

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50561/2023
 (22) Anmeldetag: 14.07.2023
 (45) Veröffentlicht am: 15.05.2025

(51) Int. Cl.: H02K 21/02 (2006.01)
 H02K 1/274 (2022.01)
 H02K 16/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 EP 1971013 A1
 DE 102008044954 A1
 EP 2793368 A2
 US 2020044523 A1
 EP 2575243 A2
 US 2002117933 A1
 DE 102010002401 A1
 "Labyrinthdichtung", 2022. Wikipedia [online].
 [ermittelt am 5. Juni 2024]. Ermittelt von
 <<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Labyrinthdichtung&oldid=224226270>>

(73) Patentinhaber:
 AVL List GmbH
 8020 Graz (AT)

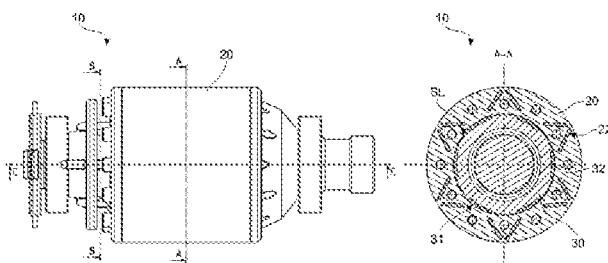
(72) Erfinder:
 Davydov Vitaly
 8301 Laßnitzhöhe (AT)
 Garcia de Madinabeitia Merino Iñigo
 8010 Graz (AT)
 Ahmed Mohamed Essam MSc.
 8020 Graz (AT)
 Fuckar Gernot Dipl.-Ing. (FH)
 8045 Graz (AT)

(74) Vertreter:
 Hartinger Mario Dipl.-Ing.
 8020 Graz (AT)

(54) Rotorvorrichtung für einen Elektromotor

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rotorvorrichtung (10) für einen Elektromotor (100), aufweisend einen Hauptrotor (20) mit einem umlaufend angeordneten Magnetpaket (22) zur Ausbildung eines mehrpoligen Magnetfelds an einem Primär-Luftspalt (PL) zu einer Statorvorrichtung (110) des Elektromotors (100), wobei innerhalb des Magnetpakets (22) der Hauptrotor (20) einen Hohlraum (24) aufweist, in welchem ein Stellrotor (30) angeordnet ist, welcher zwischen wenigstens zwei Stellpositionen (SP1, SP2, SP3) rotierbar am Hauptrotor (20) gelagert ist, weiter aufweisend einen Stellaktor (40), der kraftübertragend mit dem Stellrotor (30) verbunden ist für eine Erzeugung einer Stellkraft (SK) zur Bewegung des Stellrotors (30) zwischen den unterschiedlichen Stellpositionen (SP1, SP2, SP3), wobei weiter der Stellrotor (30) Stellmagnete (32) aufweist, welche in Abhängigkeit der eingenommenen Stellposition (SP1, SP2, SP3) über einen Sekundär-Luftspalt (SL) mit dem Magnetpaket (22) des Hauptrotors (20) magnetisch zusammenwirken und einen magnetischen Fluss (MF) des mehrpoligen Magnetfelds am Primär-Luftspalt (PL) beeinflussen, wobei der Stellaktor (40) über ein Stellgetriebe (50)

mit dem Stellrotor (30) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellgetriebe (50) einen Sperrmechanismus (52), für ein Sperren des Stellrotors (30) in wenigstens einer eingenommenen Stellposition (SP1, SP2, SP3) aufweisen und als selbstsperrendes Getriebe ausgebildet ist und der Stellaktor (40) am Hauptrotor (20), zumindest teilweise innerhalb des Hohlraums (24) des Hauptrotors (20), befestigt ist.



Beschreibung

ROTORVORRICHTUNG FÜR EINEN ELEKTROMOTOR

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rotorvorrichtung für einen Elektromotor, einen Elektromotor mit einer solchen Rotorvorrichtung sowie ein Kontrollverfahren für eine variable Kontrolle eines magnetischen Flusses eines solchen Elektromotors.

[0002] Es ist bekannt, dass Elektromotoren hinsichtlich der benötigten Leistung unterschiedlich konstruiert werden müssen. Die Leistung eines Elektromotors hängt dabei insbesondere von den magnetischen Komponenten und den sich auf dieser Basis einstellenden magnetischen Verhältnissen ab. So wird üblicherweise bei Elektromotoren eine Rotorvorrichtung innerhalb einer Statorvorrichtung gelagert, wobei die Rotorvorrichtung eine Vielzahl von Magneten in einem Magnetpaket aufweist. Um diese Rotorvorrichtung zu rotieren, ist üblicherweise eine Statorvorrichtung den Hauptrotor umgebend angeordnet, um ein rotierendes Magnetfeld zu erzeugen und den Hauptrotor in eine Rotationsbewegung zu versetzen.

[0003] Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass eine nachträgliche Veränderung der magnetischen Verhältnisse am Hauptrotor nicht oder nur sehr aufwendig möglich ist. Sobald die Magnetpakete hinsichtlich ihrer Größe, Orientierung und ihrer magnetischen Wirkung am Hauptrotor platziert und der Hauptrotor innerhalb des Stators montiert worden ist, ist keine nachträgliche Veränderung des Magnetfelds mehr möglich. Zwar ist es grundsätzlich, wie beispielsweise aus den Dokumenten EP 1971013 A1, DE 102008044954 A1 oder EP 2793368 A2, bekannt Stellmagnete in einen Hauptrotor zu integrieren, wobei diese Stellmagnete unterschiedliche Relativpositionen einnehmen können. Dies erlaubt jedoch ausschließlich ein manuelles Einflusnehmen auf die Relation zwischen diesen Stellmagneten und den Magnetpaketen. Ein variables Verändern und insbesondere eine kontrollierte Variation während des rotierenden Betriebs des Elektromotors ist auch mit bekannten Lösungen von manuell verstellbaren Stellmagneten nicht möglich.

[0004] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehenden Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine flexible Variabilität für den magnetischen Fluss in einer Rotorvorrichtung eines Elektromotors zu ermöglichen.

[0005] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Rotorvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, einen Elektromotor mit den Merkmalen des Anspruchs 14 sowie ein Kontrollverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Elektromotor sowie dem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0006] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen eine Rotorvorrichtung für einen Elektromotor mit einem Hauptrotor mit umlaufend angeordnetem Magnetpaket auszustatten zur Ausbildung eines mehrpoligen Magnetfelds an einem Primär-Luftspalt zu einer Statorvorrichtung des Elektromotors. Eine solche Rotorvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass innerhalb des Magnetpakets der Hauptrotor einen Hohlraum aufweist. In diesem Hohlraum ist ein Stellrotor angeordnet, welcher zwischen wenigstens zwei Stellpositionen rotierbar am Hauptrotor gelagert ist. Weiter ist ein Stellaktor vorgesehen, welcher kraftübertragend mit dem Stellrotor verbunden ist für eine Erzeugung einer Stellkraft zur Bewegung des Stellrotors zwischen den unterschiedlichen Stellpositionen. Weiter weist der Stellrotor Stellmagnete auf, welche in Abhängigkeit der eigennommenen Stellposition über einen Sekundär-Luftspalt mit dem Magnetpaket des Hauptrotors magnetisch zusammenwirken und einen magnetischen Fluss des mehrpoligen Magnetfelds am Primär-Luftspalt beeinflussen.

[0007] Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht darauf, dass sich Magnetfelder von Permanentmagneten gegenseitig beeinflussen können. Auf dieser Basis ist bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Rotorvorrichtung eine relative Veränderbarkeit der Anordnung der unterschiedlichen Magnete zueinander vorgesehen. So ist das Magnetpaket am Hauptrotor dafür gedacht, das grundsätzliche mehrpolige Magnetfeld zur Verfügung zu stellen, um in bekannter Weise einem von einer Statorvorrichtung erzeugten rotierenden Magnetfeld zu folgen. Die Stellmagnete wiederum sind Teil des Stellrotors und stehen über einen Sekundär-Luftspalt in magnetischem Austausch mit den Primärmagneten. Wie dies später noch erläutert wird, kann nun je nach eingenommener Relativposition das von dem jeweiligen Stellmagnet erzeugte Magnetfeld das Magnetfeld des zugehörigen Magnetpaketes am Hauptrotor verstärken oder abschwächen oder frei von einer Beeinflussung belassen. Mit anderen Worten können sich nun diese Magnetfelder so überlagern, dass sie einer Verstärkung oder einer Verschwächung dienen. Um nun eine Stellbarkeit dieser Verstärkung oder Verschwächung des mehrpoligen Magnetfelds am Primär-Luftspalt zu gewährleisten, ist bei der erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung konstruktiv eine flexible Änderung einer Relativposition dieser Magnete zueinander möglich.

[0008] So ist der Hauptrotor mit einem Hohlraum ausgestattet, in welchem der Stellrotor angeordnet ist. Auch der Stellrotor ist bewegbar, insbesondere rotierbar, zum Beispiel mittels der später noch erläuterten koaxialen Rotationsachsen von Hauptrotor und Stellrotor. Wird nun durch den Stellrotor eine erste Stellposition eingenommen, so erfolgt eine Einnahme einer Relativposition zwischen den Stellmagneten des Stellrotors und dem Magnetpaket des Hauptrotors. In dieser ersten Stellposition wird diese Relativposition eine definierte und eindeutige magnetische Wechselwirkung zwischen dem Magnetpaket einerseits und dem Stellmagneten andererseits aufweisen. Um diese magnetische Wechselwirkung zu verändern, kann nun der Stellrotor relativ zum Hauptrotor bewegt werden, insbesondere in rotierender Weise. Sobald der Stellrotor eine andere Stellposition eingenommen hat, insbesondere eine zweite Stellposition, bei welcher die Stellmagnete hinsichtlich ihrer magnetischen Wechselwirkung eine andere Relativposition zu dem Magnetpaket des Hauptrotors aufweisen, ergibt sich auch eine veränderte Beeinflussung des Hauptmagnetfelds am Hauptrotor.

[0009] Dadurch, dass nun in erfindungsgemäßer Weise der Stellrotor in unterschiedliche Stellpositionen bewegt werden kann, hat diese mechanische Verstellung durch die Relativveränderung der Positionen der Stellmagnete zum Magnetpaket eine magnetische Verstellung zur Folge. Dies führt also dazu, dass eine Bewegung des Stellrotors in unterschiedliche Stellpositionen zu unterschiedlichen magnetischen Wechselwirkungen zwischen den Stellmagneten und dem Magnetpaket des Hauptrotors führt. Diese unterschiedlichen magnetischen Wechselwirkungen wiederum erzeugen einen unterschiedlichen magnetischen Fluss am mehrpoligen Magnetfeld des Primär-Luftspalts. Mit anderen Worten wird es nun möglich, durch die konstruktive Integration des Stellrotors in den Hohlraum des Hauptrotors eine mechanische Verstellung und damit eine kontrollierte Variationsmöglichkeit zur Verfügung zu stellen für den magnetischen Fluss am mehrpoligen Magnetfeld am Primär-Luftspalt der Rotorvorrichtung.

[0010] Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht dabei darauf, dass der Stellrotor einen Teil des Hauptrotors darstellt und insbesondere mit dem Hauptrotor mitrotiert. Daher ist der Stellrotor auch innerhalb des Hohlraums des Hauptrotors in diesen integriert und nicht separat von dem Hauptrotor angeordnet. Um die Relativpositionierbarkeit trotz gemeinsamer Rotation mit dem Hauptrotor zu gewährleisten, ist der Stellrotor in der Rotierbarkeit am Hauptrotor und nicht etwa an feststehenden Bauteilen des Elektromotors gelagert. Mit anderen Worten rotiert der Stellrotor bei einer eingenommenen Stellposition mit der gleichen Rotationsgeschwindigkeit wie auch der Hauptrotor mit demselben mit. Sofern eine Veränderung des magnetischen Flusses gewünscht ist, muss der Stellrotor in eine andere Stellposition bewegt werden. Nur für diese Stellbewegung ändert sich die absolute Rotationsgeschwindigkeit des Stellrotors und weicht von der absoluten Rotationsgeschwindigkeit des Hauptrotors ab. Wie später noch erläutert wird, ist dabei insbesondere, zum Beispiel mit Hilfe eines Sperrmechanismus, eine kraftübertragende Mitrotation zwischen Stellrotor und Hauptrotor möglich. Dies erlaubt es ausschließlich dann eine aktive Stellkraft in den Stellrotor einzubringen, wenn tatsächlich eine Veränderung der Stellposition gewünscht

wird.

[0011] Es ist noch darauf hinzuweisen, dass bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellrotor selbstverständlich auch mehr als die wenigstens zwei unterschiedlichen Stellpositionen einnehmen kann. Auch ist es für die erfindungsgemäße Funktion unerheblich, ob es sich bei den Stellpositionen um Endpositionen, definierte Zwischenpositionen oder aber um frei einnehmbare und dementsprechend kontinuierlich veränderbare Stellpositionen handelt.

[0012] Die Stellmagnete wie auch das Magnetpaket können bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung zum Beispiel aus ferromagnetischem Material gestaltet sein oder ein solches aufweisen. Das Magnetpaket des Hauptrotors kann auch als Magnetstack oder Magnetstapel bezeichnet werden und zum Beispiel scheibenweise geschichtete Einzelmagneten aufweisen.

[0013] Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellrotor frei oder im Wesentlichen frei im Hohlraum angeordnet ist, um eine Vielzahl vordefinierter und/oder freier Stellpositionen einnehmen zu können. Diese freie Lagerung kann dabei zum Beispiel frei um einen definierten Bewegungsbereich, beispielsweise 360° oder weniger sein. Auch eine vollständige freie Lagerung ohne Endanschläge ist selbstverständlich denkbar. Die einzelnen Stellpositionen können dabei mittels Rastpositionen vordefiniert sein oder ebenfalls frei einnehmbar sein. Rastpositionen können zum Beispiel als Teil der Lagervorrichtung, aber auch als Teil eines später noch erläuterten Stellgetriebes, insbesondere eines Sperrmechanismus sein. Je größer die Freiheit hinsichtlich der Einnahme unterschiedliche Stellpositionen ist, umso genauer und variabler ist die Verstellbarkeit des magnetischen Flusses gegeben. Je feiner vordefinierte Rastpositionen zueinander beabstandet sind, umso feiner können auch unterschiedliche Beeinflussungsgrade für den magnetischen Fluss am mehrpoligen Magnetfeld des Primär-Luftspalts ausgebildet sein.

[0014] Darüber hinaus kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor über ein Stellgetriebe mit dem Stellrotor verbunden ist. Ein solches Stellgetriebe kann zum Beispiel ein Planetengetriebe, ein zykloidisches Getriebe, ein harmonisches Getriebe oder ein andersartiges Getriebe sein. Ein solches Stellgetriebe hat insbesondere den Vorteil, dass aufgrund der sehr geringen notwendigen Stellbewegungen zwischen den Stellpositionen, üblicherweise im Bereich zwischen 0 Grad und 60° trotzdem eine relativ hohe Kraft zur Verfügung gestellt werden kann, welche als Stellkraft dient. Je nach Betriebssituation kann die notwendige Stellkraft dabei der Antriebskraft der Rotorvorrichtung im Elektromotor selbst entsprechen oder zumindest teilweise entsprechen. Mit anderen Worten wird bei starken Elektromotoren, wie sie beispielsweise für den Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden, eine entsprechend ebenfalls große Stellkraft benötigt. Dadurch, dass die Stellbewegung selbst eine sehr kurze Relativrotation, wie erläutert zum Beispiel im Bereich zwischen 0 Grad und 60°, darstellt, kann mit Hilfe eines Übersetzungsgtriebes die hohe Kraft auch mit einem relativ kleinen Stellaktor zur Verfügung gestellt werden. Die Umsetzung kann dabei insbesondere durch eine Untersetzung um den Faktor 100 bis 300 zur Verfügung gestellt werden. Der Stellaktor selbst ist insbesondere als kleiner Elektromotor ausgebildet, wie er ebenfalls später noch näher erläutert wird.

[0015] Es kann vorteilhaft sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung das Stellgetriebe wenigstens eine der folgenden Ausführungsformen aufweist:

- Planetengetriebe, insbesondere Wolfrom-Planetengetriebe
- Harmonischer Antrieb
- Zykloider Antrieb

[0016] Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch unterschiedliche Getriebeformen miteinander kombiniert sein. Besonders bevorzugt eine Getriebeform mit einer selbstsperrenden Ausbildung, wie diese später noch näher erläutert wird.

[0017] Auch von Vorteil ist es, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung das Stellgetriebe einen Abdichtabschnitt, insbesondere einen labyrinthartigen Abdichtabschnitt, aufweist für

ein Abdichten des Stellgetriebes gegen einen unerwünschten Austritt von Schmiermittel. Beispielsweise kann aufgrund der durch die Betriebsweise und damit konstruktionsbedingt zu Erwartenden Kraftverhältnisse der Zentrifugalkräfte eine verschleißarme Labyrinthabdichtung gewährleistet werden.

[0018] Ein weiterer Vorteil ist erzielbar, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellrotor, der Stellaktor und/oder ein Stellgetriebe, insbesondere zwischen dem Stellrotor und dem Stellaktor, einen Sperrmechanismus aufweisen, für ein sperren des Stellrotors in wenigstens einer eingenommenen Stellposition, insbesondere in mechanischer Weise. Wie bereits erläutert worden ist, rotiert der Stellrotor beim Betrieb des Elektromotors gemeinsam mit dem Hauptrotor mit gleicher Rotationsgeschwindigkeit. Um sicherzustellen, dass während dieser Mitrotation der Stellrotor die eingenommene Stellposition als Relativposition zum Hauptrotor nicht verlässt, kann der Sperrmechanismus eine sperrende Funktion zur Verfügung stellen. Zwar wäre es grundsätzlich auch möglich, den Stellrotor gemeinsam mit dem Hauptrotor separat von diesem mit gleicher Rotationsgeschwindigkeit anzutreiben, jedoch würde dies einen deutlich erhöhten Energieaufwand mit sich bringen. Insbesondere mechanische Sperrmechanismen können damit kostengünstig und einfach eine Mitrotation erlauben, solange die Stellposition eingehalten werden soll. Solche Sperrmechanismen können zum Beispiel Rastelemente, Klinkenelemente oder Ähnliches aufweisen. Dabei können auch selbsthemmende Stellgetriebe, beispielsweise Planetengetriebe oder Schneckengetriebe verwendet werden, um eine solche Sperrfunktionalität zur Verfügung zu stellen. Sobald der Stellaktor mit seiner Stellaktion durch die Übergabe der Stellkraft seine Bewegung beendet hat, sperrt dieser Sperrmechanismus nun gegen eine Bewegung des Stellrotors, welche diese eingenommene Stellposition verlassen würde und sichert damit die eingenommene Stellposition. Eine weitere Möglichkeit der Ausbildung des Sperrmechanismus ist die Integration in den Stellaktor, zum Beispiel durch die Ausbildung als Motor mit einem passiven Haltemoment. So ist es möglich einen Schrittmotor einzusetzen, welcher das Haltemoment als magnetisches Haltemoment aufweist. Alternativ oder zusätzlich ist es auch denkbar, dass der Sperrmechanismus als mechanisches Sperrmittel auf den Stellrotor einwirkt. So kann eine Federvorrichtung zum Beispiel den Stellrotor mit einer axialen Federkraft beaufschlagen und den Stellrotor gegen ein Fixierelement drücken, um die Rotation zu sperren. Insbesondere kann hier das induzierte Magnetfeld beim Betrieb des Stellrotors verwendet werden, um durch die axiale Komponente der Magnetkraft die Federvorrichtung zu entlasten und den Stellrotor vom Fixierelement zu lösen. Vorzugsweise ist die Federvorrichtung mit der Federkraft entgegengesetzt zu dem durch die Aktivierung des Stellrotors induzierten Magnetfeld ausgerichtet. Zusätzlich oder alternativ ist auch eine Integration einer mechanischen Bremsvorrichtung am Stellrotor als Sperrmechanismus denkbar. Eine solche Bremsvorrichtung ist insbesondere auf der axial entgegengesetzten Seite zu einem Stellgetriebe am Stellrotor angeordnet.

[0019] Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor über ein Stellgetriebe mit dem Stellrotor verbunden ist, wobei das Stellgetriebe als selbstsperrendes Getriebe ausgebildet ist für eine Ausbildung eines Sperrmechanismus. Bei dieser Ausbildung handelt es sich um eine bevorzugte Variante, da die Sperrfunktion und die Getriebefunktion in einer gemeinsamen Baugruppe integriert sind. So kann hier durch die selbstsperrende Ausgestaltung des Stellgetriebes diese Sperrfunktion in das Getriebe integriert zur Verfügung gestellt werden ohne zusätzliche Bauteile oder zusätzlichen Bauraum zu benötigen.

[0020] Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor über eine Aktorwelle mit dem Stellrotor verbunden ist, wobei die Aktorwelle einen mechanischen Ausgleichsabschnitt zum Ausgleich eines Drehmoments zwischen dem Stellaktor und dem Stellrotor aufweist. Ein solcher Ausgleichsabschnitt kann zum Beispiel ein Teil der Aktorwelle mit reduziertem Wellen-Querschnitt sein, sodass ein solcher Drehmomentausgleich durch eine Torsion oder Teiltorsion dieser Aktorwelle im Ausgleichsabschnitt gewährleistet wird. Insbesondere dann, wenn hohe Fliehkräfte oder Stellunterschiede berücksichtigt werden müssen, kann eine so ausgebildete Aktorwelle mit der Ausgleichsmöglichkeit solche Stellunterschiede ausgleichen und insbesondere bei Vibrationen unterbinden und Beschädigungen am Stellaktor und/oder am Stellrotor vermeiden oder zumindest die Wahrscheinlichkeit des Auftre-

tens reduzieren. Mit anderen Worten weist der mechanische Ausgleichsabschnitt einen mechanischen Wirkmechanismus auf für einen Ausgleich von Drehmomentunterschieden, insbesondere zur Vermeidung von mechanischen Beschädigungen einzelner Komponenten des Stellrotors.

[0021] Darüber hinaus kann es von Vorteil sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor außerhalb des Hohlraums des Hauptrotors angeordnet ist und einen Befestigungsabschnitt aufweist für eine Befestigung an einem rotationsfesten Gegen-Befestigungsabschnitt des Elektromotors. Bei dieser Ausführungsform ist der Stellaktor also außerhalb der Rotorvorrichtung des Hauptrotors angeordnet und ist dabei vorzugsweise rotationsfrei und damit statisch angebracht. Jedoch ist es grundsätzlich auch möglich, dass der Gegen-Befestigungsabschnitt nicht rotationsfest, sondern als Teil oder als Anbindung an einen Flanschabschnitt des Hauptrotors ausgebildet ist. Die Anordnung des Stellaktors außerhalb des Hohlraums erlaubt einen besonders einfachen Zugang zu dem Aktor, insbesondere zur Wartung oder sogar zum Austausch des Stellaktors bei einem Defekt. Darüber hinaus führt dies dazu, dass der Hohlraum des Hauptrotors kleiner ausgeführt werden kann und entsprechend der Hauptrotor einen geringeren Durchmesser aufweist. Zwar verlängert sich die damit ausgebildete Rotorvorrichtung um die außerhalb des Hohlraums angeordnete Erstreckung des Stellaktors, jedoch kann hinsichtlich des Durchmessers eine kompaktere Bauweise erzielt werden.

[0022] Auch ist es möglich, dass bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor, der Stellrotor und/oder der Hauptrotor koaxial oder im Wesentlichen koaxial zueinander ausgerichtet sind. Damit wird insbesondere eine winkelige Übertragung von Kräften oder Rotationsbewegungen vermieden, für welche sonst zum Beispiel Kardangelenke oder ähnliche Umsatztriebe notwendig wären. Neben der Reduktion der Komplexität werden unerwünschte Unwuchten reduziert und die Kompaktheit der Bauform der gesamten Rotorvorrichtung deutlich verbessert. Alle Stellaktoren, der Stellaktor, der Stellrotor und der Hauptrotor weisen damit identische oder im Wesentlichen identische Rotationsachsen auf.

[0023] Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor am Hauptrotor befestigt ist, insbesondere zumindest teilweise innerhalb des Hohlraums des Hauptrotors. Darunter ist zu verstehen, dass der Stellaktor innerhalb des Hauptrotors mit diesem mitrotiert und damit eine erhöhte Masse des Hauptrotors einen besonders stabilen Lauf dieses Hauptrotors ermöglicht. Insbesondere durch die Integration in den Hohlraum des Hauptrotors wird es möglich, dass die Länge der Rotorvorrichtung reduziert wird und die Kompaktheit der Rotorvorrichtung sich verbessert. Dabei ist es in einem ersten Schritt unerheblich in welcher Weise die Energieübertragung auf einen solchen integrierten Stellaktor zur Verfügung gestellt wird. Als Beispiele seien hier Schleifringkontakte, induktive Übertragung von elektrischer Energie oder Ähnliches erwähnt.

[0024] Ebenfalls Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor wenigstens eine der folgenden Ausführungsformen aufweist:

- elektromagnetischer Induktionsmotor
- elektrischer Schrittmotor

[0025] Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Bevorzugt ist es also, wenn der Stellaktor als elektrischer Stellaktor ausgebildet ist. Ein elektromagnetischer Induktionsmotor ist dabei eine besondere vorteilhafte Möglichkeit. Insbesondere dann, wenn kein Sperrmechanismus, wie er weiter oben bereits erläutert worden ist, vorgesehen ist, kann ein elektrischer Schrittmotor, welcher also in der Lage ist, eine eingenommene Position lastfrei zu halten, Vorteile mit sich bringen. Mit anderen Worten kann auch der Stellaktor damit den Sperrmechanismus aufweisen, indem ohne Bestromung die jeweils eingenommene Relativposition vom Stellaktor fest eingehalten und damit für den Stellrotor vorgegeben wird.

[0026] Darüber hinaus bringt es Vorteile mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellaktor einen Übertragungsabschnitt für eine Übertragung einer Stellkraft zum Stellen des Stellrotors zwischen den Stellpositionen aufweist, wobei der Übertragungsabschnitt

insbesondere eine der folgenden Ausbildungen aufweist:

- Schleifringkontakte
- Rotationstransformator

[0027] Auch bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Um den Stellaktor mit der für die Erzeugung der Stellkraft notwendigen Energie zu versorgen kann hier eine externe und damit statische Energieversorgung vorgesehen werden. Diese unbewegte Energieversorgung stellt die notwendige Antriebsenergie, insbesondere in Form von elektrischem Strom dem Stellaktor für den Übertragungsabschnitt zur Verfügung.

[0028] Weiter von Vorteil kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Stellrotor, der Stellaktor und/oder der Hauptrotor eine Sensorvorrichtung aufweist mit wenigstens einem Sensorelement zur Erfassung wenigstens einer der folgenden Positionen:

- Stellposition des Stellrotors relativ zum Hauptrotor,
- absolute Rotationsposition des Hauptrotors,
- absolute Rotationsposition des Stellrotors.

[0029] Auch bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Auch sind Kombinationen unterschiedlicher Sensorelemente denkbar. Während grundsätzlich bereits das Vorsehen des Stellaktors alleine mit dem Stellrotor die gewünschte Funktionalität der Variation des magnetischen Flusses gewährleistet, kann eine solche Sensorvorrichtung eine Kontrollierbarkeit in Form einer Regelschleife zur Verfügung stellen. So wird nicht nur die Vorgabe einer Stellposition möglich, sondern über die Sensorelemente auch eine Überprüfung, ob die vorgegebene Stellposition als Ist-Stellposition auch tatsächlich eingenommen worden ist.

[0030] Ebenfalls kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung das Magnetpaket einzelne Magnete, insbesondere in V-Form aufweist, welche voneinander insbesondere elektrisch isoliert sind. Solche einzelnen Magnete, zum Beispiel in V-Form erlauben es in kostengünstiger und einfacher Weise das gewünschte mehrpolige Magnetfeld zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig konstruktiv eine besonders gute und einfache Beeinflussbarkeit durch die Stellmagnete zu gewährleisten. Dies geht insbesondere dann, wenn die Stellmagnete, wie dies im nachfolgenden Absatz erläutert wird, beispielsweise eine bogenförmige Erstreckung aufweisen.

[0031] So ist es von Vorteil, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung die Stellmagnete radial und/oder parallel ausgerichtet sind und insbesondere eine bogenförmige Erstreckung aufweisen. Die bogenförmige Erstreckung weist dabei einen Krümmungsradius auf, welcher etwas kleiner oder gleich dem Außenradius des Stellrotors ist, sodass die bogenförmigen Stellmagnete in den Außenradius und damit den Außenumfang des Stellrotors quasi integriert werden können. Dies kann direkt auf der Außenseite des Stellrotors, aber auch zumindest teilintegriert in das Material des Stellrotors erfolgen. Bevorzugt ist es, wenn solche bogenförmig ausgebildeten Stellmagnete mit entsprechend V-förmig auf die Rotationsachse hin geöffneten Magneten des Magnetpaketes kombiniert sind.

[0032] Ebenfalls ist es von Vorteil, wenn bei einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung der Hauptrotor Flanschabschnitte aufweist, insbesondere an beiden axialen Enden, welche aus einem nicht-ferromagnetischen Material ausgebildet sind. Bevorzugt sind diese Flanschabschnitte beidseitig nicht-ferromagnetisch ausgebildet, und bilden eine Flanschfunktion, wobei vorzugsweise ebenfalls nicht-ferromagnetische Bolzen eine Verspannung des Magnetpaketes des Hauptrotors zwischen diesen Flanschabschnitten zur Verfügung stellen. Diese Flanschabschnitte können auch Lagerelemente, Wälzlager oder zumindest Lagerflächen für die Anordnung von Wälzlagern aufweisen.

[0033] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Elektromotor, aufweisend eine Statorvorrichtung, innerhalb derer eine erfindungsgemäße Rotorvorrichtung angeordnet ist. Dabei bringt ein erfindungsgemäßer Elektromotor die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich

mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Rotorvorrichtung erläutert worden sind.

[0034] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Kontrollverfahren für eine variable Kontrolle eines magnetischen Flusses eines Elektromotors gemäß der vorliegenden Erfindung, aufweisend die folgenden Schritte:

- Einbringen einer Stellkraft mittels des Stellaktors in den Stellrotor,
- Bewegen des Stellrotors mittels der Stellkraft in eine Stellposition.

[0035] Auch ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren bringt damit die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Rotorvorrichtung sowie mit Bezug auf einen erfindungsgemäßen Elektromotor erläutert worden sind. Dabei können unterschiedliche Betriebssituationen des Elektromotors nun variabel verändert werden, indem durch Einnahme unterschiedlicher Stellpositionen unterschiedliche magnetische Flussvariationen erzeugt werden. Solche unterschiedlichen Betriebssituationen des Elektromotors können beispielsweise unterschiedliche Drehzahlsituationen, Lastsituationen oder Ähnliches sein. Wird beispielsweise ein Elektromotor für einen Antrieb eines Fahrzeugs eingesetzt, so wird bei Hochgeschwindigkeitsfahrten auf der Autobahn eine hohe Rotationsgeschwindigkeit gefordert. Für eine solche hohe Rotationsgeschwindigkeit des Hauptrotors sind andere magnetische Flusssituationen vorteilhaft als dies zum Beispiel bei einer Bergauffahrt mit geringer Rotationsgeschwindigkeit, aber hohem benötigten Drehmoment der Fall ist. Bei einem erfindungsgemäß ausgestatteten Elektromotor kann nun variabel auf solche unterschiedlichen Betriebssituationen reagiert werden und die Charakteristik des Elektromotors entsprechend an diese Betriebssituationen angepasst werden.

[0036] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

- [0037]** Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung in Teilansicht und schematischem Querschnitt,
- [0038]** Fig. 2 der Querschnitt der Figur 1 in einer ersten Stellposition des Stellrotors,
- [0039]** Fig. 3 der Querschnitt der Figur 2 in einer weiteren Stellposition des Stellrotors,
- [0040]** Fig. 4 der Querschnitt der Figuren 2 und 3 in einer weiteren Stellposition des Stellrotors,
- [0041]** Fig. 5 ein Längsschnitt durch eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung,
- [0042]** Fig. 6 ein Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung,
- [0043]** Fig. 7 ein weiterer Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung,
- [0044]** Fig. 8 eine Detaildarstellung einer erfindungsgemäßen Rotorvorrichtung,
- [0045]** Fig. 9 eine Ausführungsform eines Sperrmechanismus,
- [0046]** Fig. 10 eine weitere Ausführungsform eines Sperrmechanismus,
- [0047]** Fig. 11 einer weitere Ausführungsform eines Sperrmechanismus in Freigabeposition,
- [0048]** Fig. 12 die Ausführungsform der Figur 11 in Sperrposition.

[0049] Figur 1 zeigt schematisch eine Rotorvorrichtung 10, welche mit einem Hauptrotor 20 ausgestattet ist. Entlang der Linie A-A ist in der Figur 1 rechts ein Querschnitt dargestellt, in welchem gut die Relativpositionierung zwischen einem ringförmigen Abschnitt des Hauptrotors 20 und einem darin innerhalb angeordneten Stellrotor 30 zu erkennen ist. Der Stellrotor 30 ist rotierbar innerhalb des Hauptrotors 20 gelagert und weist Beeinflussungsabschnitte 31 in Form von Stellmagneten 32 auf. Die Stellmagnete 32 sind hier mit einer bogenförmigen Erstreckung umfangsseitig angeordnet und bringen damit eine magnetische Einflussmöglichkeit über den schematisch

zu erkennenden Sekundär-Luftspalt SL auf das Magnetpaket 22 des Hauptrotors 20. Das Magnetpaket 22 ist hier mit einer Vielzahl von V-förmigen Magnetpaaren ausgebildet, wobei diese Magnetpaare V-förmig hinsichtlich der Öffnung der V-Form auf die Rotationsachse des Hauptrotors 20 zugerichtet sind. Ebenfalls schematisch sind hier nicht-ferromagnetische Bolzen im Querschnitt zu erkennen, welche insbesondere in den Längsschnitten der Figuren 5, 6 und 7 noch näher dargestellt sind.

[0050] Die Figuren 2, 3 und 4 beschreiben die Funktionalität der Variationsmöglichkeit des magnetischen Flusses MF. In der Figur 2 ist eine erste Stellposition SP1, in der Figur 3 eine zweite Stellposition SP2 und in der Figur 4 eine dritte Stellposition SP3 dargestellt. Dabei handelt es sich immer um Relativpositionen des Stellrotors 30 zum Hauptrotor 20. Bei der Figur 1 kann diese Stellposition SP1 auch als 0° Position bezeichnet werden. Mit anderen Worten liegt die Verdrehung zwischen Stellrotor 30 und Hauptrotor 20 bei 0°. In dieser auch als Ausgangssituation beschreibbaren Stellposition SP1 sind mit dicken Pfeilen die Magnetfeldrichtungen der Stellmagnete 32 sowie der Magnetpakete 22 dargestellt. Hier ist gut zu erkennen, zum Beispiel am oberen rechten Ende der Figur 2, dass die Stellmagnete 32 mit ihrer Ausrichtung das von den Magnetpaket 22 jeweils erzeugte Magnetfeld unterstützen, da sie gleichgerichtet ausgerichtet sind. Dies führt dazu, dass der entstehende kombinierte magnetische Fluss MF, welcher sich durch die magnetische Wechselwirkung des Magnetfelds der Magnetpakete 22 und der gleichgerichteten Magnetfelder der Stellmagnete 32 einstellt, entsprechend verstärkt oder sogar maximiert wird.

[0051] Wird nun eine Reduktion des magnetischen Flusses MF gewünscht, so kann eine Verstellung der Relativposition des Stellrotors 30 erfolgen. Die Figur 3 zeigt eine solche Weiterrotierung in eine zweite Stellposition SP2, welche aus der 0° Position Figur 2 in eine 30° Position der Figur 3 weiter verstellt worden ist. In dieser zweiten Stellposition SP2 ist nun zu erkennen, dass zwar die Stellmagnete 32 weiterhin eine gewisse Gleichrichtung mit den Magnetfeldern des Magnetpaket 22 des Hauptrotors 20 aufweisen, jedoch nicht mehr in perfekter Wechselwirkung wie in der Stellposition SP1 der Figur 2. Dies führt dazu, dass in dieser Stellposition SP2 nun der magnetische Fluss MF, welcher aus der Wechselwirkung zwischen den Stellmagneten 32 und dem Magnetpaket 22 entsteht, geringer ist und damit reduziert. Dies ist in der Figur 3 durch die geringe Erstreckung des magnetischen Flusses MF zu erkennen.

[0052] In der Figur 4 ist nun die maximale Reduktion des magnetischen Flusses MF dargestellt. Diese dritte Stellposition SP3 kann auch als 60° Position bei dieser Konstruktionsweise bezeichnet werden, da hier nun die Stellmagnete 32 dem Magnetfeld des Magnetpaket 22 entgegengerichtet sind. Die entstehende Wechselwirkung führt also dazu, dass die Magnetfelder der Stellmagnete 32 eine maximale Abschwächung auf das Magnetfeld des Hauptrotors 20 und damit des Magnetpaket 22 zur Folge haben und, wie die Figur 4 zeigt, der magnetische Fluss MF als Resultat aus dieser magnetischen Wechselwirkung minimiert ist.

[0053] In der Figur 5 ist eine Antriebsmöglichkeit dargestellt, wie die Stellpositionen SP1, SP2, SP3 eingenommen werden können. Bei dieser dargestellten Variante handelt es sich um einen extern angeordneten Stellaktor 40, welcher zum Beispiel als elektrischer Motor ausgebildet sein kann. Der Stellaktor 40 kann über Befestigungsabschnitte 44 an einem Gegenbefestigungsabschnitt 144 des Elektromotors 100, aber auch an Teilen des Hauptrotors 20, hier nicht dargestellt, befestigt sein. Über eine Aktorwelle 42 kann die Stellkraft SK und die damit einhergehende Rotationsbewegung auf den Stellrotor 30 übertragen werden. Bei der Ausführungsform der Figur 5 erfolgt diese Übertragung nicht in direkter Weise, sondern mit Hilfe eines hier als Planetengetriebe ausgebildeten Stellgetriebes 50. Dieses als Planetengetriebe ausgebildete Stellgetriebe 50 erlaubt eine Untersetzung, sodass die relativ geringe Relativrotation, wie in den Figuren 2 bis 4 dargestellt zum Beispiel 0 bis 60°, nun mit einer hohen Kraft einhergehen kann. Da sich die notwendige Kraft für die Verstellung des Stellrotors insbesondere an der Antriebskraft in der jeweiligen Betriebssituation am Hauptrotor 20 orientiert, ist hiermit ein kleiner Stellaktor 40 trotzdem in der Lage, auch diese hohen Kräfte als Stellkräfte SK für die Bewegung des Stellrotors 30 zur Verfügung zu stellen.

[0054] Die Figur 5 zeigt auch die Relation der Anordnung des Hauptrotors 20 mit einem Primär-

Luftspalt PL zu der schematisch dargestellten Statorvorrichtung 110 des Elektromotors 100. Auch sind hier die beiden seitlichen Endflansche als Flanschabschnitte 26 des Hauptrotors 20 dargestellt, welche mit Hilfe nichtferromagnetischer Bolzen 28 eine Verspannung des Magnetpakets 22 zur Verfügung stellt. An diesen Flanschabschnitten 26 sind Wälzlagervorrichtungen im Hohlraum 24 zu erkennen, über welche sich der Stellrotor 30 rotatorisch gelagert am Hauptrotor 40 abstützt. Bei der Ausführungsform der Figur 5 ist noch gut zu erkennen, dass die Aktorwelle 42 einen Ausgleichsabschnitt 43 aufweist, welcher mit Hilfe eines reduzierten Querschnitts eine Torsionsfähigkeit zur Verfügung stellt. Dies erlaubt es, Stellgenauigkeiten und Vibrationen zwischen dem Stellrotor 30 und dem Stellaktor 40 auszugleichen oder zumindest teilweise zu entkoppeln.

[0055] Bei der Figur 6 handelt es sich um eine ähnliche Ausführungsform wie in der Figur 5, jedoch ist hier der Stellaktor 40 im Elektromotor 100 anders ausgebildet. Der Stellaktor 40 ist hier als Elektromotor in den Hauptrotor 40, insbesondere in einen Teil dieses Hauptrotors im Flanschabschnitt 26 integriert. Der elektromotorisch ausgebildete Stellaktor 40 weist wieder eine hier dicker ausgebildete Aktorwelle 42 auf, welcher über das Stellgetriebe 50 den Antrieb des Stellrotors 30 gewährleistet. Wie in der Figur 5 ist auch in der Figur 6 das Stellgetriebe 50 sperrend ausgebildet, sodass zum Beispiel mit dieser Hilfe ein Sperrmechanismus 52 in das Stellgetriebe 50 integriert ist. Dadurch, dass hier nun eine direkte Mitrotation auch des Stellaktors 40 gegeben sein muss, muss die Kraftübertragung beziehungsweise die Übertragung der elektrischen Energie zum Stellaktor 40 gelöst werden. Dies ist hier mit Hilfe von Schleifringen 47 als Teil eines Übertragungsabschnitts 46 gegeben. Mit diesen Schleifringkontakte 47 stehen schleifend kontaktierend die Gegen-Schleifringkontakte 147 des Gegen-Übertragungsabschnitts 146 in Kontakt, sodass hier bei vier separaten Schleifringkontakte 47 entsprechend eine elektrische Übertragung, insbesondere sogar auch eine Signalübertragung, stattfinden kann.

[0056] In der Figur 7 ist eine weitere alternative Ausführungsform dargestellt, bei welchem der Stellaktor 40 noch weiter sogar in den Hohlraum 24 des Hauptrotors 20 integriert ist. Auch hier erfolgt die Übertragung der Stellkraft SK wieder über eine Aktorwelle 42 und ein Stellgetriebe 50, wobei auch dieses Stellgetriebe wieder einen mechanischen Sperrmechanismus 52 aufweist. Durch die vollständige Integration des Stellaktors 40 auch in den Hohlraum 24 des Hauptrotors 20 wird eine weitere Verkürzung der Rotorvorrichtung 10 möglich. Bei dieser Ausführungsform erfolgt nun eine induktive Übertragung der Antriebsenergie zum Stellaktor 40, mit Hilfe einer Gegenspule 148 und einer nicht näher dargestellten Gegenspule 148 der Rotorvorrichtung 110. Auch ist hier schematisch eine Sensorvorrichtung 60 dargestellt, welche mit Hilfe eines Sensorselements 62 die Relativposition und/oder die Absolutposition des Stellrotors 30 erkennen kann. Diese Sensorvorrichtung 60 erfasst in der dargestellten Ausführung die absolute Position des Stellrotors 30. Zusätzlich kann die absolute Position des Hauptrotors 20 zum Beispiel durch einen sogenannten Resolver erfasst werden. Ein solcher ist in der Figur 7 ganz links (ohne Bezugszeichen) dargestellt. Eine Erfassung der relativen Position des Stellrotors 30 kann bei der abgebildeten Ausführungsform zum Beispiel indirekt aus den beiden absoluten Positionsangaben bestimmt werden. Alternativ zur dargestellten Ausführung kann auch ein Sensor auf dem Hauptrotor 20 angeordnet sein und (nicht dargestellt) mitrotieren. In einer solchen Ausführung erfolgt die Übertragung der Sensorsignale insbesondere berührungslos, kabellos und/oder per Schleifkontakt.

[0057] Die Figur 8 zeigt im Detail eine mögliche Abdichtung eines Stellgetriebes 50 mittels eines Abdichtabschnitts 54. Dieser ist hier labyrinthartig ausgebildet und dient dazu flüssiges und/oder viskoses Schmiermittel des Stellgetriebes 50 am unerwünschten Austreten zu hindern.

[0058] In den Figuren 9 bis 12 sind unterschiedliche Ausführungsformen eines Sperrmechanismus 52 dargestellt. Bei allen drei Ausführungsvarianten ist der Stellrotor 30 über ein Stellgetriebe 50, hier in Form eines Planetengetriebes, mit dem Hauptrotor verbunden, neben oder zusätzlich zu der bereits erläuterten Ausführung des Stellgetriebes 50 in selbsthemmender Weise sind hier verschiedene Sperrmechanismen dargestellt, welche unabhängig vom Stellgetriebe 50 ausgebildet sind.

[0059] Die Figur 9 zeigt eine magnetische Sperrwirkung. Hier ist der Stellaktor 40 mit dem Stellrotor 30 in magnetisch hemmender Weise ausgebildet, zum Beispiel in Form eines Schrittmotors. Sobald eine Stellbewegung abgeschlossen ist, bildet der Stellrotor 30 ein eigenständiges, magnetisches Haltemoment aus, wodurch die Sperrfunktion erzeugt wird. Ein Vorteil dieser Variante ist die automatische Sperrfunktion, da ohne Stellaktion vom Stellaktor 40 automatisch die Sperrwirkung eintritt.

[0060] Die Figur 10 zeigt eine Variante mit rein mechanischer Sperre. Auf der rechten Seite des Stellrotors 30 und damit entgegengesetzt zur Anordnung des Stellgetriebes 50, ist hier eine Bremsvorrichtung als Sperrmechanismus angeordnet. Hier kann aktiv die Sperrfunktion kontrolliert werden. Zwar muss eine aktive Kontrolle des Sperrens stattfinden, aber dafür kann die Bauweise des Stellrotors 30 und des Stellaktors 40 im Wesentlichen frei gewählt werden.

[0061] Die Figuren 11 und 12 zeigen eine Kombination aus mechanischer und magnetischer Wirkung. Mittels einer Federvorrichtung 51 wirkt der Stellrotor 30 mit einer Federkraft in Richtung seiner Rotationsachse beaufschlagt. Die Figur 12 zeigt diesen Zustand. Durch die Federkraft wird der Stellrotor 30 axial nach rechts bewegt, so dass Fixierelemente 53 auf der rechten Seite des Stellrotors 30 einrasten. Sobald eine Stellaktion erfolgen soll, erzeugt der Stellaktor 40 das für diese Stellbewegung notwendige Magnetfeld. Dieses Magnetfeld weist neben der rotatorischen Komponenten auch eine axial wirkende Komponente auf, welche als Magnetkraft der Federkraft entgegengerichtet ist. Damit hebt diese magnetische Axialkraft die Federkraft auf und schiebt den Stellrotor 30 aus der Position gemäß Figur 12 nach links in die Position gemäß Figur 1. Die Fixierelemente geraten dadurch außer Eingriff und die Sperrfunktion ist aufgehoben.

[0062] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

10 Rotorvorrichtung
20 Hauptrotor
22 Magnetpaket
24 Hohlraum
26 Flanschabschnitte
28 Bolzen
30 Stellrotor
31 Beeinflussungsabschnitt
32 Stellmagnet
40 Stellaktor
42 Aktorwelle
43 Ausgleichsabschnitt
44 Befestigungsabschnitt
46 Übertragungsabschnitt
47 Schleifringkontakt
48 Empfangsspule
50 Stellgetriebe
51 Federvorrichtung
52 Sperrmechanismus
53 Fixierelement
54 Abdichtabschnitt
60 Sensorvorrichtung
62 Sensorelement
100 Elektromotor
110 Statorvorrichtung
144 Gegen-Befestigungsabschnitt
146 Gegen-Übertragungsabschnitt
147 Gegen-Schleifringkontakt
148 Gegenspule

PL Primär-Luftspalt
SL Sekundär-Luftspalt
SP1 Stellposition
SP2 Stellposition
SP3 Stellposition
SK Stellkraft
MF Magnetische Flussdichte

Patentansprüche

1. Rotorvorrichtung (10) für einen Elektromotor (100), aufweisend einen Hauptrotor (20) mit einem umlaufend angeordneten Magnetpaket (22) zur Ausbildung eines mehrpoligen Magnetfelds an einem Primär-Luftspalt (PL) zu einer Statorvorrichtung (110) des Elektromotors (100), wobei innerhalb des Magnetpakets (22) der Hauptrotor (20) einen Hohlraum (24) aufweist, in welchem ein Stellrotor (30) angeordnet ist, welcher zwischen wenigstens zwei Stellpositionen (SP1, SP2, SP3) rotierbar am Hauptrotor (20) gelagert ist, weiter aufweisend einen Stellaktor (40), der kraftübertragend mit dem Stellrotor (30) verbunden ist für eine Erzeugung einer Stellkraft (SK) zur Bewegung des Stellrotors (30) zwischen den unterschiedlichen Stellpositionen (SP1, SP2, SP3), wobei weiter der Stellrotor (30) Stellmagnete (32) aufweist, welche in Abhängigkeit der eingenommenen Stellposition (SP1, SP2, SP3) über einen Sekundär-Luftspalt (SL) mit dem Magnetpaket (22) des Hauptrotors (20) magnetisch zusammenwirken und einen magnetischen Fluss (MF) des mehrpoligen Magnetfelds am Primär-Luftspalt (PL) beeinflussen, wobei der Stellaktor (40) über ein Stellgetriebe (50) mit dem Stellrotor (30) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stellgetriebe (50) einen Sperrmechanismus (52), für ein Sperren des Stellrotors (30) in wenigstens einer eingenommenen Stellposition (SP1, SP2, SP3) aufweisen und als selbstsperrendes Getriebe ausgebildet ist und der Stellaktor (40) am Hauptrotor (20), zumindest teilweise innerhalb des Hohlraums (24) des Hauptrotors (20), befestigt ist.
2. Rotorvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellrotor (30) frei oder im Wesentlichen frei im Hohlraum (24) gelagert ist, um eine Vielzahl vordefinierter und/oder freier Stellpositionen (SP1, SP2, SP3) einnehmen zu können.
3. Rotorvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stellgetriebe (50) einen Abdichtabschnitt (54), insbesondere einen labyrinthartigen Abdichtabschnitt (54), aufweist für ein Abdichten des Stellgetriebes (52) gegen einen unerwünschten Austritt von Schmiermittel.
4. Rotorvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellaktor (40) über eine Aktorwelle (42) mit dem Stellrotor (30) verbunden ist, wobei die Aktorwelle (42) einen mechanischen Ausgleichsabschnitt (43) zum Ausgleich eines Drehmoments zwischen dem Stellaktor (40) und dem Stellrotor (30) aufweist.
5. Rotorvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellaktor (40) außerhalb des Hohlraums (24) des Hauptrotors (20) angeordnet ist und einen Befestigungsabschnitt (44) aufweist für eine Befestigung an einem rotationsfesten Gegen-Befestigungsabschnitt (144) des Elektromotors (100).
6. Rotorvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellaktor (40) einen Übertragungsabschnitt (46) für eine Übertragung einer Stellkraft zum Stellen des Stellrotors (30) zwischen den Stellpositionen (SP1, SP2, SP3) aufweist, wobei der Übertragungsabschnitt (46) insbesondere eine der folgenden Ausbildungen aufweist:
 - Schleifringkontakte
 - Rotationstransformator
7. Rotorvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellrotor (30), der Stellaktor (40) und/oder der Hauptrotor (20) eine Sensorvorrichtung (60) aufweist mit wenigstens einem Sensorelement (62) zur Erfassung wenigstens einer der folgenden Positionen:
 - Stellposition des Stellrotors (30) relativ zum Hauptrotor (20)
 - Absolute Rotationsposition des Hauptrotors (20)
 - Absolute Rotationsposition des Stellrotors (30)

8. Rotorvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Magnetpaket (22) einzelne Magnete, insbesondere in V-Form, aufweist, welche voneinander insbesondere elektrisch isoliert sind.
9. Rotorvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellmagnete (32) radial und/oder parallel ausgerichtet sind und insbesondere eine bogenförmige Erstreckung aufweisen.
10. Elektromotor (100), aufweisend eine Statorvorrichtung (110) innerhalb derer eine Rotorvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9 angeordnet ist.
11. Kontrollverfahren für eine variable Kontrolle eines magnetischen Flusses eines Elektromotors (100) mit den Merkmalen des Anspruchs 10, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Einbringen einer Stellkraft (SK) mittels des Stellaktors (40) in den Stellrotor (30),
 - Bewegen des Stellrotors (30) mittels der Stellkraft (SK) in eine Stellposition (SP1, SP2, SP3).

Hierzu 8 Blatt Zeichnungen

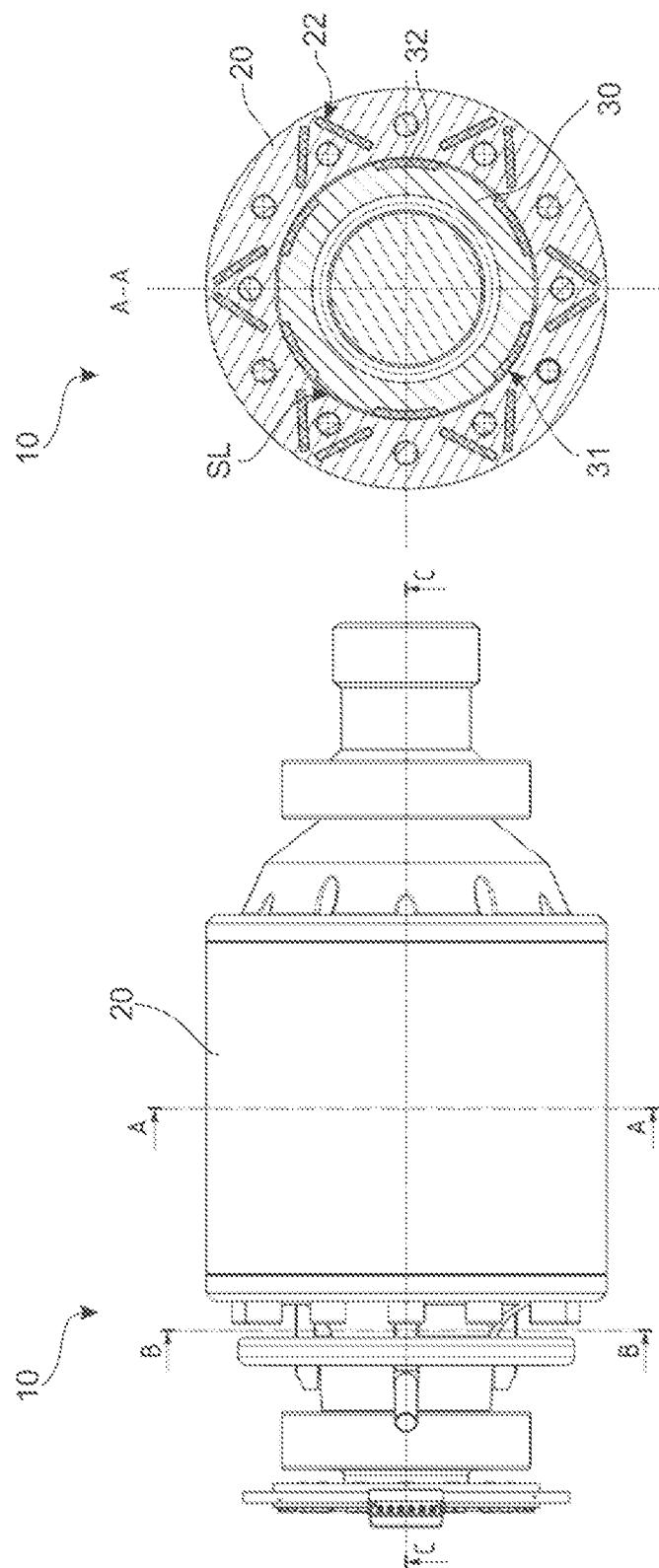


Fig. 1

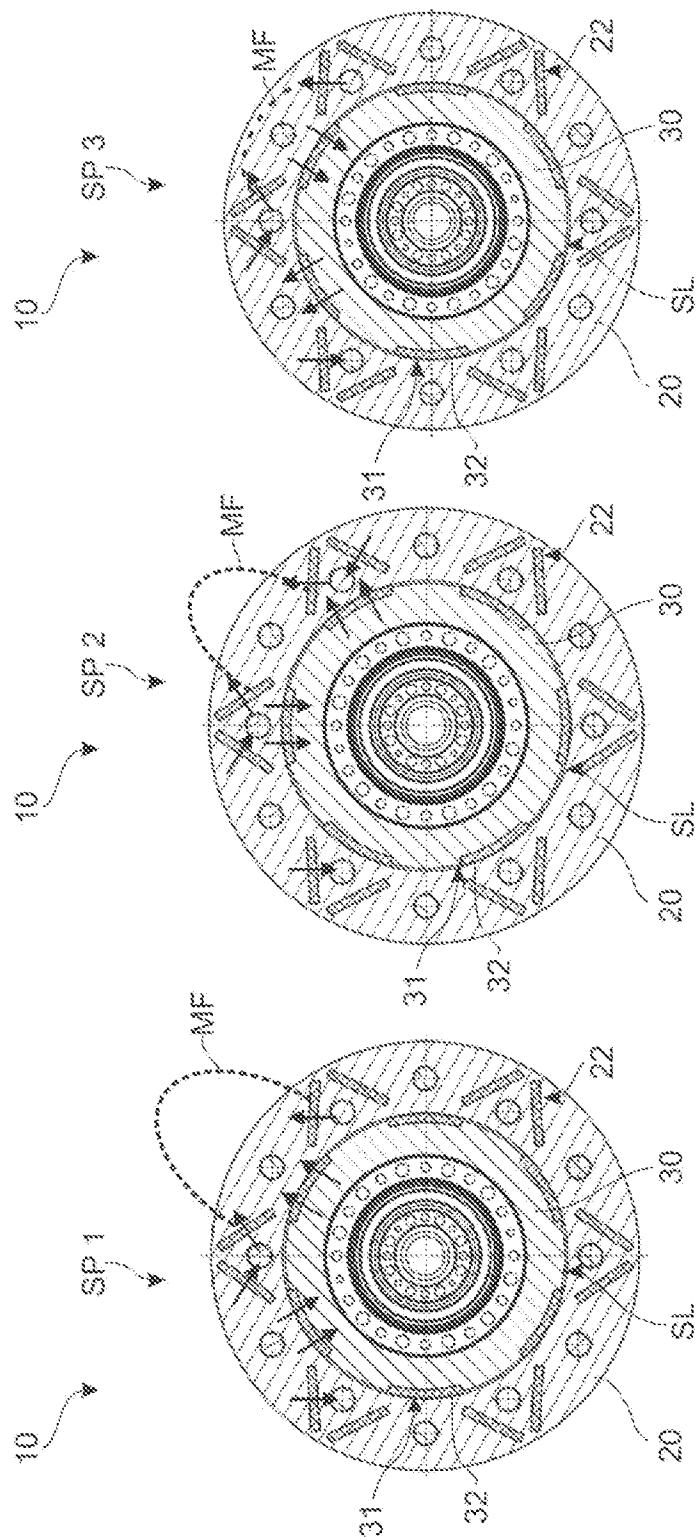


Fig. 4

Fig. 3

Fig. 2

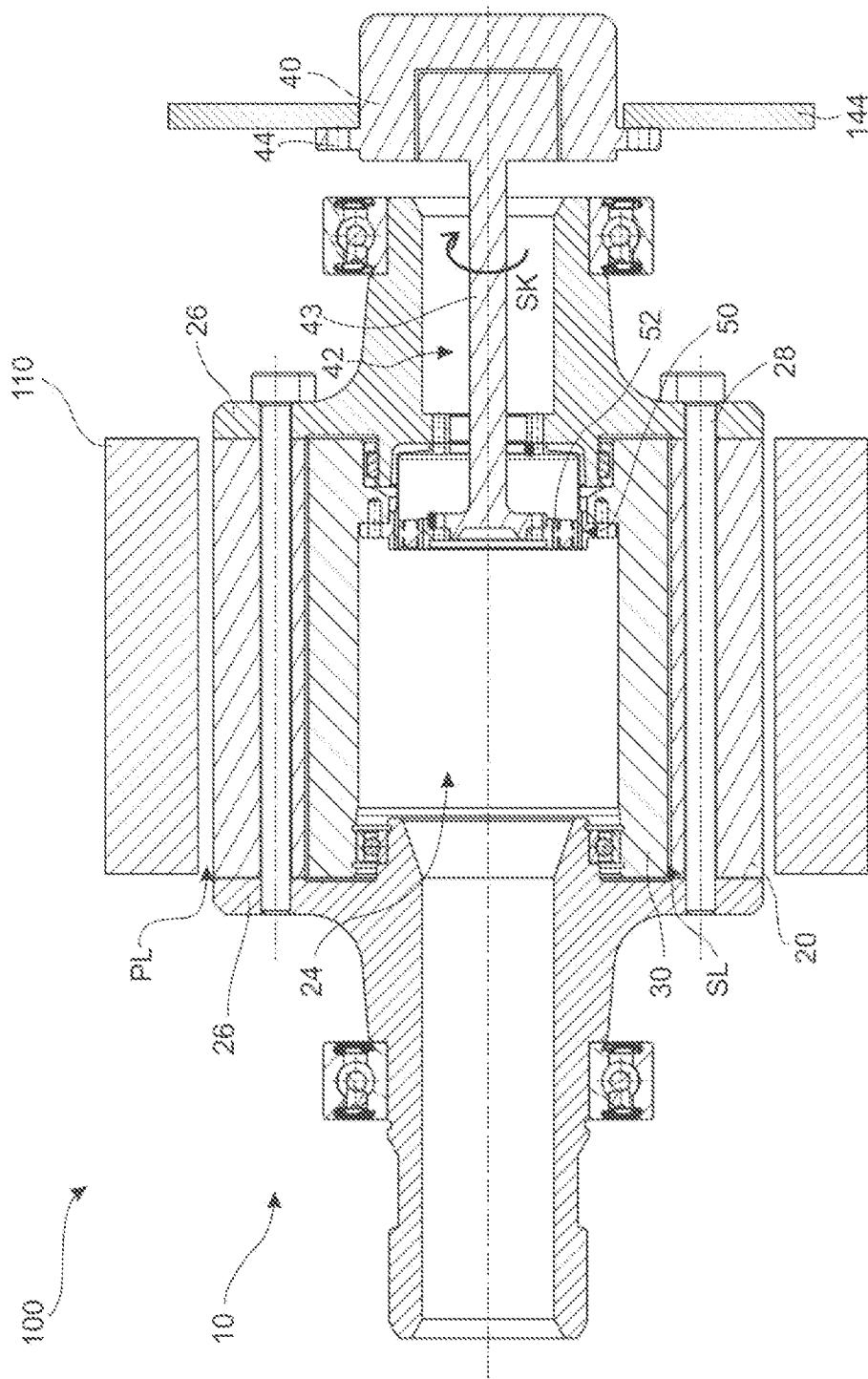


Fig. 5

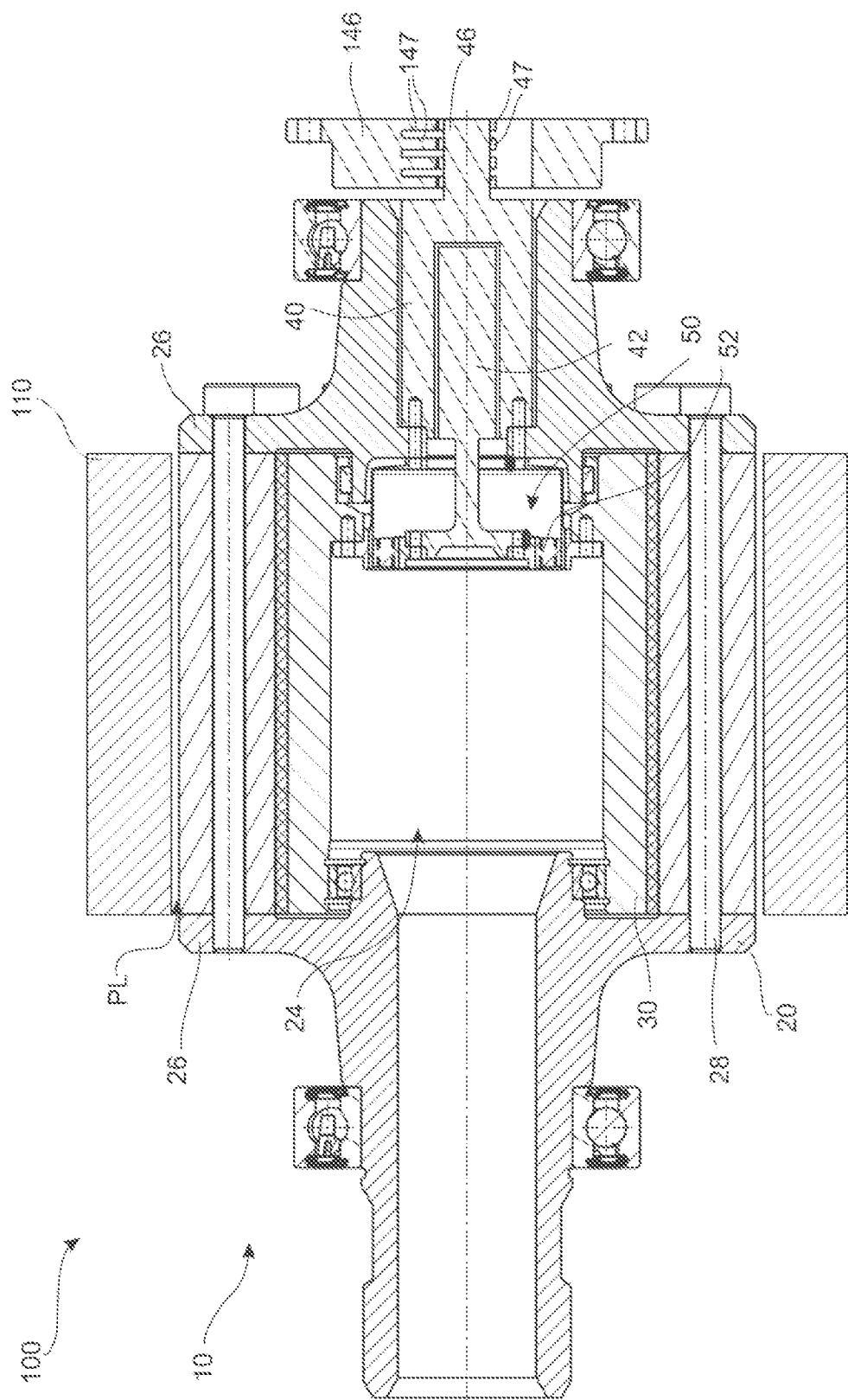


Fig. 6

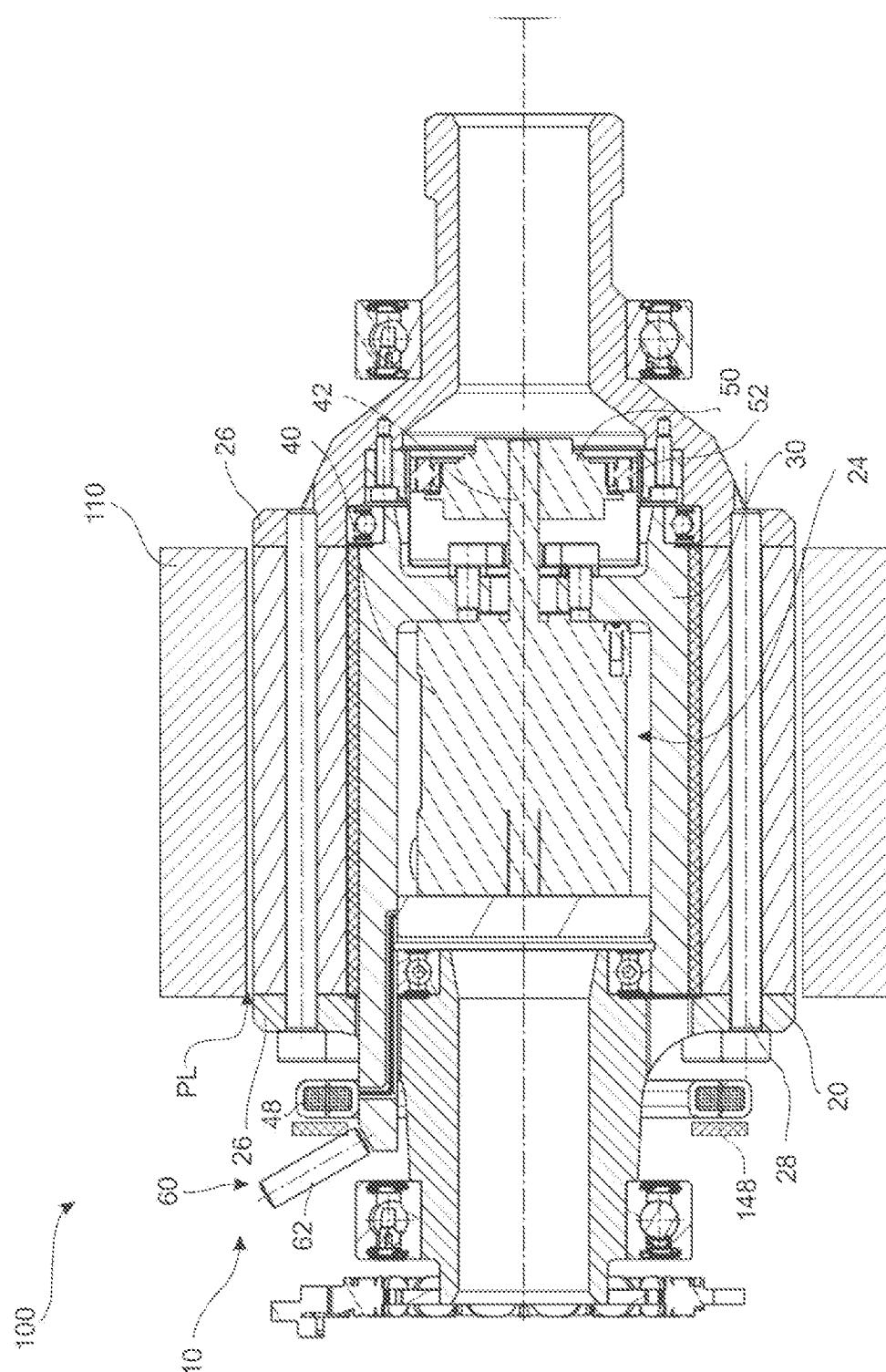


Fig. 7

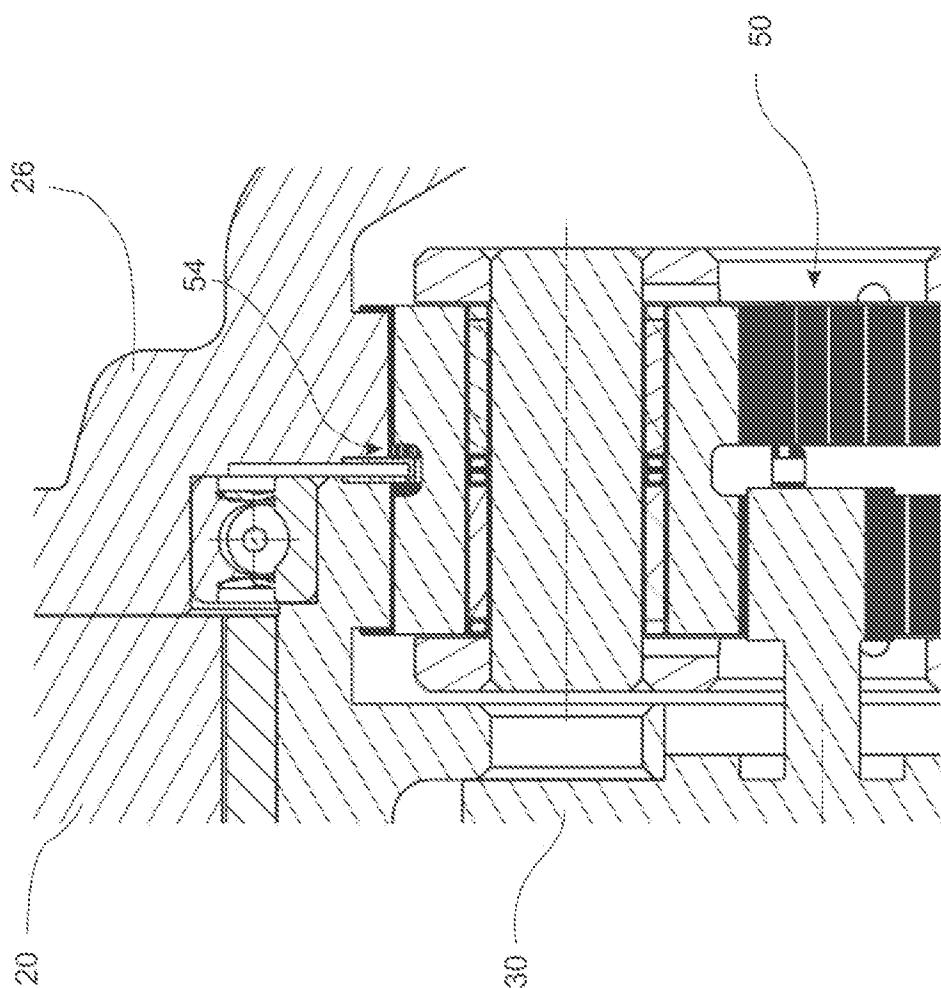


Fig. 8

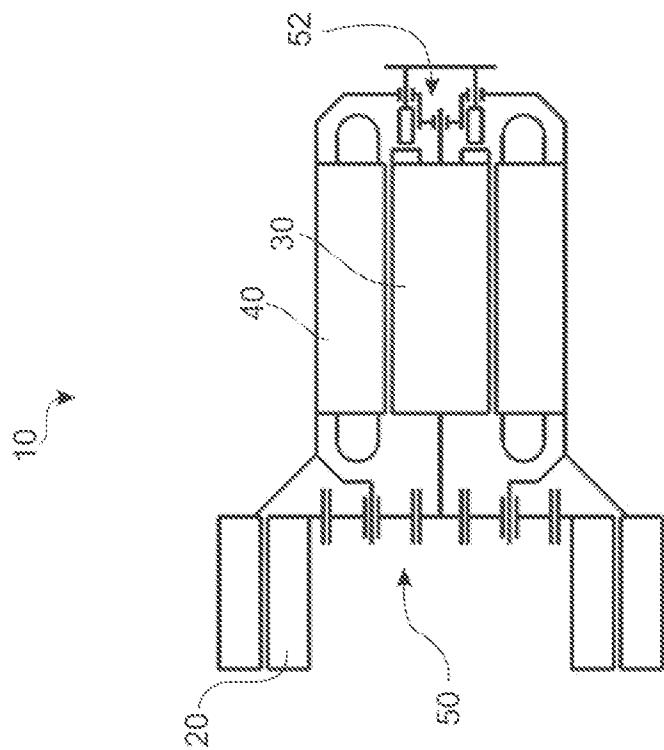


Fig. 10

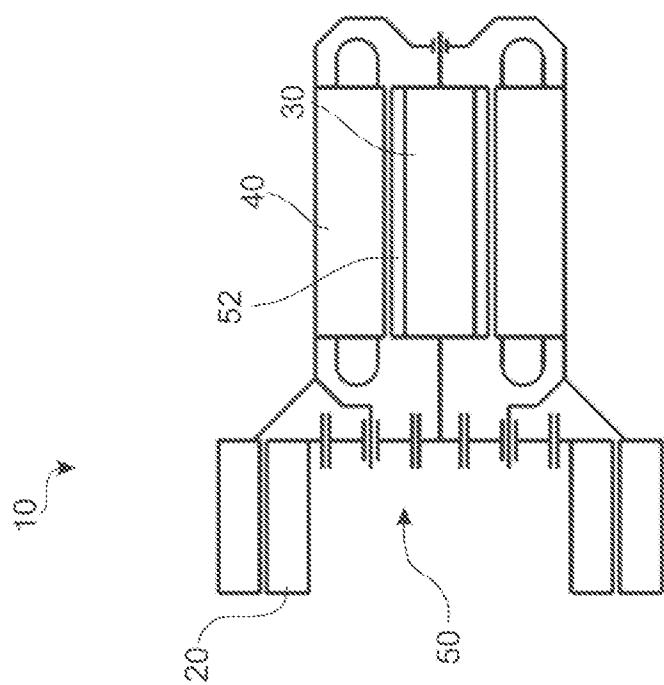


Fig. 9

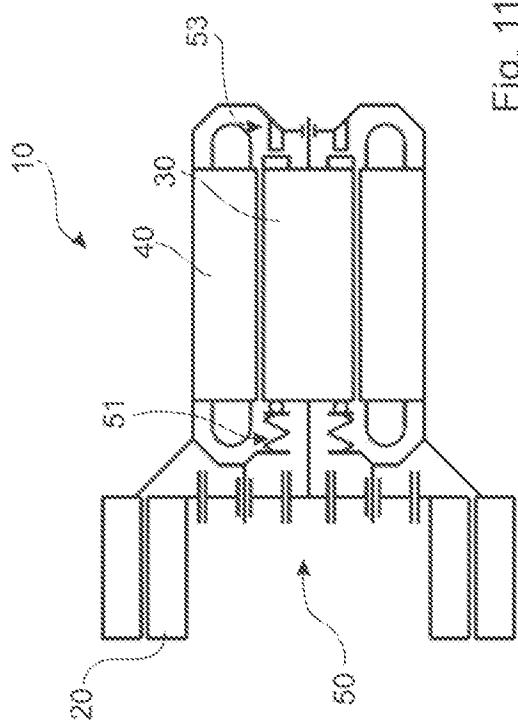


Fig. 11

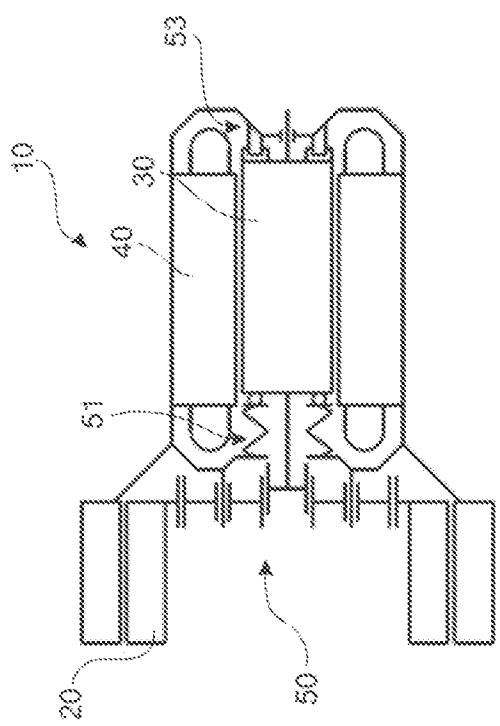


Fig. 12