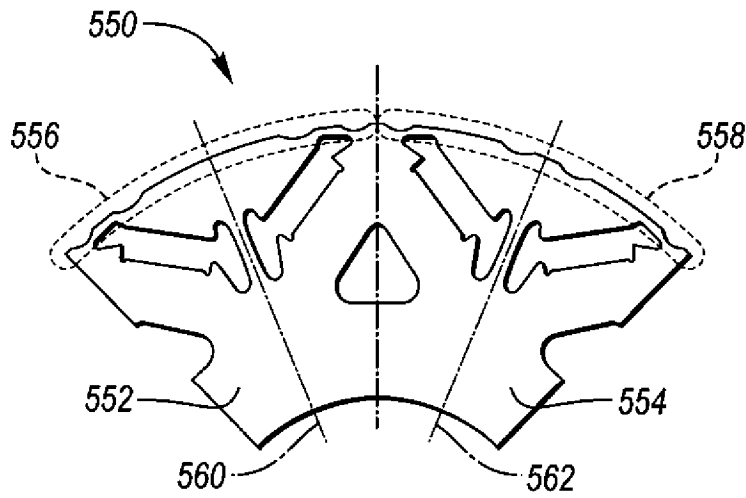


FIG. 10

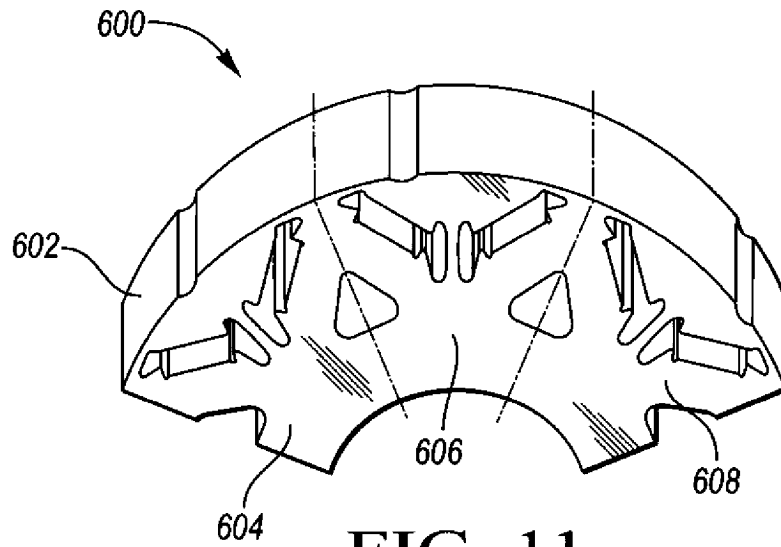


FIG. 11

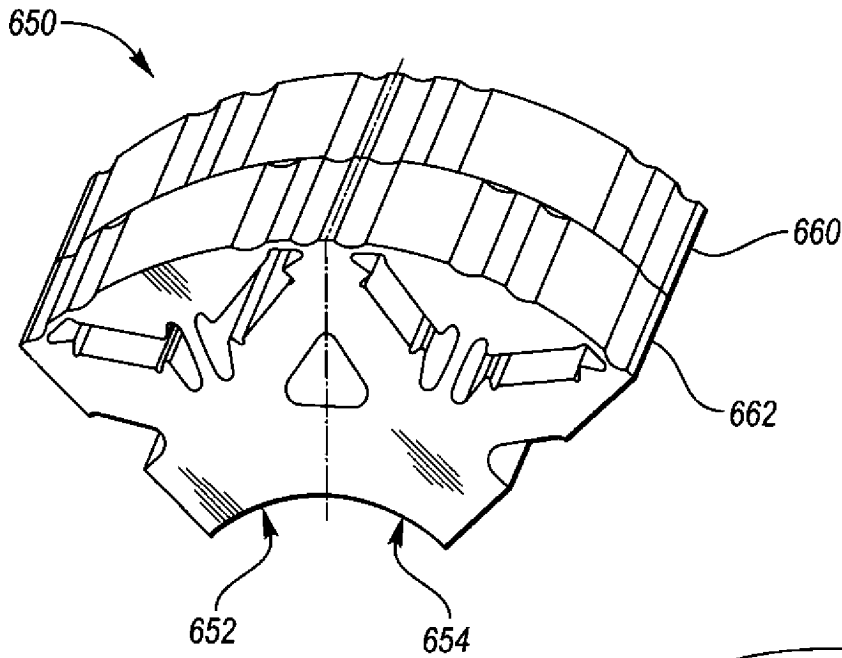


FIG. 12

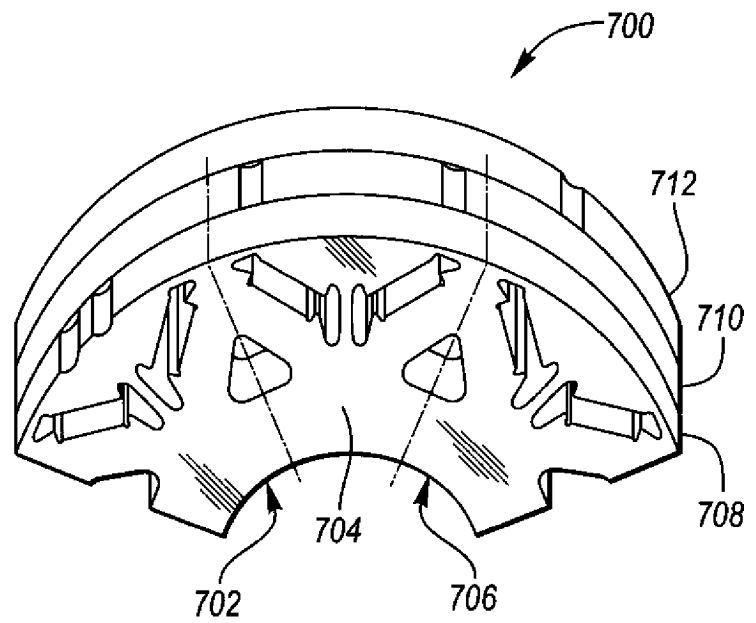


FIG. 13

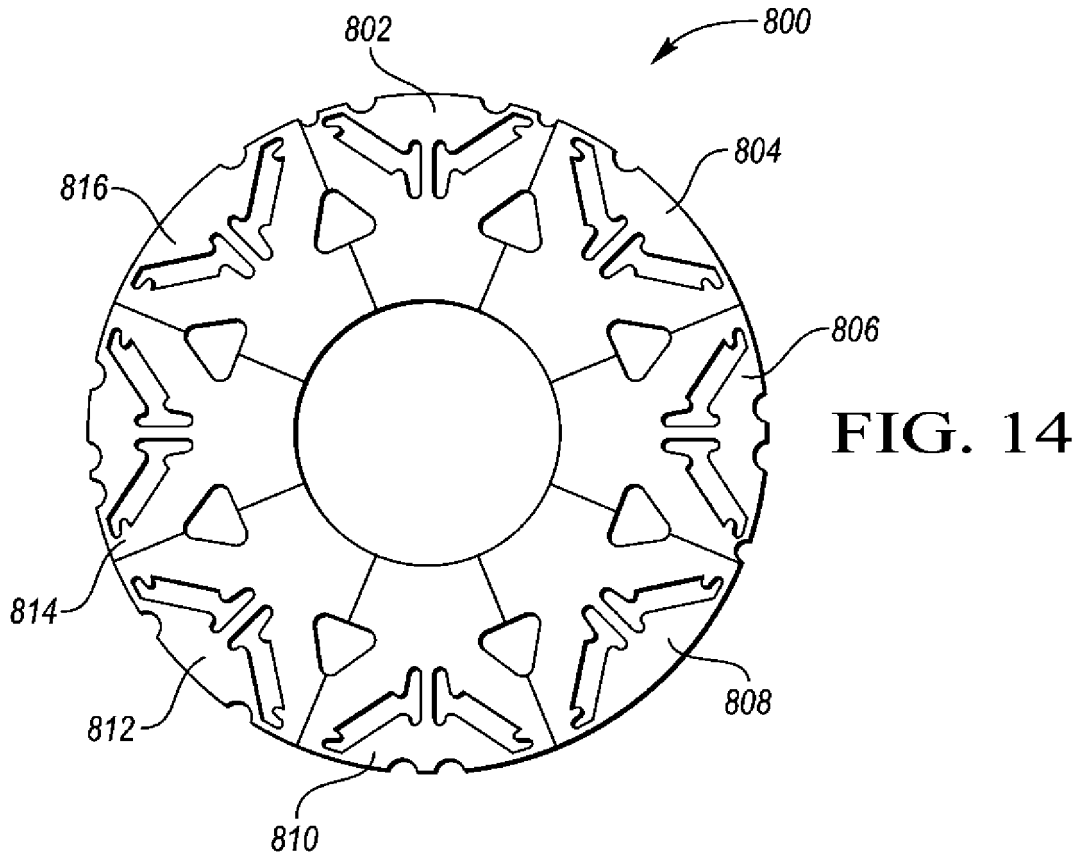


FIG. 14

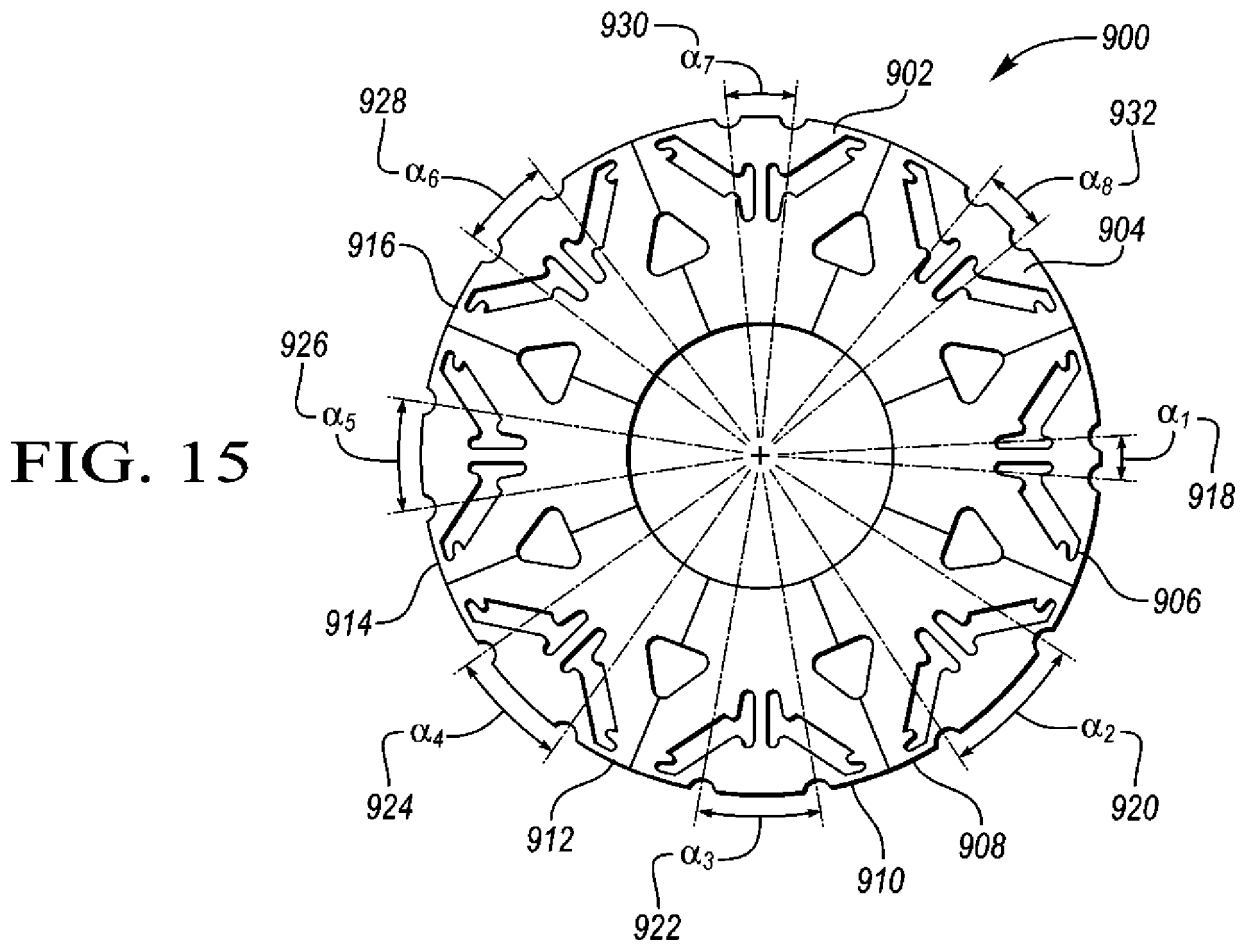


FIG. 15