



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 04 716 T2** 2006.05.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 446 858 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 04 716.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/32666**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 792 192.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/047071**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.10.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **05.06.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.08.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.05.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H02K 1/18** (2006.01)
H02K 11/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
993596 **27.11.2001** **US**

(73) Patentinhaber:
Wavecrest Laboratories, LLC, Dulles, Va., US

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(72) Erfinder:
**PYNTIKOV, V., Alexander, Ashburn, US; MASLOV,
A., Boris, Reston, US; BENSON, A., Mark,
Leesburg, US; GLADKOV, A., Alexander, Fairfax,
US; SOGHOMONIAN, Zareh, Sterling, US**

(54) Bezeichnung: **ELEKTRISCHE DREHENDE MASCHINE, JEDER STÄNDERELEKTROMAGNET MIT EINER MIT
LÖSBAREM STEUERUNGSMODUL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf drehende elektrische Motoren, insbesondere auf Motoren, bei denen der Stator aus individuellen Modulen gebildet ist, wobei jedes Modul eine Kern- und Wicklungsstruktur, eine elektrische Steuerung und Antriebsselemente und eine darin integrierte Energieversorgung aufweist.

HINTERGRUND

[0002] Die fortschreitende Verbesserung von elektronischen Systemen, wie mikrocontroller- und mikroprozessorbasierten Anwendungen für die Steuerung von Motoren, ebenso wie die Verfügbarkeit von verbesserten tragbaren Energiequellen, hat die Entwicklung von effizienten elektrischen Motorantrieben für Fahrzeuge als eine durchführbare Alternative zu Brennkraftmaschinen zu einer zwingenden Herausforderung gemacht. Elektronisch gesteuerte gepulste Energieversorgung von Wicklungen von Motoren bietet die Aussicht auf eine flexiblere Verwaltung von Motorencharakteristiken an. Durch Steuerung von Pulsbreite, Lastzyklus und geschaltetem Anlegen einer Batteriequelle an geeignete Statorwicklungen kann eine funktionelle Vielseitigkeit erreicht werden, die praktisch von einem Wechselstromsynchronmotorbetrieb unterscheidbar ist. Die Verwendung von Permanentmagneten in Verbindung mit derartigen Wicklungen ist vorteilhaft bei Begrenzung eines Stromverbrauchs.

[0003] Die oben gekennzeichnete mitanhängige verwandte US Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 09/826,422 von Maslov et al. kennzeichnet und bestimmt die Notwendigkeit für einen verbesserten Motor, der einer vereinfachten Herstellung zugänglich ist und fähig zu effizienten flexiblen Betriebscharakteristiken ist. In einer Fahrzeugantriebsumgebung ist es höchst wünschenswert einen sanften Betrieb über einen breiten Geschwindigkeitsbereich zu erhalten, während eine hohe Drehzahlausgangsfähigkeit bei minimalem Leistungsverbrauch erhalten wird. Ein derartiger Fahrzeugmotorantrieb sollte vorteilhafterweise eine fertige Zugreifbarkeit auf verschiedene strukturelle Komponenten zum Ersetzen von Teilen bei einem Minimum von Unannehmlichkeiten bereitstellen. Die mitanhängige verwandte US Anmeldung inkorporiert Elektromagnetpole als isolierte magnetisch permeable Strukturen, die in einem Ringmagneten konfiguriert sind, die relativ dünn in der radialen Richtung zum Bereitstellen vorteilhafter Effekte ist. Mit dieser Anordnung kann ein Fluss konzentriert werden mit praktisch keinem Verlust oder auslöschenden Umwandlerinterferenzeffekten in den elektromagnetischen Kernen, wie im Vergleich zu Ausführungsformen im Stand der Technik. Während

Verbesserungen in Drehzahlcharakteristiken und Effizienz mit der Struktur der gekennzeichneten mitanhängigen Anmeldung erhältlich sind, bleiben weitere Verbesserungen wünschenswert.

[0004] An dieser Stelle versucht die oben gekennzeichnete mitanhängige verwandte US Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 09/826,423 von Maslov et al. zu optimieren Rotorparameter, wie den Grad des Magneten, die Energiedichte und die gesamten magnetischen Charakteristiken des Magnetgrades, die Größe und die Abmessungen des Magneten, die die Permanenz und die gesamten Betriebsbedingung des Magneten einstellen können, wenn er Teil des Rotors ist, die Temperaturstabilität des Magneten, das Finishing, Beschichten und Nachverarbeitungsschritte, die beim Herstellen des Magneten für die zweckte Anwendung angewendet werden, die Stabilität der Magnetisierung über die kurvenlineare Oberfläche des Magnetes, Einförmigkeit der radialen Polarisierung des Magnetes, die benachbarte Lücke zwischen zwei separaten Magneten, die mechanischen Merkmale der Kanten der Magnete, und den Rückflusspfad der Magnete, wie durch einen rückwärtigen Eisenringabschnitt bereitgestellt.

[0005] In Umgebungen, in denen eine Tragbarkeit und Größe wichtige Faktoren sind, besteht die Notwendigkeit zum Antreiben von Motoren, die in der Lage sind in einem breiten Bereich von Betriebscharakteristiken zu sein, ohne eine komplexe Steuerungsfunktionalität aufzugeben. Bürstenlose Motorsysteme sollten die Fähigkeit zum Steuern jedes einer Mehrzahl von elektronischen Schaltern zum Bereitstellen genauer Kommutierungsabfolgen und eine geeignete Anlegung der Leistung an die individuelle Statorwicklungen aufweisen. Die oben gekennzeichnete mitanhängige verwandte US Patentanmeldung von Maslov et al. (Attorney Docket 57357-016) beschreibt eine Motorstrukturkonfiguration, in der die Steuerungselemente, die komplex und unterschiedlich sein können, innerhalb der Grenzen des Stators enthalten sind. Die Statorflusserstellungsstruktur, die auf eine relative dünne Ringkonfiguration ausgelegt ist zum Beherbergen von Platzierungen der Elemente darin, ist nichtsdestotrotz in der Lage einen geeigneten Flussausgang herzustellen, während ein hohes Drehmoment bei niedrigen Betriebsgeschwindigkeiten bereitgestellt wird.

[0006] Verschiedene Vorteile, die dem Bereitstellen von mehrfachen separaten Statormagnetpfaden zuschreibbar ist im Vergleich mit einem einzelnen gemeinsamen Pfad in dem Statorkörper, sind oben beschrieben worden. Eine leichte Zugreifbarkeit auf das Innere des Stators und die strukturellen und elektrischen Komponenten darin stellen zusätzliche Gelegenheiten für einen verbesserten Betrieb dar.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0007] Die vorliegende Erfindung erfüllt die oben beschriebenen Bedürfnisse, während sie zusätzliche Vorteile der isolierten individuellen Polpaaranordnungen bereitstellt, die in den gekennzeichneten Maslov et al. Anmeldungen offenbart sind. Der Stator wird aus einer Mehrzahl von individuellen Leistungsmodulen und entsprechenden Kernsegmenten gebildet, wobei jedes Modul eine elektrische Steuerung und Antriebselemente umfasst, die durch eine Energiequelle versorgt werden, die in dem Stator inkorporiert ist. Eine derartige parallele Architektur stellt eine relativ unabhängig gesteuerte Funktionalität für jedes Modul bereit. Eine Leistung jedes Moduls kann individuell gemessen werden in situ während eines normalen Betriebs oder durch ausgedehnteres Laufen von softwaregesteuerten Diagnoseroutinen. Auf der Grundlage von Testergebnissen kann ein Modul automatisch wiederkalibriert, getrennt oder für eine Reparatur oder ein Ersetzen angehalten werden. Eine gesamte Motorleistung, bestimmt durch Kombinieren der Charakteristiken unabhängiger Module kann mit originalen Vorgaben verglichen werden zum Analysieren verschiedener Reparaturoptionen zum Entwerfen der minimal notwendigen Aktion.

[0008] Jedes Modul- und Statorsegment kann individuell installiert und entfernt werden, ohne die anderen Einheiten zu stören. Sollte ein besonderes Modul- oder Statorsegment fehlerhaft sein, kann es deaktiviert werden ohne signifikant die gesamte Leistung der verbleibenden Statormodule zu beeinflussen. Hiernach kann das fehlerhafte Element leicht entfernt und außerhalb getestet werden, während dem Motor erlaubt wird mit den verbleibenden Modulen zu arbeiten. Die fehlerhafte Komponente kann dann identifiziert und repariert oder ersetzt werden. Zu einer passenden Zeit kann die reparierte oder ersetzte Einheit in ihrem Statorabteil leicht wieder installiert werden.

[0009] Die dünne ringförmige Ringkonfiguration der Statorelektromagnetkernelemente stellt einen geeigneten Raum zum Zuweisen eines wesentlichen, wenn nicht gesamten Teils, eines relativ komplexen elektrischen Steuerungssystems innerhalb der Grenzen der Statorstruktur bereit. Eine Integrierung der elektrischen Steuerungskomponenten innerhalb eines abgeschirmten Raumes der statorflusserzeugenden Struktur stellt verschiedene Vorteile bereit. Eine Vereinfachung einer Integration wird erhalten, während elektromagnetische Interferenzen zwischen dem Motor und der Außenumgebung, ebenso wie zwischen der Steuerungseinheit und den geschalteten Statorwicklungen vermieden wird. Beim Verwenden zum Beispiel in spezifischen Anwendungen wie Fahrzeugantrieben können die Inkorporierung von sowohl einer Motorstruktur als auch des elektrischen Steuersystems innerhalb des Fahrzeugrades eine

Gewichtsverminderung der Einheit bereitstellen, während ebenso akustisches und mechanisches Rauschen bzw. Geräusche vermindert werden. Ein Betrieb aus der Benutzerperspektive kann vereinfacht werden zum Simulieren von zum Beispiel einem konventionellen Automobilbetrieb.

[0010] Die zuvor erwähnten Vorteile sind in strukturellen Merkmalen der Erfindung wenigstens teilweise manifestiert, wobei der Motor einen Rotor und einen Stator aufweist, die jeweils in einer ringförmigen bzw. kranzförmigen Ringkonfiguration angeordnet sind und voneinander durch einen kranzförmigen Luftspalt beabstandet sind. Der Stator umfasst eine Mehrzahl von elektromagnetisch permeablen Kernsegmenten mit darum gewickelten Spulen, wobei die Kernsegmente von einem direkten Kontakt miteinander separiert sind und entlang eines radialen Luftspaltes angeordnet sind. Die Segmente sind somit individuelle Elektromagnete. Die innere radiale Peripherie des Stators definiert einen Raum, den im wesentlichen ein Fluss durchquert. Eine Mehrzahl von separaten Modulen ist innerhalb des Statorraumes enthalten, wobei jedes der Module einen entsprechenden Statorelektromagnet zum Bereitstellen eines Energieversorgungsstroms zu diesem entspricht. Der Motor ist innerhalb eines abschirmenden Gehäuses eingeschlossen, um dadurch extern eine elektromagnetische Interferenz zu vermeiden. Jedes Modul kann einen Antriebsschaltkreis und elektronische Schalter enthalten, die mit einer Energiequelle und einem entsprechenden Elektromagneten verbunden sind, wobei die Schalter auf einen Antriebsschaltkreis reagieren zum Ausrichten von Strompulsen von Leistungsquelle an einer Wicklung des Elektromagneten. Der innere Statorraum kann die Energiequelle enthalten, eine Batterie bzw. Akku oder Batteriepack. Ein Rotorpositionssensor, der geeigneterweise in dem Stator angeordnet ist, gibt Rotorpositionssignale an die Steuerung aus. Die Steuerung, Steuerungsantriebsschaltkreis und Schalter können alle auf einem Schaltkreisbord befestigt sein. Jeder Elektromagnet und sein entsprechendes Modul umfassen somit eine unabhängige Einheit, die individuell betrieben werden kann. Die Statoreinheiten funktionieren natürlich in Bezug aufeinander für einen effizienten Motorbetrieb. Mit der Replizierung von Elementen in jeder Einheit wird ein Fehler von irgendeiner besonderen Einheit nicht dem unabhängigen Betrieb der verbleibenden Einheiten behindern.

[0011] In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform kann eine Master- bzw. Hauptsteuerung innerhalb der Statorgrenzen bereitgestellt werden zum koordinierten Betrieb der Einheiten. Die Mastersteuerung kann einen Prozessor umfassen, der Rotorpositionssignale von einem oder mehreren Rotorpositionssensoren empfängt und in Reaktion darauf Zeiteinstellungssignale bereitstellt zum Antreiben des Schaltkreises in jeder der Mehrzahl von Stator-

modulen.

[0012] Als ein vorteilhaftes Merkmal der vorliegenden Erfindung kann jedes Statormodul eine separate Energiequelle enthalten, um dadurch Defekte eines Batterie- bzw. Akkuinnenwiderstandes zu minimieren. Während eines Motorbetriebs steuern die Antriebselemente eine Energieversorgung der Wicklungsphasen derart, dass eine Energieversorgung einer Mehrzahl, wenn nicht aller Wicklungen sich zu jeder besonderen Zeit überlappen. Der von einer einzelnen Energieversorgung gezogene gesamte Strom bewirkt einen signifikanten Spannungsabfall infolge des inneren Widerstandes der Versorgung. Ein Energieversorgungsstrom für jede Wicklung ist dadurch begrenzt, insbesondere wenn eine einzelne Versorgung zusammentreffend einen Antriebsstrom für eine Mehrzahl von Wicklungen bereitstellen muss. Im Gegensatz dazu ist bei einer Bereitstellung einer separaten Energieversorgung für jede Modulwicklung die Versorgung für diese Wicklung unbeeinflusst davon, ob andere Wicklungen mit Energie versorgt werden oder nicht, da Strom nur für die eine Wicklung gezogen wird. Als ein zusätzlicher Vorteil wird eine Interferenz unter den Phasen von einer entsprechenden geschalteten Phasenenergieversorgung minimiert.

[0013] Die Energieversorgung der Mehrzahl von Modulen kann eine oder mehrere ersetzbare Batterien bzw. Akkumulatoren umfassen, die leicht zugreifbar für den Benutzer sind. Die Batterien bzw. Akkus können in der Lage sein entweder innerhalb oder einer äußeren Quelle aufladbar zu sein, wenn sie aus dem Stator entfernt werden. Somit können die Batterien bzw. Akkus in meist für den Benutzer zugänglichen Bereichen angeordnet sein, entweder innerhalb ihrer entsprechenden Einheiten verteilt oder zentral platziert. Die Batterien können ebenso während eines Motorbetriebs regenerierend aufladbar sein.

[0014] Zusätzliche Vorteile der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann aus der folgenden detaillierten Beschreibung sehr deutlich, wobei nur die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beschrieben ist, einfach mittels einer Beschreibung der besten Weise, betrachtet zum Ausführen der Erfindung. Wie realisiert wird, ist die Erfindung zu anderen und unterschiedlichen Ausführungsformen in der Lage, und ihre verschiedenen Details sind zu Modifizierungen in verschiedenen offensichtlichen Bezügen in der Lage, alle ohne von der Erfindung abzurücken. Demgemäß sind die Zeichnungen und Beschreibungen als darstellende Natur zu betrachten und nicht beschränkend.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] Die vorliegende Erfindung wird in den Figuren und den anhängenden Zeichnungen beispielhaft dargestellt und ist nicht beschränkend, in denen glei-

che Bezugswerte auf ähnliche Elemente verwiesen, in denen:

[0016] [Fig. 1](#) eine teil-dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Motors gemäß der vorliegenden Erfindung ist.

[0017] [Fig. 2](#) ist eine Explosionsansicht der strukturellen Komponenten des Motors von [Fig. 1](#), die das Positionsverhältnis unter den verschiedenen Elementen darstellt.

[0018] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische äußere Ansicht des Motors von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#).

[0019] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm eines Steuerungssystems, das zum Verwenden in dem Motor von [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) geeignet ist.

[0020] [Fig. 5](#) ist ein Teilblockdiagramm für einen Wicklungsschaltungsschaltkreis des Systems von [Fig. 4](#).

[0021] [Fig. 6](#) ist eine teil-dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Variation der Motorstrukturordnung, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0022] [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7c](#) sind darstellend für eine alternative Statorstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0023] Der Motor der vorliegenden Erfindung ist geeignet zum Verwenden beim Antreiben eines Fahrzeugrades eines Automobils, eines Motorrades, eines Fahrrades oder dergleichen. Die Zeichnungsdarstellungen zeigen daher eine Motorstruktur, die innerhalb eines Fahrzeugrades eingehäust sein kann, wobei der Stator fest an einer stationären Welle befestigt ist und durch einen Rotor zum Antreiben des Rades umgeben ist. Es sollte gewürdigt werden, dass der Fahrzeugkontext nur beispielhaft für eine Mehrzahl von besonderen Anwendungen ist, in denen der Motor der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0024] [Fig. 1](#) ist eine ausgeschnittene Zeichnung der Motorstruktur, wobei die Elemente detaillierter in der Explosionsansicht von [Fig. 2](#) gezeigt sind. Motor **10** umfasst einen kranzförmigen Permanentmagnetrotor **20** und eine kranzförmige Statorstruktur **30**, die durch einen radialen Luftspalt getrennt ist. Der Rotor und Stator sind koaxial um eine Rotationsachse konfiguriert, die in einer stationären Welle **36** zentriert ist. Der Stator umfasst eine Mehrzahl von ferromagnetisch isolierten Elementen oder Statorgruppen. Kernsegmente **32**, die aus magnetisch permeablen Mate-

rial gemacht sind und von direktem Kontakt miteinander separiert sind, haben entsprechende Wicklungsteile **34**, die an jedem Pol gebildet sind. Sieben Statorgruppen sind gezeigt, wobei jede Gruppe zwei herausragende elektromagnetische Pole umfasst, die entlang des Luftspaltes umfangsmäßig angeordnet sind. Der Rotor umfasst eine Mehrzahl von Permanentmagneten **22**, die umfangsmäßig über den Luftspalt verteilt sind und an einer nicht magnetischen kranzförmigen Rückenplatte **24** befestigt sind, die aus Aluminium oder anderem nicht magnetisch permeablen Material gebildet sein kann. Die Rückenplatte ist Teil des Motorgehäuses, an das Seitenwände **26** angebracht sind.

[0025] Die Flussverteilungen, die durch die Rotormagnete produziert werden, können durch die Bereitstellung eines nicht gezeigten magnetisch permeablen Elementes erweitert werden, das an der Rückseite der Rotormagnete befestigt ist. Sechzehn Rotormagnete sind gezeigt. Es wird auch verstanden, dass die Anzahl von dargestellten Statorpolen und Rotormagneten nur beispielhaft ist, da verschiedene Verhältnisse verwendet werden können, abhängig von gewünschten Betriebsparametern. Zum Beispiel können weniger Elektromagnete mit größeren Abständen beabstandet verschiedene Geschwindigkeitsscharakteristiken produzieren. Die Statorkernelemente sind an einer steifen Skelettstruktur **14** befestigt, die zentral an der Welle **36** fixiert ist. Speichenteile **42**, gleich der Anzahl von Statorgruppen, erstrecken sich radial von dem Zentrum der Struktur **40** weg zu U-förmigen Platten **44**. Die U-förmigen Plattenseiten und die Statorsegmente enthalten paarweise Löcher, durch die Statorsegmente an der Skelettstruktur fixiert sein können. Jede U-förmige Platte greift an ein anliegendes Paar von Statorsegmenten.

[0026] Jedes Statorsegment und angrenzende Paare von Speichenteilen definieren zusammen einen Raum, innerhalb dessen Schaltkreiselemente enthalten sind. Die steifen Speichenteile **42** haben einen ausreichenden Oberflächenbereich zum Bereitstellen der notwendigen strukturellen Befestigung, ebenso wie zum Behalten von Schaltkreisboards **46**. Ein Schaltkreisboard kann an jedem Speichenteil in jeder konventionellen Weise befestigt sein. Jedes Schaltkreisboard enthält die Steuerungsschaltkreiselemente und Schalter, die zum Anlegen eines Energieversorgungsstroms benötigt werden, durch geeignete Drahtverbindungen zu einer Wicklung eines Statorsegmentes, an die der Speichenteil angehängen ist. Es sollte gewürdigt werden, dass alle Steuerungsschaltkreiselemente und Schalter in ein einzelnes Schaltkreisboard integriert sein kann, um eine noch größere Wirtschaftlichkeit von Raum und Gewicht bereitzustellen. Die Motorenergieversorgung, die durch Batterien **48** dargestellt wird, ist auch selbst innerhalb der Statorräume enthalten. Geeigne-

te Aufnahmen (nicht gezeigt) für die Batterien können an den Speichenteilen **42** fixiert sein. Die Aufnahmen, die von jeder konventionellen Vielfalt sein können, erlauben ein leichtes Entfernen der Batterien zum Ersetzen oder Wiederaufladen. Während eine einzelne Batterie für jedes Statormodul gezeigt ist, ist die Darstellung repräsentativ für eine Energiequelle, die die Form eines Batteriepacks, einer Mehrzahl von Batterien oder jeder Variation von gut bekannten Spannungsquellen annehmen kann. Das bedeutet, jeder kommerziell erhältliche Batterietyp oder Batteriepack, der von ausreichender Kapazität zum Versorgen der notwendigen Motorleistung ist, kann verwendet werden. Somit ist es abhängig von besonderen Batteriecharakteristiken und Motorantriebsanforderungen möglich, die Modulräume zum Anbringen anderer Elemente zu verwenden.

[0027] [Fig. 3](#) ist eine dreidimensionale äußere Ansicht des Motorsystems von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Der äußere Rotorgehäusering **24** und Seitenwände **26** sind konfiguriert, um einen Radmittelteil zu bilden, auf dem ein nicht gezeigter Reifen befestigt werden kann. Das Rotorradgehäuse ist für eine Rotation um die stationäre Welle **36** über Lager **38** befestigt. Die zylindrische Rotorgehäusestruktur umgibt den kranzförmigen Statorring, der sich in axiale Richtung mitausstreckend an dem Rotor über den Luftspalt erstreckt.

[0028] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm eines typischen Steuerungssystems, das zum Antreiben der in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten Motorstruktur verwendet werden kann. Statorwicklungen **34** sind schaltbar mit Energie versorgbar, durch einen Antriebsstrom, der von einer Energiequelle **50** über elektronische Schaltersätze **52** geliefert werden kann. Eine Zeiteinstellung der Strompulse ist Gegenstand der Steuerung von Sequenzsteuerung **60**, die auf von Positionssensor **62** empfangene Rückkopplungssignale reagiert. Eine Sequenzsteuerung kann einen Mikroprozessor oder einen äquivalenten digitalen Signalprozessor einschließen. Obwohl Positionssensor **62** schematisch durch eine einzelne Einheit dargestellt ist, können verschiedene Sensoren geeignet an Statorabschnitten entlang des Luftspalten verteilt sein, um eine Rotormagnetdrehung zu erfassen. Der Positionssensor kann jede bekannte magnetische Abtastvorrichtung umfassen, wie Hall-Effektvorrichtungen, großmagneto-resistive (GMR) Sensoren, Reedschalter, Pulsdrahtsensoren, amorphe Sensoren, Resolver oder optische Sensoren.

[0029] Die Verwendung von gesteuerten elektronischen Schaltern zum Anlegen eines Energieversorgungsstroms and Motorwicklungen ist gewöhnlich im Stand der Technik. [Fig. 5](#) ist ein Teilschaltkreisdigramm eines Schaltersatzes und -antriebes für individuelle Statorsegmentwicklungen. Statorwicklung **34** ist in einem Brückenschaltkreis von vier FETs ver-

bunden. Es wird verstanden, dass jede der verschiedenen bekannten elektronischen Schaltungselemente zum Richten eines Antriebsstroms in eine geeignete Richtung zu Statorwicklung **34** verwendet werden kann, wie zum Beispiel Bipolartransistoren. FET **53** und FET **55** sind in Reihe über die Energiequelle verbunden, wie es FET **54** und FET **56** sind. Statorwicklung **34** ist zwischen den Verbindungsknoten der zwei Reihen FET Schaltkreise verbunden. Gatedriver **58** reagiert auf ein von der Sequenzsteuerung **60** empfangenes Steuerungssignal zum Anlegen von Aktivierungssignalen an die Gateklemmen der FETs. FETs **53** und **56** werden zusammen aktiviert für einen Motorstromfluss in eine Richtung. Für einen Stromfluss in umgekehrter Richtung werden FETs **54** und **55** zusammen aktiviert. Gatedriver **58** kann in eine Sequenzsteuerung **60** integriert sein oder einen separaten Driverschaltkreis umfassen.

[0030] [Fig. 6](#) ist eine teil-dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Variation der Motorstrukturordnung, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Anstelle ein separates Wicklungsteil an jedem der elektromagnetischen Statorpole bereitzustellen, ist Wicklung **34** jedes Statorsegmentes an einem Kernabschnitt gebildet, der die Pole verbindet. In der Nähe jedes der Statorsegmente befindet sich ein Positionssensor **62**, der Ausgangssignale erzeugt, die eine Rotorposition relativ zu dem entsprechenden Statorsegment anzuzeigen. Die Ausgangssignale werden an einen Steuerungsschaltkreis angelegt, der auf Schaltkreisboard **46** enthalten ist.

[0031] [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7c](#) stellen eine alternative strukturelle Anordnung des Stators gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Eine Mehrzahl von fünfzehn Kernsegmenten **31** ist gezeigt, wobei jedes Segment ein Paar von herausragenden Polen **32** und einen Verbindungsteil **33** umfasst. Die Kernsegmente sind jeweils aus magnetisch permeablen Material konstruiert. Jedes Abschnittspolpaar ist in eine Richtung parallel zu der Rotationsachse ausgerichtet und weist an jedem Pol gebildete Wicklungen **34** auf. Verbindungsteil **33** ist ein relativ dünner Abschnitt, der an seiner äußeren peripheren Oberfläche mit den herausragenden Pole **32** verbunden ist, während der an der inneren peripheren Oberfläche etwas konkav ist. Der Grad der Konkavität ist angemessen an die radiale Beabstandung von Kernsegmenten von der Rotationsachse, so dass die Kernsegmente im allgemeinen umfangsmäßig konfiguriert sind. Verbindungsteil **33** erstreckt sich in die umfangsmäßige Richtung an jeder Seite hinter den herausragenden Polen.

[0032] Die Statorsegmente sind an einer steifen Skelettstruktur **140** gesichert, die zentral an der Welle **36** fixiert ist. Skelettstruktur **140** ist aus einem nicht-magnetisch permeablen Material wie Plastik bzw. Kunststoff oder Aluminium gebildet. Die Skelettstruktur, die an Welle **36** fixiert ist, umfasst Spei-

chenteile **142**, die integral mit dem im allgemeinen umfangsmäßigen Teil **144** gebildet ist. Wie deutlicher in [Fig. 7b](#) und [Fig. 7c](#) gesehen werden kann, umfasst Teil **144** einen relativ dünnen zylindrischen Kragen **145** mit Rippenteilen **146** an seinem radialen äußeren Umfang. Die Rippenteile erstrecken sich nach außen von dem Rahmen und sind im allgemeinen parallel zu der Rotationsachse. Jeder Rippenteil hat geflanschte Teile **148** in der Nähe ihrer äußeren Erstreckung, um Gräben mit dem Kragen **145** zu bilden. Beieinanderliegende Rippen **146** sind mit einem Ende des Kragens durch zusätzliche Rippengrabbenteile **149** verbunden.

[0033] Beieinanderliegende Rippen und aneinander grenzende Grabenteile bilden dazwischen äußere Schlitze, die Statorverbindungsteil **33** beherbergen. Somit werden durch die Skelettstruktur für die fünfzehn Statorsegmente fünfzehn Schlitze bereitgestellt. Wie in [Fig. 7b](#) gesehen werden kann, kann ein Statorsegment leicht in die Skelettbefestigungsstruktur durch Gleiten des Kernabschnittsverbindungsteils **33** in einen äußeren Schlitz eingefügt werden. Der Statorabschnitt kann leicht aus der Haltestruktur durch Gleiten des Kernabschnittsverbindungsteils **33** aus dem äußeren Schlitz entfernt werden.

[0034] Der innere radiale Umfang von Kragen **145** ist ähnlich mit Rippen konstruiert, die Gräben und innere Schlitze bilden. Innere Schlitze, die Leistungsmodule **47** beherbergen, liegen radial an den äußeren Schlitzen an. An einem relativ zentralen Teil jedes gepaarten Schlitzes ist ein Ausschnitt **150** in Kragen **145**. Die Leistungsmodule enthalten den Steuerungs- und Schaltungsschaltkreis für eine gesteuerte Energieversorgung von Statorwicklung **34**, die an dem Statorsegment in dem gegenüberliegenden Schlitz gebildet ist. Der Ausschnitt erlaubt eine elektrische Verbindung zwischen dem Leistungsmodul und der Statorwicklung. Wie in [Fig. 7c](#) gesehen werden kann, ist die Leistungsmodulpackung in Form zu der Dimension des inneren Schlitzes und kann fertig eingefügt oder daraus entfernt werden.

[0035] Es muss ebenso verstanden werden, dass die Anzahl von gezeigten Statorsegmenten nur für eine Darstellung ausgewählt wurden, da jede besondere Anzahl von Statorpolen bereitgestellt werden kann, abhängig von gewünschten Betriebskriterien. Der Abstand zwischen Speichen **142** in der dargestellten Ausführungsform beabstandet drei Sätze von Statorsegmenten und stellt Raum zum Platzieren von Energiequellen und einem oder einer Mehrzahl von Steuerungen bereit. Die Anzahl von Speichen kann natürlich im Lichte struktureller Betrachtungen variiert werden.

[0036] In dieser Offenbarung sind nur bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung und aber einige

Beispiele ihrer Veränderbarkeit gezeigt und beschrieben. Es muss verstanden werden, dass die Erfindung in der Lage ist verschiedene andere Kombinationen und Umgebungen zu verwenden und in der Lage ist Veränderungen oder Modifizierungen innerhalb des Schutzbereiches des erfinderischen Konzeptes wie hierdurch ausgedrückt zu verändern. Zum Beispiel kann, wie gewürdigt werden kann, der Motor der Erfindung einen breiten Bereich von Anwendungen zusätzlich zu Fahrzeugantrieben verwenden. Zusätzlich kann eine einzelne Quelle einer ausreichenden Kapazität verwendet werden, um eine Mehrzahl von Statorsegmentwicklungen zu versorgen, während bevorzugt wird, eine separate Energieversorgung für jedes Modul aus den oben beschriebenen Gründen bereitzustellen.

[0037] Es ist innerhalb einer Erwägung, dass die Ausführungsform von [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7c](#) anwendbar auf eine umfangmäßige Ausrichtung von Kernsegmentpolpaaren anwendbar ist, ebenso wie die dargestellte axial ausgerichtete Anordnung. Somit können zum Beispiel die in [Fig. 1](#) und [Fig. 6](#) gezeigten Statorsegmente Verbindungsteile umfassen, die formkonform zu äußeren Schlitzen einer Statorbefestigungsstruktur sind, wie in [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7c](#) gezeigt. Innere Schlitze können zum Entfalten elektrischer Komponenten bereitgestellt sein.

Patentansprüche

1. Ein drehender elektrischer Motor umfassend: einen Permanentmagnetrotor (20) mit einer Mehrzahl von in einer kranzförmigen Ringkonfiguration angeordneten Permanentmagneten (22); einen Stator (30) mit einer Mehrzahl von getrennten ferromagnetisch isolierten Elektromagneten in einer kranzförmigen Ringkonfiguration, wobei Wicklungen (34) der Elektromagnete ausgewählt mit Energie versorgt werden, um magnetische Pole abwechselnder Polarität entlang eines radialen Luftspaltes bilden, der den Stator von dem Rotor trennt; und **dadurch gekennzeichnet**, dass der elektrische Motor ferner umfasst:

eine Mehrzahl von getrennten Leistungsmodulen (47), wobei jedes der Module einem Statorelektromagnet entspricht zum Bereitstellen eines mit Energie versorgenden Stroms zu diesem.

2. Drehender elektrischer Motor gemäß Anspruch 1, wobei der Stator (30) innerhalb des Rotors umgeben ist.

3. Drehender elektrischer Motor gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei jedes der Leistungsmodule umfasst:

einen Antriebsschaltkreis; und elektronische Schalter, die mit einer Leistungsquelle und dem entsprechenden Elektromagnet verbunden sind, wobei die Schalter auf den Antriebsschaltkreis

reagieren, um Stromimpulse von der Leistungsquelle zu einer Wicklung (34) des Elektromagneten zu richten.

4. Drehender elektrischer Motor gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei jedes der Leistungsmodule ferner ein Schaltkreisboard (46) umfasst, mit einem darauf angeordneten entsprechenden Antriebsschaltkreis und entsprechenden Schaltern.

5. Drehender elektrischer Motor gemäß Anspruch 3 oder 4, ferner mit einem Sequenzcontroller (60), der mit dem Antriebsschaltkreis eines jeden Moduls (47) verbunden ist, um an dieses Zeiteinstellungssignale anzulegen.

6. Drehender elektrischer Motor gemäß Anspruch 5, ferner umfassend wenigstens einen Rotorpositionssensor (62), zum Bereitstellen eines eine Rotorposition anzeigenden Ausgangssignals, und wobei der Sequenzcontroller (60) auf die Ausgangssignale reagiert.

7. Drehender elektrischer Motor gemäß irgendeinem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Leistungsquelle (50) eine Mehrzahl von Batterien bzw. Akkumulatoren (48) umfasst, wobei jede der Batterien bzw. Akkumulatoren (48) Energie zu nur einem der Module (47) liefert.

8. Drehender elektrischer Motor gemäß Anspruch 7, wobei die Batterien bzw. Akkumulatoren wiederaufladbare Batterien bzw. Akkumulatoren sind.

9. Drehender elektrischer Motor gemäß irgendeinem der Ansprüche 3 bis 8, wobei jedes der Leistungsmodule ferner umfasst:

einen Rotorpositionssensor (62) zum Bereitstellen von Ausgangssignalen, die eine Rotorposition mit Bezug auf das entsprechende Leistungsmodul (47) anzeigen; und

einen Sequenzcontroller (60), der mit dem Antriebsschaltkreis und mit dem Rotorpositionssensor (62) zum Bereitstellen von Zeiteinstellungssignalen zum Steuern des Betriebs der Schalter verbunden ist.

10. Drehender elektrischer Motor gemäß irgendeinem der Ansprüche 3 bis 9, wobei eine Richtung des Stromflusses und eine Dauer jedes Stromimpulses durch ausgewähltes Aktivieren der Schalter durch den Antriebsschaltkreis bestimmt wird.

11. Drehender elektrischer Motor gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Motor innerhalb eines Abschirmgehäuses (24, 26) eingeschlossen ist, um dadurch äußere elektromagnetische Störungen zu vermeiden.

12. Drehender elektrischer Motor gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Mehrzahl von getrennten Leistungsmodulen (47) innerhalb des Stators radial inwärtig der Statorelektromagnete enthalten sind.

13. Ein Stator für den drehenden elektrischen Motor gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, umfassend:

eine Mehrzahl von getrennten, elektromagnetisch isolierten Elektromagneten in einer kranzförmigen Ringkonfiguration, wobei Wicklungen (34) der Elektromagnete ausgewählt mit Energie versorgt werden, um magnetische Pole abwechselnder Polarität entlang eines radialen Luftspaltes zu bilden, der den Stator von dem Rotor trennt, dadurch gekennzeichnet, dass die ferromagnetisch isolierten Elektromagnete eine Mehrzahl von Kernabschnitten (32) umfassen mit entsprechenden darum gewickelten Spulen, um Statorwicklungen (34) zu bilden, wobei die Kernabschnitte einen äußeren radialen Umfang an dem Luftspalt und einen inneren radialen Umfang aufweisen, ein Volumen definierend, innerhalb dessen im Wesentlichen kein Fluss auftritt; und eine nicht-ferromagnetische Haltestruktur zum Enthalten der Kernabschnitte (32) in ferromagnetischer Isolation voneinander, und zum Halten einer Mehrzahl von getrennten Leistungsmodulen (47), wobei jedes der Module (47) einem entsprechenden Statormagnet zum Bereitstellen eines Wicklungsenergieversorgungsstroms zu diesem entspricht.

14. Stator gemäß Anspruch 13, wobei die nicht-ferromagnetische Haltestruktur umfasst: einen umfangenden Manschettenteil (145); und eine Mehrzahl von Wirbel bzw. Speichenteile (42), von denen jedes integral an einem ersten Ende mit dem Manschettenteil (145) gebildet ist und angepasst ist, um an einer stationären Welle (36) an einem zweiten Ende befestigt zu sein, wodurch die Manschette (145) in einem festen radialen Abstand von der Welle (36) und koaxial zu dieser positioniert ist.

15. Stator gemäß Anspruch 14, wobei der Manschettenteil eine Mehrzahl von im allgemeinen parallelen Rippen (146) auf einer äußeren Oberfläche dessen umfasst, um Schlitze zu bilden; und wobei jeder der Kernabschnitte (32) umfasst: ein Paar von hervorspringenden Polen (32); und ein Verbindungsteil (33), das die Pole aneinander fügt, wobei der Verbindungsteil (33) konfiguriert ist, um mit einem der Schlitze angepasst zu sein; wodurch die Kernabschnitte (32) gleitend eingreifbar mit, und gleitend entfernbar von den Schlitzen sind.

16. Stator gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei der Manschettenteil eine Mehrzahl von im allgemeinen parallelen Rippen (146) auf einer inneren Ober-

fläche dessen umfasst, um Schlitze zum gleitenden Aufnehmen der Leistungsmodule (47) zu bilden.

17. Stator gemäß irgendeinem der Ansprüche 13 bis 16, wobei die äußeren Oberflächenrippen im allgemeinen an den inneren Oberflächenrippen (146) ausgerichtet sind, und der Manschettenteil (145) zwischen einem benachbarten Satz von Rippen (146) einen Ausschnitt (150) umfasst zum Erlauben einer elektrischen Verbindung zwischen einem Leistungsmodul (47) und einer Statorwicklung (34).

18. Stator gemäß irgendeinem der Ansprüche 13 bis 17, ferner umfassend eine Mehrzahl von getrennten Leistungsmodulen (47), wobei jedes der Module einem entsprechenden Statorelektromagnet zum Bereitstellen eines Energieversorgungsstroms zu diesem entspricht.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

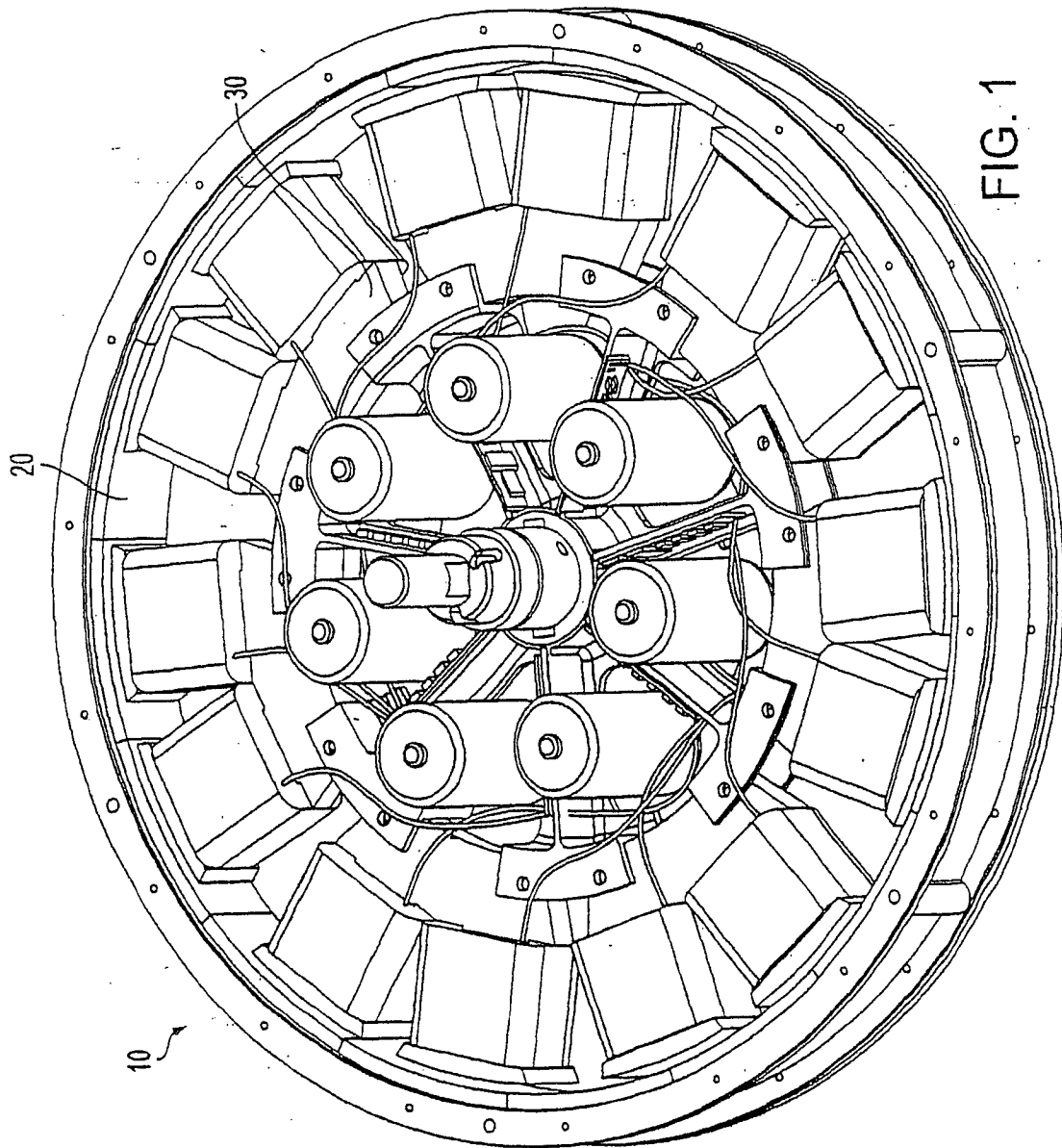


FIG. 1

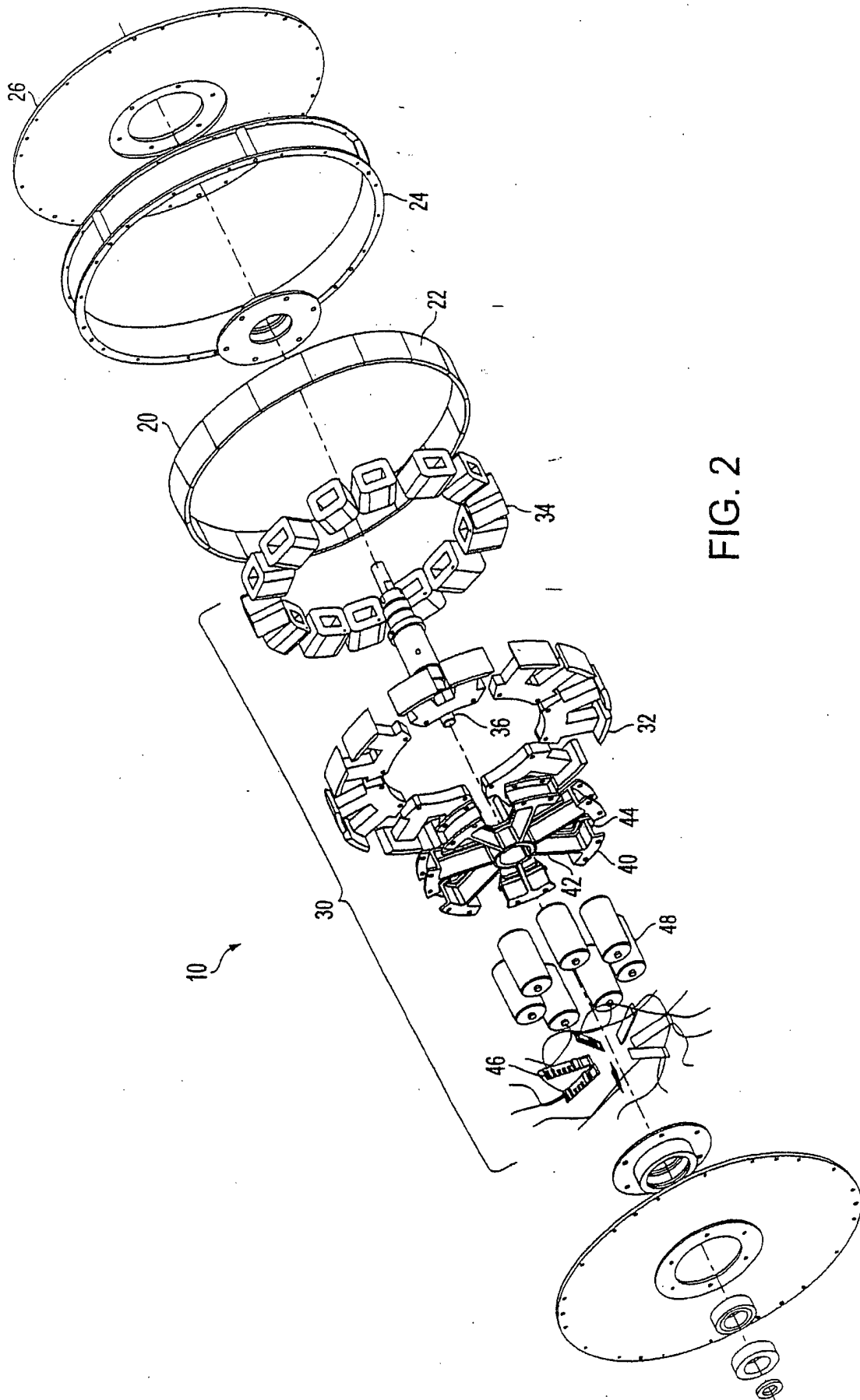


FIG. 2

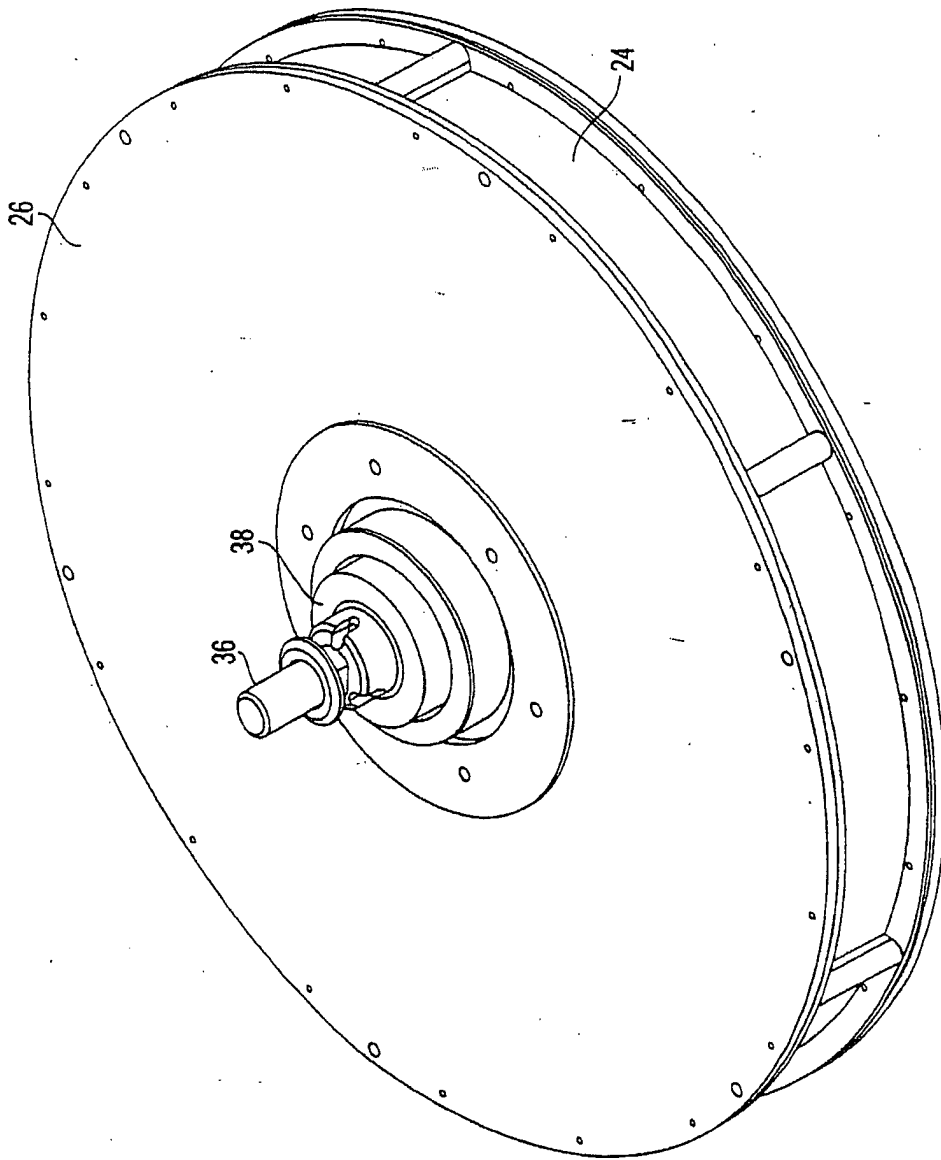


FIG. 3

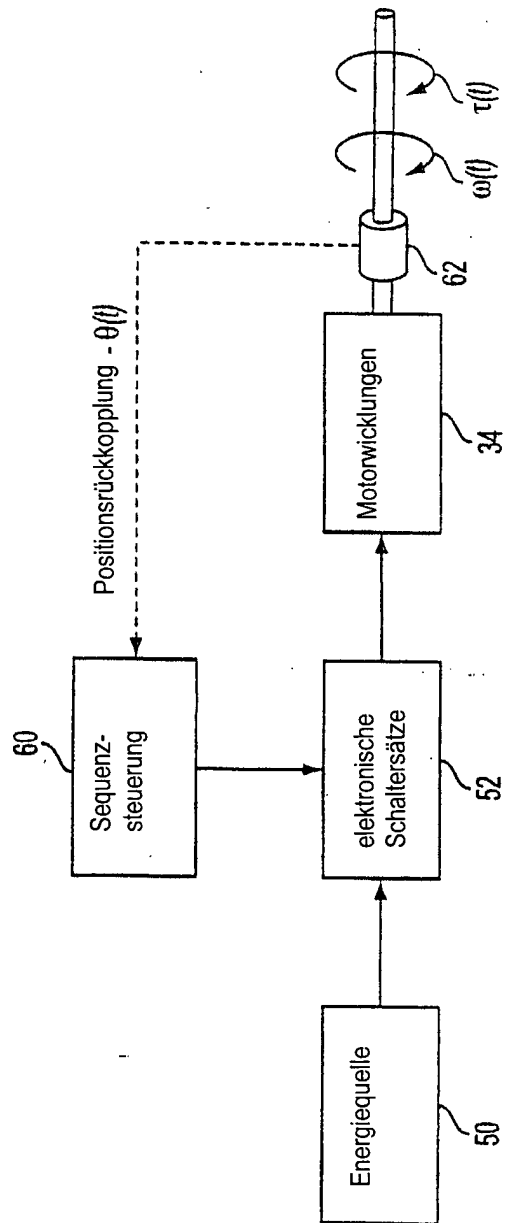


FIG. 4

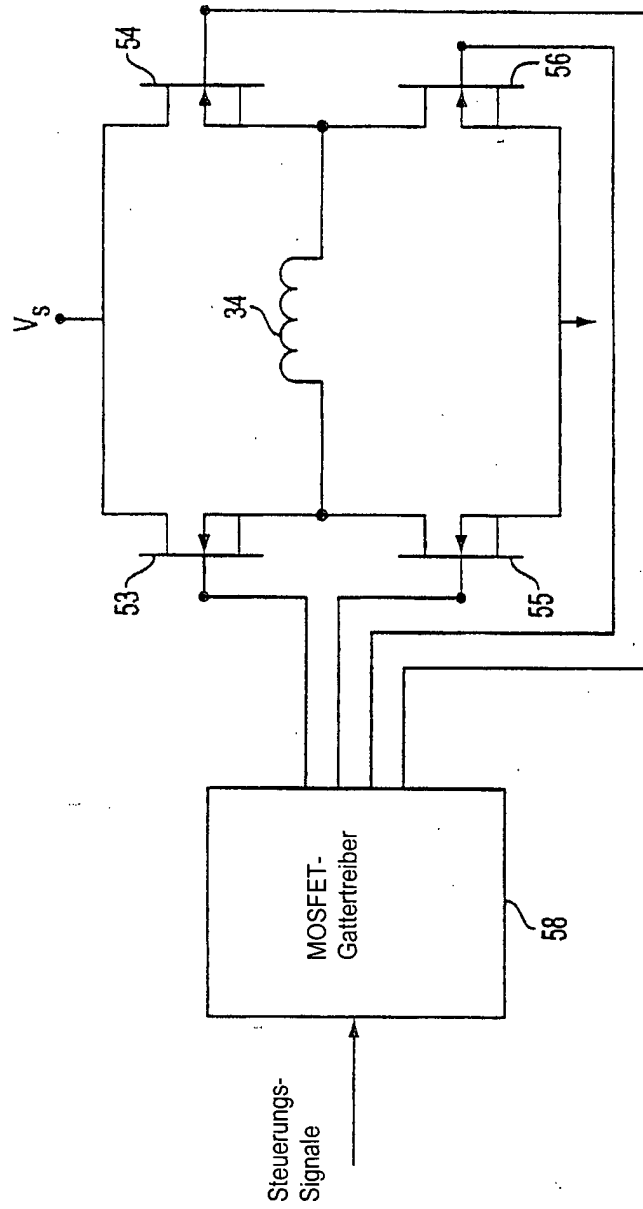


FIG. 5

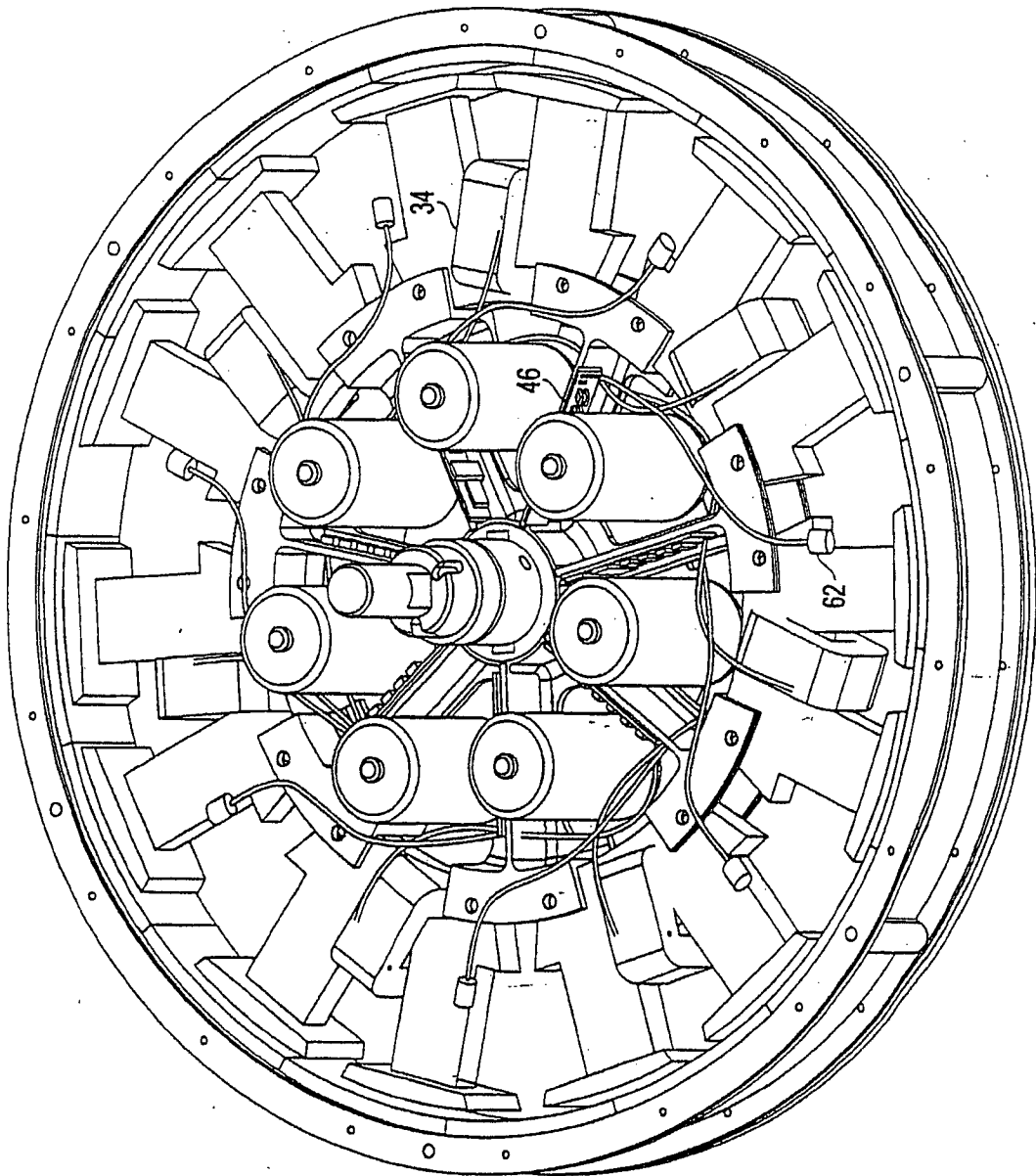


FIG. 6

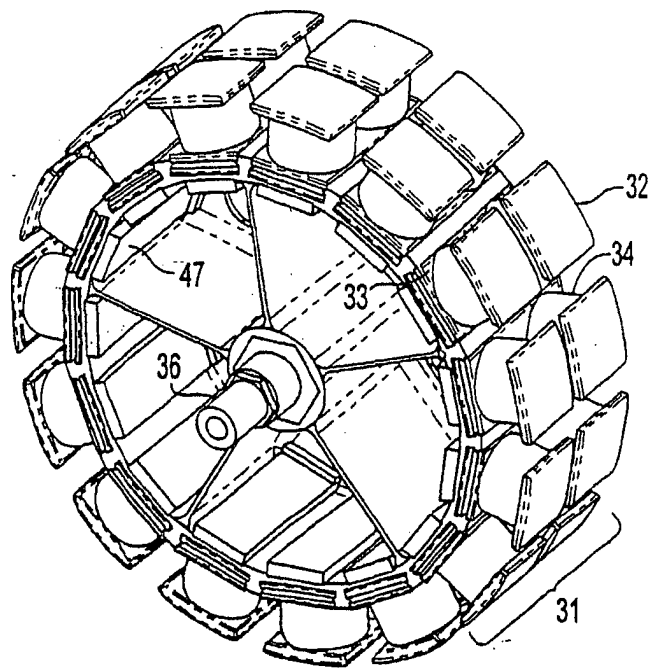


FIG. 7A

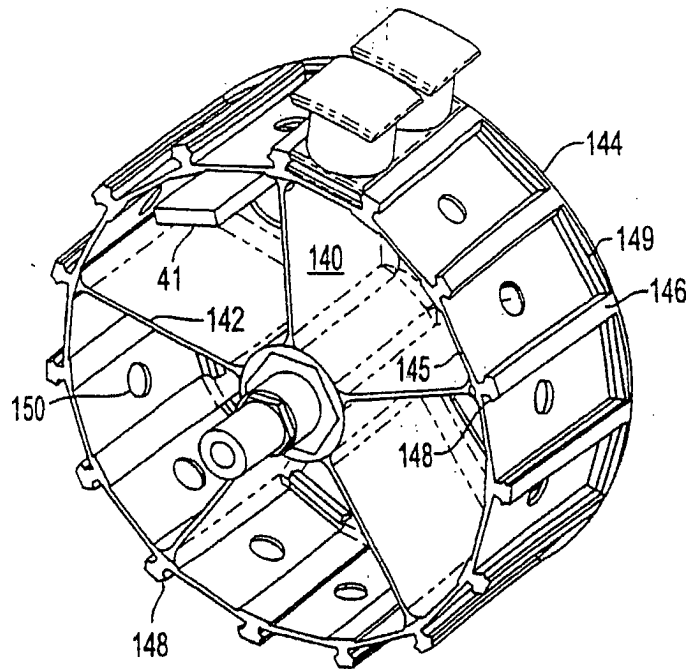


FIG. 7C

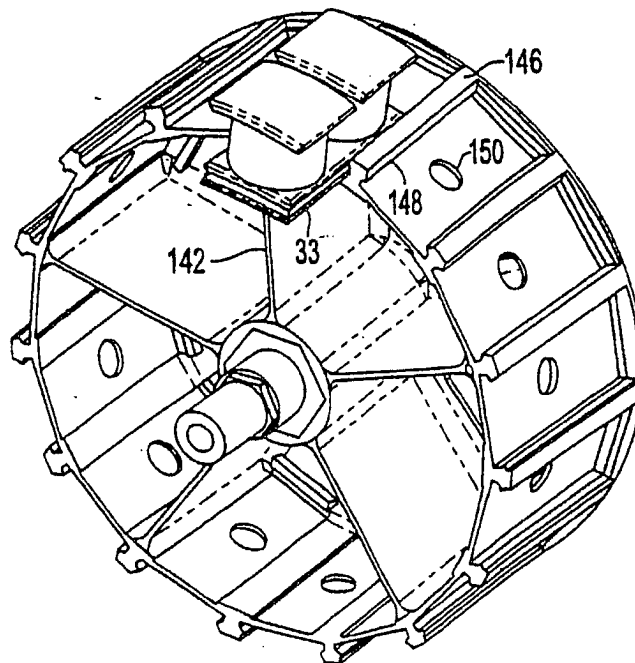


FIG. 7B