



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 004 322 A1** 2006.08.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 004 322.4**

(22) Anmeldetag: **31.01.2005**

(43) Offenlegungstag: **03.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H02K 29/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

**Nipp, Eckhart, 77830 Bühlertal, DE; Feuerrohr, Lin,
77830 Bühlertal, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Rotorlageerkennung mittels Hallsensor und Flussleitelement**

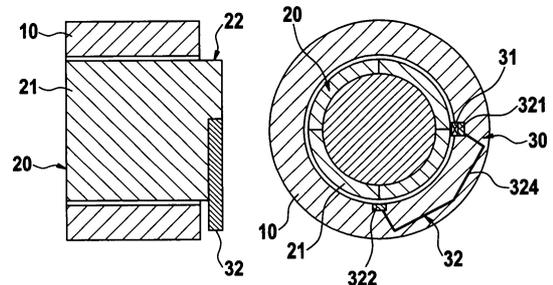
(57) Zusammenfassung: Es wird eine elektrische Maschine mit einem ruhenden und einem beweglichen Hauptelement (20, 10) beschrieben, die eine Sensorvorrichtung (30) zum Erfassen der relativen Lage des beweglichen Hauptelements (20) zum ruhenden Hauptelement (10) aufweist, wobei die Sensorvorrichtung (30) einen am beweglichen Hauptelement (20) angeordneten Gebermagneten (21') und ein magnetempfindliches Sensorelement (31) umfasst, das ortsfest zum ruhenden Hauptelement (10) in der Nähe des Gebermagneten (21') angeordnet ist,

wobei das Sensorelement (31) das Magnetfeld des Gebermagneten (21') abtastet und ein zur Bewegung des beweglichen Hauptelements (20) synchrones Messsignal erzeugt,

wobei die Sensorvorrichtung (30) ein aus einem ferromagnetischen Material bestehendes Flussleitelement (32) aufweist, das einen Rückschluss zur Führung des magnetischen Flusses zwischen zwei gegensinnigen Polen des Gebermagneten (21') bildet,

wobei das Flussleitelement (32) sich entlang des Gebermagneten (21') erstreckt und einen ersten und einen zweiten in der Nähe des Gebermagneten (21') angeordneten Polbereich (321, 322) sowie einen die beiden Polbereiche (321, 322) miteinander verbindenden Stegbereich (324) umfasst, der vom Gebermagneten (21') entfernt verläuft, und

wobei der erste Polbereich (321) an einer dem Gebermagneten (21') abgewandten Seite des Sensorelements (31) derart angeordnet ist, dass das durch das Flussleitelement (32) geleitete Magnetfeld das Sensorelement (31) mit einer erhöhten ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung mit einem Hallelement zum Erfassen der Position eines beweglichen Hauptelements relativ zu einem ruhenden Hauptelement einer elektrischen Maschine insbesondere der Rotorlage oder der Drehzahl einer rotierenden elektrischen Maschine.

[0002] In vielen Bereichen der Technik kommen elektrische Maschinen zum Einsatz. Die Vielzahl der bekannten elektrischen Maschinen lässt sich dabei je nach Einsatzzweck auf zwei Grundtypen zurückführen, nämlich Motoren und Generatoren. Während Motoren elektrische in mechanische Energie umwandelnden, wandeln Generatoren mechanische in elektrische Energie um. Dabei können Motoren grundsätzlich auch als Generatoren arbeiten und umgekehrt. Jede Maschine weist mindesten ein ruhendes und ein bewegliches Hauptelement auf, das bei rotierenden Maschinen als Stator bzw. Rotor bezeichnet wird. Die Drehmomentbildung geschieht überwiegend elektromagnetisch durch die Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im magnetischen Feld.

[0003] In zahlreichen rotierenden elektrischen Maschinen werden Sensorsysteme eingesetzt, die einen oder mehrere magnetempfindliche Sensorelemente, insbesondere Hallsensoren zur Erkennung von Rotorlage und/oder Drehzahl aufweisen. Anzutreffen sind diese in Maschinen beliebiger Bauart, wie z.B. Asynchronmaschinen, Synchronreluktanzmotoren und insbesondere in permanentmagneterregten (PM), elektronisch kommutierten (EC) Antrieben. Dies gilt ebenso für Linearantriebe, bei dem sich ein Läufer relativ zu einem Ständer bewegt.

[0004] Es werden sowohl lineare Hallelemente eingesetzt, als auch sogenannte Hallschalter. Ein analoges Hallelement besteht in der Regel aus einer magnetfeldempfindlichen Halbleiterplatte, durch die über zwei seitliche Stromanschlüsse ein Hallstrom durchgeleitet wird. Ferner hat diese Platte seitlich zwei Signalausgänge, an denen die sogenannte Hallspannung abgenommen werden kann, die von der Größe der den Hallsensor durchsetzenden magnetischen Flussdichte sowie der Größe des Hallstroms abhängt. Im Unterschied hierzu verfügt ein Hallschalter über einen digitalen Ausgang, dessen Zustand durch eine Schaltschwelle der magnetischen Flussdichte bestimmt wird. Letztere sind besonders vorteilhaft bei blockbestromten (blockkommuntierten, BLDC (brushless DC)) Motoren, da deren Ausgangssignale direkt zur Ansteuerung der elektronischen Leistungsstufe genutzt werden können. Dabei kommen entweder separate Gebermagnete auf der Rotorachse zum Einsatz, oder es wird das Feld der Hauptmagnete (Hauptfeld), die in erster Linie zur Erzeugung des Drehmoments dienen, abgetastet. Die Kombination von blockkommuntierten Permanentmagnet-Mo-

toren mit Hallschaltern, die das Hauptfeld abtasten, ist die bevorzugte Lösung bei kostengünstigen, bürstenlosen Kleinantrieben, die z. B. als Stellmotoren, Lüfter oder Pumpen für Kraftfahrzeuganwendungen, Office-Maschinen, Haushaltsgeräte, oder Elektrowerkzeuge dienen. Ferner werden auch mehrere Hallelemente nebeneinander eingesetzt, insbesondere bei mehrphasigen Maschinen, wie z.B. in [Fig. 3](#) gezeigt. Ebenso werden vergleichbare Konstruktionen für Außenläufermotoren genutzt. Dies ist in [Fig. 4](#) dargestellt.

[0005] Zur Abtastung des Hauptfelds werden die Hallelemente entweder in der Nutöffnung **11** untergebracht, wie z.B. in der [Fig. 5](#) gezeigt ist, oder es wird ein Hauptmagnet verwendet, der axial über das Statorpaket hinausragt, um dort den Sensor außerhalb des Stators anzuordnen. Dies ist z.B. in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt. Obwohl solche Anordnungen zunächst sehr praktikabel sind, treten gewisse Schwierigkeiten auf. So ist das Feld an der Stelle des Hallelements oft schwach, insbesondere wenn Magnete mit geringer Energiedichte eingesetzt werden. Weiterhin kann die Rotorlageerkennung durch Streufelder verfälscht werden, die z.B. durch die Ströme in den Statorwicklungen hervorgerufen werden. Solche Effekte, insbesondere in Kombination, können zu schlechter Performance des Antriebs führen.

Aufgabenstellung

[0006] Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, die Lageerkennung eines beweglichen Hauptteils einer elektrischen Maschine zu verbessern. Diese Aufgabe wird durch eine elektrische Maschine gemäß Anspruch 1 und eine Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 10 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den untergeordneten Ansprüchen angegeben.

[0007] Gemäß der Erfindung ist eine elektrische Maschine mit einem ruhenden und einem beweglichen Hauptelement vorgesehen, die eine Sensorvorrichtung zum Erfassen der relativen Lage des beweglichen Hauptelements in Bezug auf das ruhende Hauptelement aufweist. Die Sensorvorrichtung umfasst dabei ein magnetempfindliches Sensorelement, das ortsfest zum ruhenden Hauptelement in der Nähe eines am beweglichen Hauptelement angebrachten Gebermagneten angeordnet ist und sein Magnetfeld abtastet, wobei das Magnetfeld im Sensorelement ein zur Bewegung des beweglichen Hauptelements synchrones Messsignal erzeugt. Zur Erhöhung der das Sensorelement orthogonal durchsetzenden magnetischen Flusses ist vorgesehen, dass die Sensorvorrichtung ein Flussleitelement aufweist, das aus einem ferromagnetischen Material gebildet ist und das sich entlang des Gebermagneten erstreckt und dabei einen Rückschluss zur Führung des magnetischen Flusses zwischen zwei gegensein-

nigen Polen des Gebermagneten bildet. Das Flussleitelement umfasst dabei einen ersten und einen zweiten in der Nähe des Gebermagneten angeordneten Polbereich sowie einen die beiden Polbereiche miteinander verbindenden Stegbereich, der vom Gebermagneten entfernt verläuft, wobei der erste Polbereich an einer dem Gebermagneten abgewandten Seite des Sensorelements derart angeordnet ist, dass das durch das Flussleitelement geleitete Magnetfeld das Sensorelement mit einer hohen Flussdichte orthogonal durchsetzt. Vorteilhaft hierbei ist, dass durch die Anhebung der magnetischen Flussdichte am Ort des Sensors das Messsignal, insbesondere beim Durchgang eines Magnetpols stark angehoben wird. Hierdurch lässt sich der negative Einfluss von Störungen, wie sie insbesondere durch den Statorstreufeldfluss entstehen, auf das Messsignal minimieren. Das Passieren eines magnetischen Pols am Sensorelement wird somit besser detektierbar.

[0008] Kern der Erfindung ist also die Verstärkung der Rotorflussdichte am Ort des Hallelements und die dadurch erzielte Reduzierung des Einflusses von Störfeldern und toleranzbedingten Streuungen. Es lassen sich somit die Position des beweglichen Hauptteils, insbesondere die Rotorlage und damit die Kommutierungszeitpunkte genauer und sicherer erkennen, was z.B. die Performance eines Antriebs verbessert.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das bewegliche Hauptelement als Stator einer rotierenden Maschine ausgebildet sind. Der Rotor weist dabei einen zur Rotorachse rotationssymmetrischen Gebermagneten auf, der entlang seines Umfangs wenigstens ein gegensinniges Polpaar aufweist, dessen Magnetfeld im Sensorelement ein drehsynchrones Messsignal erzeugt. Dabei sind die Polbereiche des Flussleitelements im Wesentlichen eine Polteilung des Gebermagneten auseinander entlang des Umfangs des Gebermagneten angeordnet. Diese spezielle Anordnung der Polbereiche stellt sicher, dass sich der magnetische Kreis über das Flussleitelement schließen kann. Dabei entsteht beim Durchgang eines Pols am Sensorelement ein magnetischer Rückschluss mit einem unmittelbar benachbarten Gegenpol, so dass das im Flussleitelement geführte magnetische Feld am Ort des Sensors eine höhere magnetische Flussdichte aufweist.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist der Magnet entlang seines Umfangs wenigstens zwei gegensinnige Polpaare auf. Ferner weist das Flussleitelement einen weiteren Polbereich auf, der über einen weiteren Stegbereich mit dem ersten Polbereich verbunden ist. Die drei Polbereiche sind dabei entlang des Umfangs des Gebermagneten jeweils eine Polteilung auseinander an-

geordnet.

[0011] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das bewegliche Hauptelement als Rotor und das ruhende Hauptelement als Stator einer rotierenden Maschine ausgebildet sind, wobei der Gebermagnet als ein radial magnetisierter Ringmagnet ausgebildet ist und entlang seines Umfangs wenigstens zwei gegensinnige Polpaare aufweist, die im Sensorelement ein drehsynchrones Messsignal erzeugen. Dabei verläuft das Flussleitelement quer zur Bewegungsrichtung des Rotors und die beiden Polbereiche sind an der Außen- und Innenseite des Ringmagneten derart angeordnet, dass das Flussleitelement einen magnetischen Rückschluss zwischen der Außen- und der Innenseite des Ringmagneten bildet. Diese vorteilhafte Ausführungsform eignet sich besonders gut für Anordnungen, bei denen Hauptmagnete abgetastet werden, die als radial magnetisierte Ringmagnete ausgebildet sind, bei denen ein Pol auf der Außenseite und der korrespondierende Gegenpol auf der Innenseite des Ringmagneten angeordnet ist.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Ringmagnet ein Rotoreisen aufweist, über das der magnetische Rückschluss erfolgt, wobei der erste Polbereich an der Außenseite des Ringmagneten und der zweite Polbereich am Rotoreisen angeordnet ist. Hierdurch wird Vorteilhafterweise der magnetische Kreis über den Rotorückschluss geschlossen.

[0013] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der Gebermagnet ein das Drehmoment erzeugender Hauptmagnet des Rotors ist. Vorteilhaft dabei ist, dass kein zusätzlicher Gebermagnet notwendig ist.

[0014] Ferner sieht eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung vor, dass der Gebermagnet als ein separater Gebermagnet ausgebildet ist, der auf der Rotorachse zum Hauptmagneten axial verschoben angeordnet ist. Durch die Verwendung eines zusätzlichen Magneten, ist es möglich den Gebermagneten den Bedingungen des Sensorelements anzupassen. Hierdurch kann die Sensorvorrichtung optimiert werden.

[0015] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass das bewegliche Hauptelement als Läufer und das ruhende Hauptelement als Ständer eines Linearantriebs ausgebildet sind, wobei das Flussleitelement in Bewegungsrichtung des Läufers oder quer zur Bewegungsrichtung des Läufers angeordnet ist. Bei Linearantrieben ist die Bewegungsfreiheit konstruktionsbedingt eingeschränkt. Daher ist für eine gute Performance die Lagererkennung besonders wichtig. Sie wird durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Sensorsystems op-

timiert.

[0016] Schließlich sieht eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung vor, dass das magnetempfindliche Sensorelement als ein Hallelement ausgebildet ist. Mithilfe eines Hallelements lässt sich das veränderliche Magnetfeld des Gebermagneten besonders gut und zuverlässig erfassen. Ferner sind diese Halbleiterelemente günstig in der Herstellung.

[0017] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von schematischen Zeichnungen näher dargestellt. Es zeigen:

Ausführungsbeispiel

[0018] [Fig. 1](#) eine herkömmliche elektrische Maschine mit einem Hallelement und einem separaten Gebermagnet;

[0019] [Fig. 2](#) eine herkömmliche elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld des Rotors außerhalb des Statorpakets abtastenden Hallelement;

[0020] [Fig. 3](#) eine herkömmliche elektrische Maschine mit drei das Hauptfeld des Rotors außerhalb des Statorpakets abtastenden Hallelementen;

[0021] [Fig. 4](#) eine herkömmliche elektrische Außenläufermaschine mit einem das Hauptfeld des Rotors außerhalb des Statorpakets abtastenden Hallelement;

[0022] [Fig. 5](#) eine herkömmliche elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld des Rotors in einer Nutöffnung des Stators abtastenden Hallelement;

[0023] [Fig. 6](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld des Rotors außerhalb des Stators abtastenden Hallelement und einem Flussleitelement;

[0024] [Fig. 7](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld außerhalb des Stators abtastenden Hallelement und einem Flussleitelement zur Gegenseite des Magnets;

[0025] [Fig. 8](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld außerhalb des Stators abtastenden Hallelement und einem vom Statorstreufeld entfernten Flussleitelement;

[0026] [Fig. 9](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld außerhalb des Stators abtastenden Hallelement und einem vom Statorstreufeld entfernten und sich bis zu den Gegenpolen erstreckenden Flussleitelement;

[0027] [Fig. 9](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld außerhalb des

Stators abtastenden Hallelement und einem vom Statorstreufeld entfernten sich bis zu den Gegenpolen erstreckenden Flussleitelement;

[0028] [Fig. 10](#) den Verlauf der magnetischen Feldlinien mit und ohne des erfindungsgemäßen Flussleitelements;

[0029] [Fig. 11](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem das Hauptfeld außerhalb des Stators abtastenden Hallelement und einem Flussleitelement über den Rotorrückschluss zur Gegenseite des Magnets;

[0030] [Fig. 12](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit Abtastung des Hauptfelds in einer Nutöffnung mit einem Hallelement und einem Flussleitelement über den Rotorrückschluss zur Gegenseite des Magnets;

[0031] [Fig. 13](#) eine erfindungsgemäße elektrische Außenläufermaschine mit Abtastung des Hauptfelds außerhalb des Stators mit einem Hallelement und einem Flussleitelement;

[0032] [Fig. 14](#) eine erfindungsgemäße elektrische Außenläufermaschine mit Abtastung des Hauptfelds außerhalb des Stators mit einem Hallelement und einem Flussleitelement zur Gegenseite des Magnets;

[0033] [Fig. 15](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit Abtastung des Hauptfelds außerhalb des Stators mit drei Hall- und drei Flussleitelementen zur Gegenseite des Magnets;

[0034] [Fig. 16](#) eine erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einem Hall- und einem Flussleitelement und einem separaten Gebermagnet;

[0035] [Fig. 17](#) einen erfindungsgemäßen Motor mit Klauenpolstator, einem das Hauptfelds außerhalb des Stators abtastenden Hallelement und einem Flussleitelement;

[0036] In den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) wird zunächst der Stand der Technik erläutert.

[0037] Dabei zeigt [Fig. 1](#) zwei schematische Ansichten einer rotierenden elektrischen Maschine herkömmlicher Bauart, die hier beispielhaft als bürstenloser Gleichstrommotor ausgebildet ist. Die Maschine besteht im Wesentlichen aus einem den Stator bildenden ruhenden Hauptelement **10** (Primärteil) und einem den Rotor bildenden beweglichen Hauptelement **20** (Sekundärteil). Der Rotor **20** ist dabei um seine Achse **23** drehbar gelagert innerhalb des Stators **10** angeordnet.

[0038] Wie bei allen Elektromotoren der Fall, wird das gewünschte Drehmoment durch eine elektroma-

gnetische Wechselwirkung zwischen Rotor **20** und Stator **10** erzeugt. Hierzu weisen Rotor **20** und Stator **10** in der Regel Magneten auf, die je nach Bauart als Wicklungen oder als Permanentmagneten ausgebildet sein können.

[0039] Im vorliegenden Beispiel weist der Rotor **20** einen Hauptmagneten **21** auf, der als ein vierpoliger Ringmagnet ausgebildet ist. Insbesondere bei kleinen Synchronmaschinen wird als Hauptmagnet **21** ein Permanentmagnet eingesetzt, der mit einem magnetischen Drehfeld wechselwirkt, das durch spezielle Wicklungen auf der Innenseite des Stators **10** erzeugt wird (hier nicht gezeigt). Zur Erzeugung des Drehfelds werden die Statorwicklungen zeitlich versetzt angesteuert. Für eine gute Performance kommt es dabei auf den richtigen Kommutierungszeitpunkt für jede einzelne Statorwicklung an. Dieser hängt insbesondere von der Drehstellung bzw. der Drehgeschwindigkeit des Rotors **20** ab. Die Erkennung der Rotorlage und/oder der Rotordrehgeschwindigkeit erfolgt mithilfe einer Sensorvorrichtung **30**, die ein magnetempfindliches Sensorelement **31** und einen Gebermagneten **21'** aufweist. Der Gebermagnet **21'** ist in [Fig. 1](#) als ein separater 8-poliger Ringmagnet ausgebildet, der abseits des Hauptmagneten **21** auf der Rotorachse **23** angeordnet ist. Als magnetempfindliches Sensorelement **31** wird ein Hallsensor verwendet, der in der unmittelbaren Nähe des Gebermagneten **21'** derart angeordnet ist, dass das magnetische Feld den Hallsensor **31** möglichst orthogonal durchsetzt. Die Sensorvorrichtung **30** liefert ein dreh-synchrones Messsignal, anhand dessen sich die richtigen Kommutierungszeitpunkte bestimmen lassen. Das Messsignal ist dabei am größten, wenn ein Pol des Gebermagneten **21'** sich direkt am Hallsensor **31** vorbei bewegt.

[0040] [Fig. 2](#) zeigt ein weiteres Beispiel eines permanenterregten, elektronisch kommutierten Antriebs gemäß dem Stand der Technik. Im unterschied zur [Fig. 1](#) ist hier kein separater Gebermagnet vorgesehen. Vielmehr tastet das Sensorelement **31** das magnetische Feld des als Gebermagnet **21'** dienenden Hauptmagneten **21** ab. Der Hauptmagnet **21** ist dabei als ein vierpoliger Ringmagnet **21** mit einem Rotoreisen **24** ausgebildet und weist einen geringen axialen Überstand **22** gegenüber dem Stator **10** auf, wobei der Hallsensor **31** am axialen Überstand **22** außerhalb des Stators **10** angeordnet ist.

[0041] [Fig. 3](#) zeigt ein weiteres Beispiel einer herkömmlichen elektrischen Maschine mit drei Hallsensoren **31** zu Erfassung der Rotorlage. Die entlang des Umfangs des Hauptmagneten angeordneten Hallsensoren **31** tasten das Hauptfeld analog zur [Fig. 2](#) am axialen Überstand **22** des Hauptmagneten **21** außerhalb des Stators **10** ab.

[0042] Bei dem in der [Fig. 4](#) gezeigten herkömmli-

chen Außenläufermotor läuft der Rotor **20** um einen feststehenden Stator **10** umher. Der das Hauptfeld abtastende Hallsensor **31** ist dabei in einer von mehreren Nutöffnungen **11** des Stators **10** untergebracht, die zwischen Wicklungsköpfen für die Erregerwicklungen des Stators **10** ausgebildet sind.

[0043] [Fig. 5](#) zeigt wiederum Innenläufermotor herkömmlicher Bauart, bei dem das Hallelement **31** analog zur [Fig. 4](#) in einer der für die Erregerwicklungen des Stators **10** vorgesehenen Nutöffnung **11** untergebracht ist.

[0044] Bei den in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) gezeigten herkömmlichen Elektromotoren passiert das magnetische Feld eines Pols (oder mehrerer Pole) des Rotors **20** den Luftspalt (oder Wasserspalt o.ä.) gegebenenfalls inklusive Spalttopf (der aus Kunststoff, Edelstahl, Aluminium, o.ä.) und weiteren magnetisch nicht leitfähigen Komponenten, durchdringt den Hallsensor **31** und schließt sich über den rückwärtigen, magnetisch nicht leitenden Raum (Luft) zu den benachbarten Rotorpolen. Durch den großen zu überbrückenden Luftspalt bzw. Luftweg nimmt die magnetische Flussdichte dabei stark ab, insbesondere wenn Magnete **21'** mit geringer Energiedichte, wie z.B. kunststoffgebundene Ferritmagnete, eingesetzt werden. Außerdem können negative Einflüsse dadurch entstehen, dass sich der Fluss über das Statorisen **10** schließt, anstatt das Hallelement **31** wie vorgesehen zu durchdringen. Durch die beschriebenen Effekte wird das Sensorsystem **30** empfindlich gegenüber dem Einfluss von Statorstreufeldern und Toleranzen aller Art (Dimensionen, magnetische Eigenschaften, Materialstreuung, etc.).

[0045] Mit dem erfindungsgemäßen Konzept soll die Lageerkennung bewegter Hauptteile **20** von elektrischen Maschinen, insbesondere die Rotorlageerkennung von rotierenden Maschinen mittels Hallsensoren **31** verbessert werden. Insbesondere soll mit der im Folgenden näher beschriebenen Erfindung der Einfluss von negativen Effekten und Störungen auf die Rotorlageerkennung minimiert werden. Dies wird durch Anhebung der magnetischen Flussdichte an der Stelle des Sensorelements **31** erreicht. Zu diesem Zweck wird ein spezielles Flussleitelement **32** eingesetzt.

[0046] Dabei ist ein Flussleitelement **32** vorgesehen, das die magnetische Flussdichte des Rotorfelds am Ort des Hallelements **31** verstärkt, indem es einen Rückschluss zur Führung des Rotorflusses zwischen gegensinnigen Polen des Gebermagneten **21'** bildet. Dieses Flussleitelement **32** ist aus einem Material gebildet, welches das magnetische Feld besser leitet als Luft, z.B. Eisen (Blech), Nickel, Kobalt, deren Legierungen oder SMC (soft magnetic composite). Z.B. weist das als Flussleitelement **32** geeignete Elektroblech gegenüber Luft eine

um den Faktor 150 mal höhere magnetische Leitfähigkeit auf. Um mögliche Ummagnetisierungsverluste zu minimieren, werden ferner weichmagnetische Materialien bevorzugt.

[0047] Das Flussleitelement **32** wird so ausgebildet und positioniert, dass das magnetische Hauptfeld zwischen mindesten zwei gegensinnigen Rotorpolen gezielt geführt wird, mit dem Ziel die zum Hallelement **31** orthogonale Flussdichte zu verstärken und gleichzeitig einen Polaritätswechsel möglichst scharf, d.h. mit einer möglichst steilen Flanke, zu messen. Beide Effekte erhöhen die Sicherheit der Erkennung des richtigen Kommutierungszeitpunkts.

[0048] Das Flussleitelement **32** weist zwei bzw. drei Polbereiche **321**, **322**, **323** auf, die, wie z.B. in [Fig. 6](#) und [Fig. 9](#) gezeigt, eine Polteilung auseinander oder, wie in [Fig. 7](#) für einen radial magnetisierten Ringmagneten gezeigt, zwischen einem Pol und einem auf der Magnetrückseite ausgebildeten Gegenpol, nah am Rotor **10** angeordnet sind. Zwischen den Polbereichen **321**, **322**, **323** verläuft ein vorzugsweise als Blech ausgebildeter Stegbereich **324**, **325** relativ weit vom Rotor **10** entfernt, um einem definierten Bereich des Rotorfeldes einzufangen und gleichzeitig magnetischen Kurzschlüsse zu verhindern. Dies ist z.B. in den [Fig. 6](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gezeigt. Gleichzeitig ist das Flussleitelement **32** so geformt, dass es möglichst nicht vom Statorstreufeld erreicht wird (z.B. [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#)), indem der tangentielle Stegbereich **324**, **325** axial weiter entfernt vom Statorpaket **10** angeordnet wird. Hierzu weist das Flussleitelement **32** zusätzlich axiale Distanzbereiche auf. Wie in [Fig. 9](#) gezeigt ist, kann ebenso der Fluss von mehreren Gegenpolen geführt werden. Das Hallelement **31** wird so positioniert, dass es vom Feld, das durch das Flussleitelement **32** geführt wird, möglichst senkrecht und mit hoher Flussdichte durchsetzt wird. In [Fig. 10](#) ist der Feldverlauf beispielhaft für ein Hallelement **31** ohne und mit Flussleitelement **32** anhand von magnetischen Feldlinien dargestellt, so wie sie mittels Finite-Elemente-Berechnungen ermittelt wurden. Die Anhebung der Flussdichte ist ebenso deutlich erkennbar, wie die orthogonale Flussführung am Ort des Hallelements **31**.

[0049] Die in [Fig. 7](#) skizzierte Anordnung erfordert, dass auch auf der Gegenseite (Innenseite) des als Gebermagnet **21'** dienenden Hauptmagneten **21** ein Feld ausgebildet wird. Sie kann somit nicht bei Magneten in Halbach-Anordnung eingesetzt werden, sondern benötigt eine radiale Magnetisierung. In diesem Fall ist es auch möglich den Rotorrückschluss zur Flussführung zu nutzen, wie dies z.B. in [Fig. 11](#) gezeigt ist. Das kann allerdings durch geometrische Gegebenheiten, wie z.B. Polbreite, eingeschränkt sein. Ein entsprechendes Konzept ist auch für Hallelemente **31** denkbar, die wie in [Fig. 12](#) gezeigt, in einer Nutöffnung **11** des Stators **10** untergebracht sind.

[0050] Grundsätzlich ist das erfindungsgemäße Konzept auch bei Außenläufern einsetzbar, die z.B. in den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) gezeigt sind. Auch dabei ist die zusätzliche Distanz des tangentialen Stegbereichs **324**, **325** des Flussleitelements **32** vom Stator **10**, analog zu den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#), vorteilhaft (hier nicht explizit dargestellt). Ebenso können Flussleitelemente **32** für mehrere Hallelemente **31** vorgesehen werden, wie beispielhaft in [Fig. 15](#) für einen Innenläufer mit drei Sensoren **31** dargestellt. Weiterhin ist das Konzept nicht auf die Abtastung des Hauptmagnets **21** beschränkt, sondern kann, wie [Fig. 16](#) zeigt, auch bei separaten Gebermagneten **21'** eingesetzt werden.

[0051] Eine besonders vorteilhafte Anwendung der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung ergibt sich im Zusammenhang mit den in [Fig. 17](#) gezeigten Stator **10** in einer sogenannten Klauenpolkonstruktion. Die Bauform entspricht im wesentlichen der in der [Fig. 2](#) gezeigten Maschine. Allerdings existieren keine Wicklungsköpfe, so dass die Ausformung und Anbringung von Flussleitelementen **32** nahezu unbegrenzt möglich ist. In erster Linie kommen Flussleitelemente **32** entsprechend den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) in Frage, was beispielsweise zu der in [Fig. 17](#) dargestellten Anordnung führt.

[0052] Die Flussleitelemente **32** bestehen dabei vorzugsweise aus gestanzten Blech. Sie können dann beispielsweise in oftmals ohnehin vorhandene Kunststoffspritzgussteile eingespritzt oder durch Schnappverbindung am Stator **10** angebracht werden.

[0053] Anhand der dargelegten Beispiele wird deutlich, dass zahlreiche weitere Kombinationsmöglichkeiten existieren. Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Konzept auch bei Axialfluss- und Transversalfeldmaschinen, sowie Linearmaschinen zum Einsatz kommen. In allen Fällen wird die orthogonale Flussdichte am Ort des Hallelements **31** mit Hilfe der Flussleitelemente **32** angehoben. Über die Variation der Breite bzw. Form der nah am Rotor angeordneten Polschuhe **321**, **322**, **323** der Flussleitelemente **32** ist eine Optimierung mit Hinblick auf Flussdichte und Steilheit der Flanke beim Polaritätswechsel möglich. Der Vorteil liegt in einer sichereren Rotorlageerkennung, die u.a. durch Verringerung des Einflusses des Statorstreufelds und geringere Toleranzempfindlichkeit erreicht wird. Dadurch wird der Betrieb des Antriebs robuster. Unter Umständen kann auch ein geringerer axialer Magnetüberstand **22** ausreichend sein.

[0054] Prinzipiell ist das vorgeschlagene Konzept der Flussleitelemente **32** bei allen permanentmagneterregten Motoren mit Hallelementen **31** als Rotorlagensensoren einsetzbar. Die Vorzugslösung ist dabei die Abtastung des Hauptfelds. Besonders wirksam ist

die Maßnahme bei relativ schwachen Rotorfeldern, wie sie z.B. von kunststoffgebundenen Ferritmagneten oder bei größeren Abständen zwischen Gebermagnet **21'** und Sensor **31** erzeugt werden, und vergleichsweise starken Störfeldern, beispielsweise Streufelder hervorgerufen durch die Statorströme.

[0055] Wie oben bereits dargelegt, stellt der Einsatz eines Flussleitelements **32** insbesondere für eine Maschine mit schwachem Rotormagnet **21'** und Klauenpolstator **10** eine besonders vorteilhafte Lösung dar. Bereits ein einfaches Flussleitelement **32** aus Blech ermöglicht hier eine sicherere Erkennung des Kommutierungszeitpunkts. Weitere Verbesserungen sind durch die in der [Fig. 9](#) gezeigte doppelte Flussführung sowie durch Optimierung der Geometrie des Flussleitblechs **32** zu erwarten.

[0056] Somit kann durch Auswahl eines geeigneten Materials und eine zweckmäßige Gestaltung des Flussleitelements **32** der Feldverlauf im Flussleitelement **32** günstig beeinflusst und die für eine optimale Rotorlageerkennung notwendige Erhöhung der Flussdichte am Ort des Hallsensors **31** mit einfachen technischen Mitteln erreicht werden.

[0057] Es ist im Sinne der Erfindung das anhand der vorhergehenden Beispiele eines elektronisch kommutierten Antriebs dargelegte erfinderische Konzept grundsätzlich auch auf andere, hier nicht näher dargestellte rotierende elektrische Maschinen, wie z.B. Asynchronmaschinen oder Synchronreluktanzmotoren anzuwenden. Dabei spielt es für die Anwendbarkeit des erfindungsgemäßen Konzepts keine Rolle, ob der Hauptmagnet **21** als Permanent- oder als Elektromagnet ausgebildet ist. Es ist offensichtlich, dass die hier dargestellte Sensorvorrichtung **30** ebenfalls in Linearmaschinen zur Lageerkennung des Läufers anwendbar ist, zumal eine Linearmaschine stark vereinfacht als eine abgewinkelte rotierende Maschine betrachtet werden kann. Ferner ist die Erfindung sowohl für elektrische Antriebe, als auch für elektrisch angetriebene Maschinen anwendbar.

[0058] Die in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in Kombination für die Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

10	Stator
11	Nutöffnung des Stators
20	Läufer, Rotor
21	Hauptmagnet des Läufers
21'	separater Gebermagnet
22	Überstand des Hauptmagneten

23	Rotorachse
24	Rotoreisen
30	Sensorvorrichtung
31	Hallsensor
32	Flussleitelement
321, 322, 323	Polbereich des Flussleitelements
324, 325	Stegbereich des Flussleitelements

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einem ruhenden (**10**) und einem beweglichen Hauptelement (**20**), mit einer Sensorvorrichtung (**30**) zum Erfassen der relativen Lage des beweglichen Hauptelements (**20**) zum ruhenden Hauptelement (**10**) umfassend einen am beweglichen Hauptelement (**20**) angeordneten Gebermagneten (**21'**) und ein magnetempfindliches Sensorelement (**31**), das ortsfest zum ruhenden Hauptelement (**10**) in der Nähe des Gebermagneten (**21'**) angeordnet ist, wobei das Sensorelement (**31**) das Magnetfeld des Gebermagneten (**21'**) abtastet und ein zur Bewegung des beweglichen Hauptelements (**20**) synchrones Messsignal erzeugt,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Sensorvorrichtung (**30**) ein ferromagnetisches Flussleitelement (**32**) aufweist, das einen Rückschluss zur Führung des magnetischen Flusses zwischen zwei gegensinnigen Polen des Gebermagneten (**21'**) bildet,

wobei das Flussleitelement (**32**) sich entlang des Gebermagneten (**21'**) erstreckt und einen ersten und einen zweiten in der Nähe des Gebermagneten (**21'**) angeordneten Polbereich (**321, 322**) sowie einen die beiden Polbereiche (**321, 322**) miteinander verbindenden Stegbereich (**324**) umfasst, der vom Gebermagneten (**21'**) entfernt verläuft, und wobei der erste Polbereich (**321**) an einer dem Gebermagneten (**21'**) abgewandten Seite des Sensorelements (**31**) derart angeordnet ist, dass das durch das Flussleitelement (**32**) geleitete Magnetfeld das Sensorelement (**31**) mit einer erhöhten Flussdichte orthogonal durchsetzt.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass das bewegliche Hauptelement (**20**) als Rotor und das ruhende Hauptelement (**10**) als Stator einer rotierenden Maschine ausgebildet sind, wobei der Rotor (**20**) einen zur Rotorachse rotationssymmetrischen Gebermagneten (**21'**) aufweist, der entlang seines Umfangs wenigstens ein gegensinniges Polpaar aufweist, dessen Magnetfeld im Sensorelement (**31**) ein drehsynchrones Messsignal erzeugt, wobei der erste und der zweite Polbereich (**321, 322**) des Flussleitelements (**32**) im Wesentlichen eine Polteilung des Gebermagneten (**21'**) auseinander entlang des Umfangs des Gebermagneten (**21'**) angeordnet sind.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gebermagnet (21') entlang seines Umfangs wenigstens zwei gegensinnige Polpaare aufweist, und dass das Flussleitelement (32) einen weiteren Polbereich (323) aufweist, der über einen weiteren Stegbereich (325) mit dem ersten Polbereich (321) verbunden ist, wobei die drei Polbereiche (321, 322, 323) entlang des Umfangs des Gebermagneten (21') jeweils eine Polteilung auseinander angeordnet sind.

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das bewegliche Hauptelement (20) als Rotor und das ruhende Hauptelement (10) als Stator einer rotierenden Maschine ausgebildet sind, wobei der Gebermagnet (21') als ein radial magnetisierter Ringmagnet ausgebildet ist und entlang seines Umfangs wenigstens zwei gegensinnige Polpaare aufweist, die im Sensorelement (31) ein drehsynchrones Messsignal erzeugen, und dass das Flussleitelement (32) quer zur Bewegungsrichtung des Rotors (20) verläuft und die beiden Polbereiche (321, 322) an der Außen- und Innenseite des Ringmagneten (21') derart angeordnet sind, dass das Flussleitelement (32) einen magnetischen Rückschluss zwischen der Außen- und der Innenseite des Ringmagneten (21') bildet.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringmagnet (21') ein Rotoreisen (24) aufweist, und dass der magnetische Rückschluss über das Rotoreisen erfolgt, wobei der erste Polbereich (321) an der Außenseite des Ringmagneten (21') und der zweite Polbereich (322) am Rotoreisen (24) angeordnet ist.

6. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Gebermagnet (21') als ein das Drehmoment erzeugender Hauptmagnet (21) des Rotors (20) ausgebildet ist.

7. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Gebermagnet (21') als ein separater Gebermagnet ausgebildet ist, der abseits vom Hauptmagneten (21) auf der Rotorachse (23) angeordnet ist.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das bewegliche Hauptelement (20) als Läufer und das ruhende Hauptelement (10) als Ständer eines Linearantriebs ausgebildet sind, wobei das Flussleitelement (32) in Bewegungsrichtung des Läufers (20) oder quer zur Bewegungsrichtung des Läufers (20) angeordnet ist.

9. Elektrischen Maschine nach einem der vorher-

gehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das magnetempfindliche Sensorelement (31) als ein Hallelement ausgebildet ist.

10. Sensorvorrichtung zur Bestimmung der relativen Lage eines beweglichen Hauptelements (20) zu einem ruhenden Hauptelement (10) einer elektrischen Maschine, umfassend einen am beweglichen Hauptelement (20) angeordneten Gebermagneten (21') und ein magnetempfindliches Sensorelement (31), das ortsfest zum ruhenden Hauptelement (10) in der Nähe des Gebermagneten (21') angeordnet ist, wobei das Sensorelement (31) das Magnetfeld des Gebermagneten (21') abtastet und ein zur Bewegung des beweglichen Hauptelements (20) synchrones Messsignal erzeugt, gekennzeichnet durch ein Flussleitelement (32), das aus einem ferromagnetischen Material besteht und einen Rückschluss zur Führung des magnetischen Flusses zwischen zwei gegensinnigen Polen des Gebermagneten (21') bildet, wobei das Flussleitelement (32) einen ersten und einen zweiten Polbereich (321, 322) sowie einen die beiden Polbereiche (321, 322, 323) miteinander verbindenden Stegbereich (324) aufweist, wobei die Polbereiche (321, 322) in der Nähe des Gebermagneten (21') jeweils eine Polteilung auseinander angeordnet sind, während der Stegbereich (324) vom Gebermagneten (21') entfernt verläuft, und wobei der erste Polbereich (321) an einer dem Gebermagneten (21') abgewandten Seite des Sensorelements (31) derart angeordnet ist, dass das durch das Flussleitelement (32) geleitete Magnetfeld das Sensorelement (31) mit einer erhöhten Flussdichte orthogonal durchsetzt.

11. Sensorvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorvorrichtung für eine einen Rotor (20) und einen Stator (10) aufweisende rotierende Maschine ausgebildet ist, wobei das Flussleitelement (32) ortsfest zum Stator (10) in Drehrichtung des oder quer zur Drehrichtung des Rotors (20) angeordnet ist.

12. Sensorvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (31) als ein Hallelement ausgebildet ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

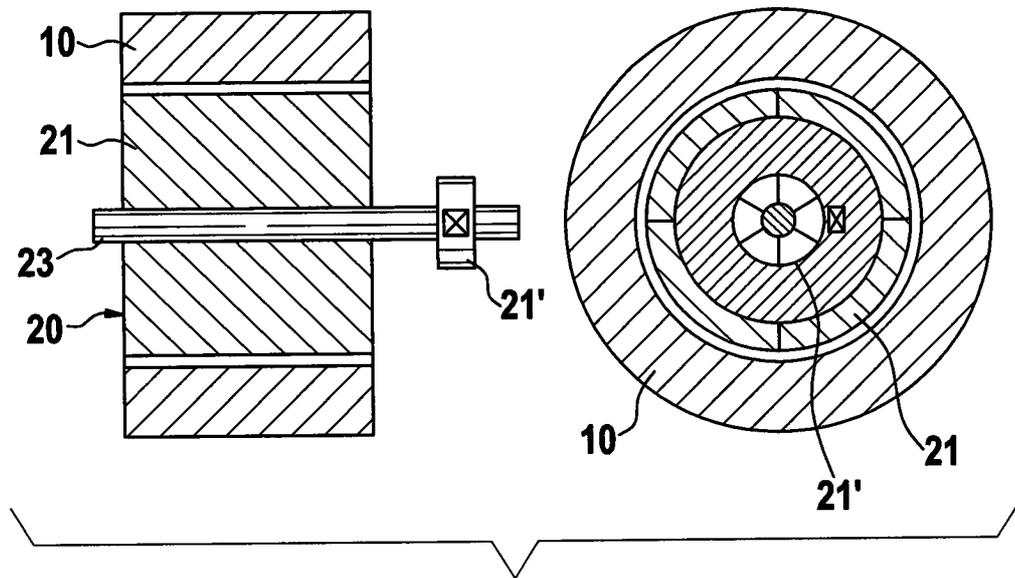


Fig. 1

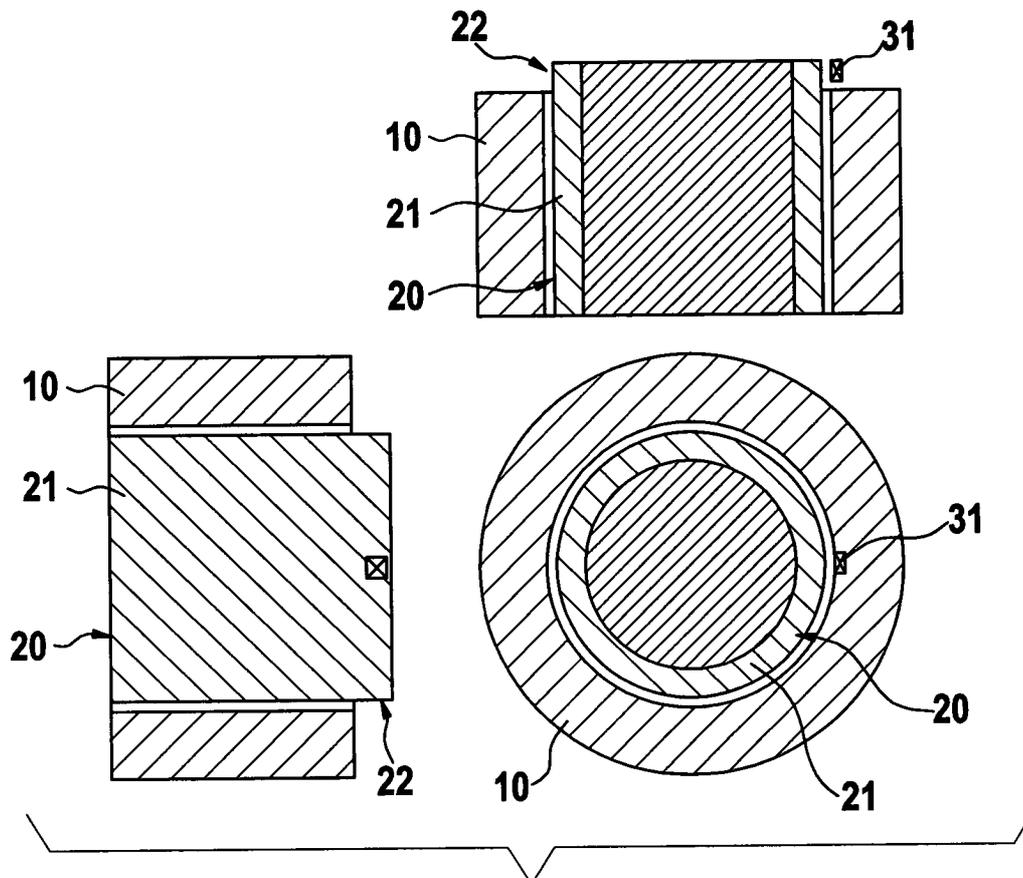


Fig. 2

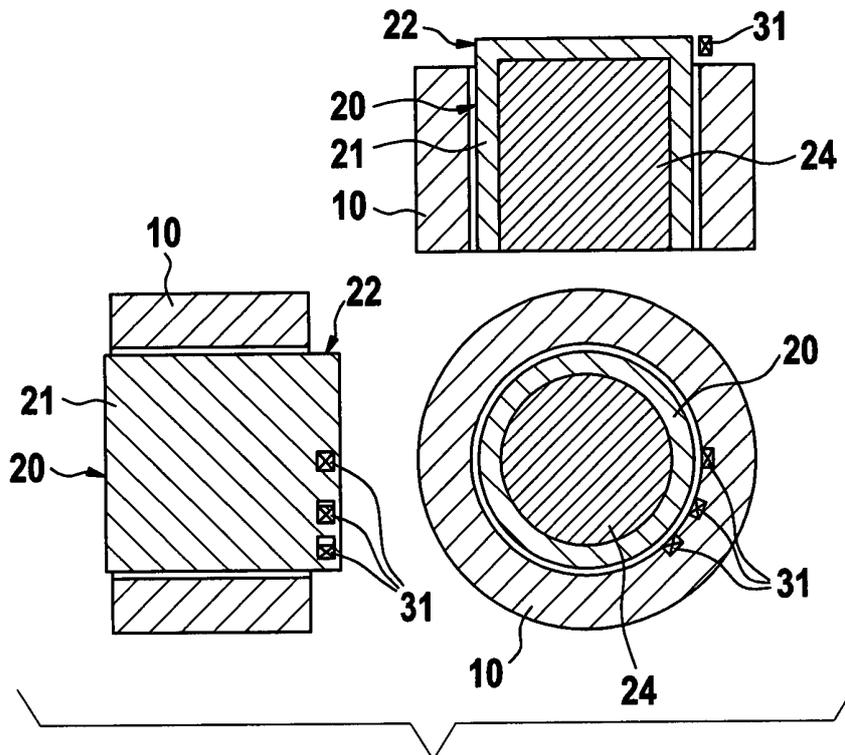


Fig. 3

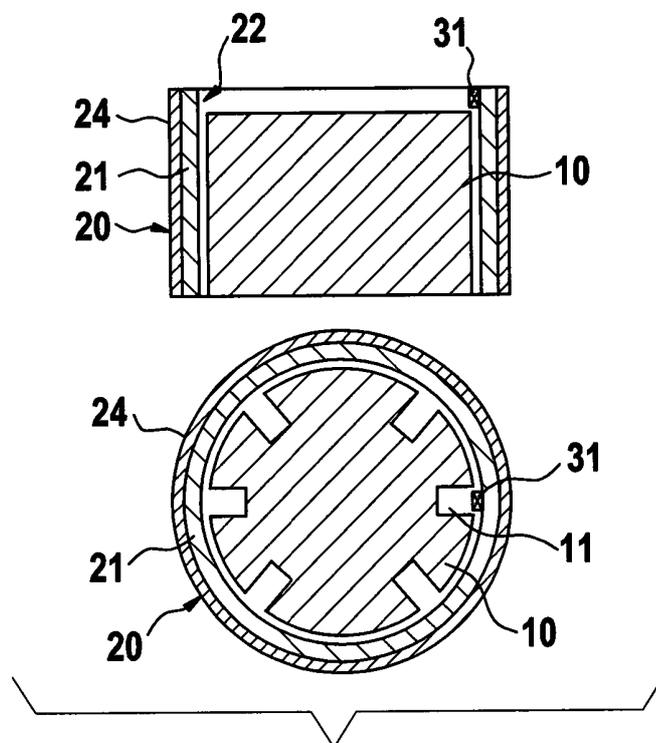


Fig. 4

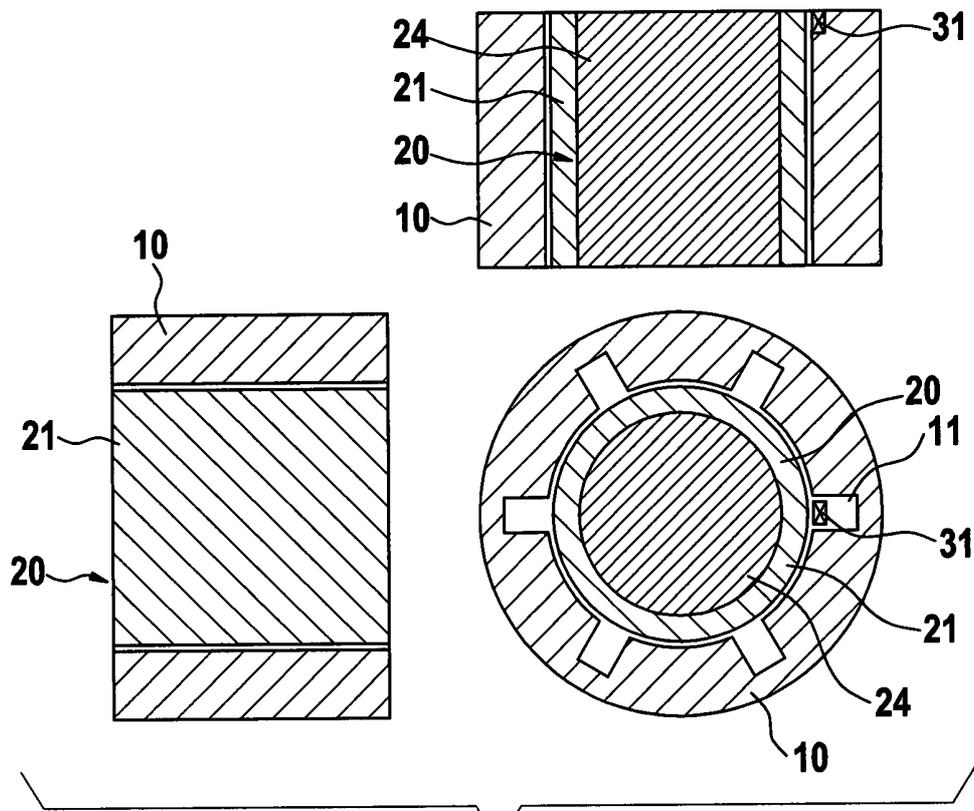


Fig. 5

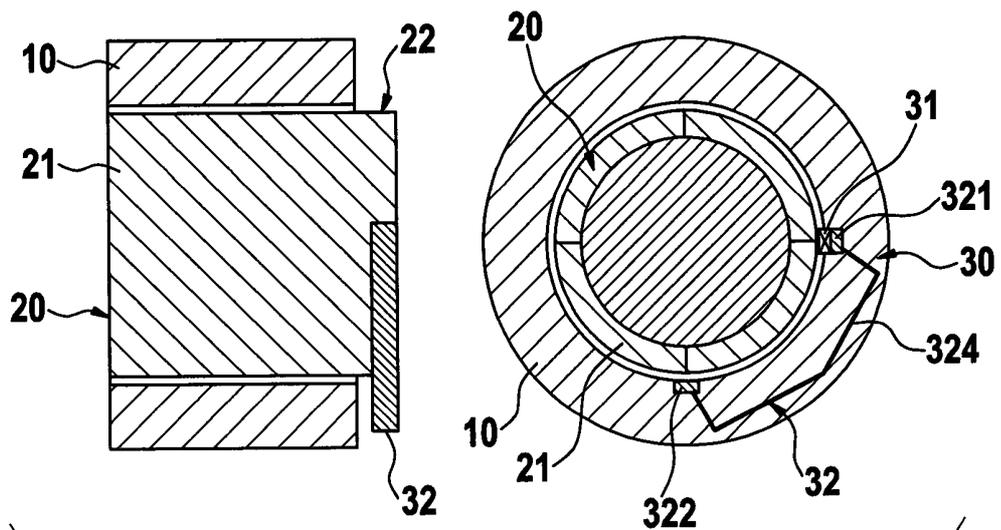


Fig. 6

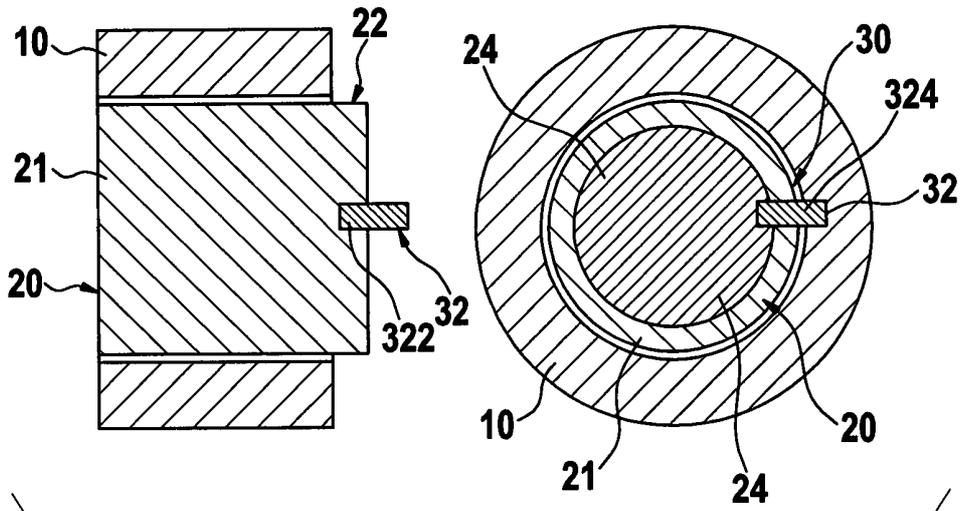
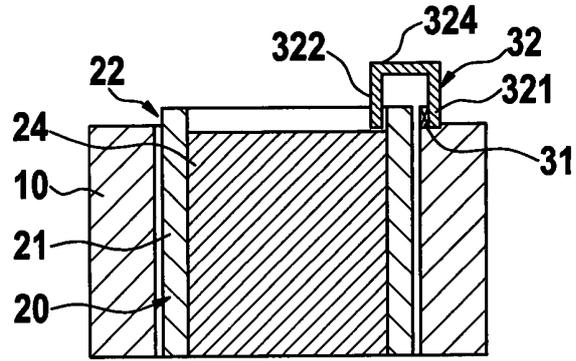


Fig. 7

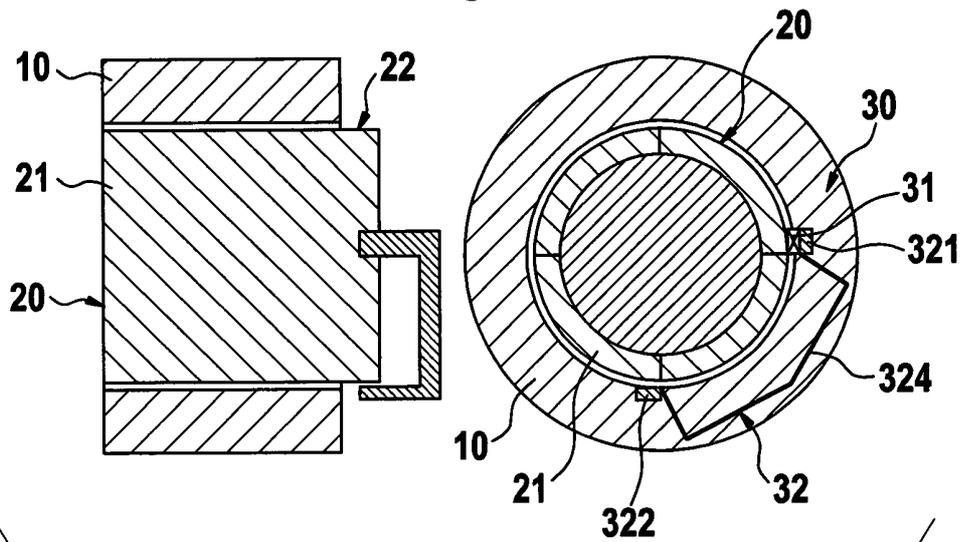


Fig. 8

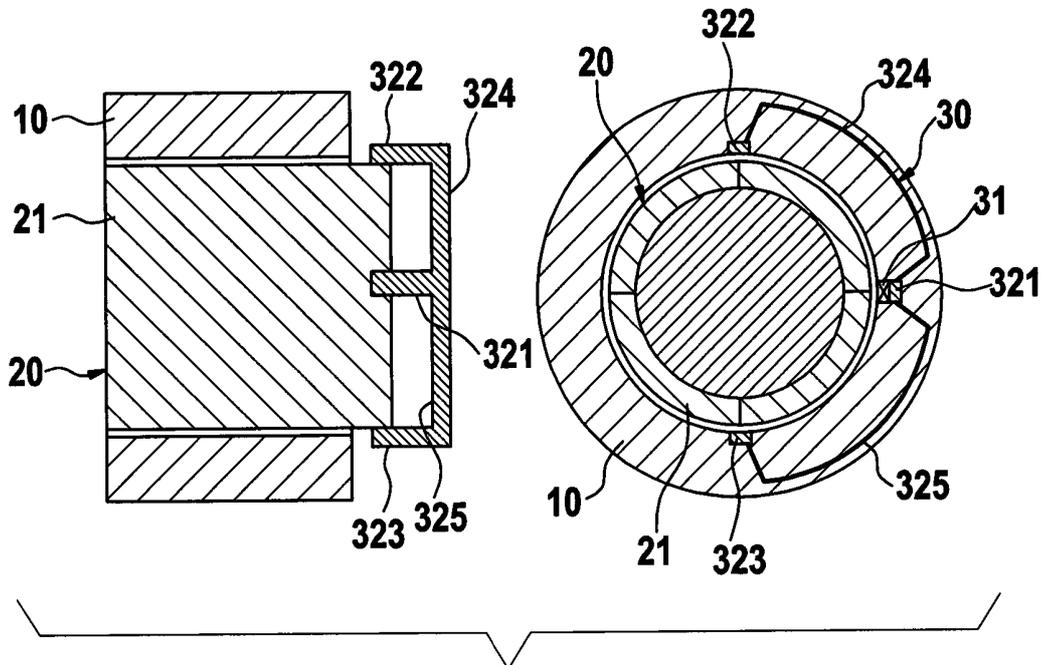


Fig. 9

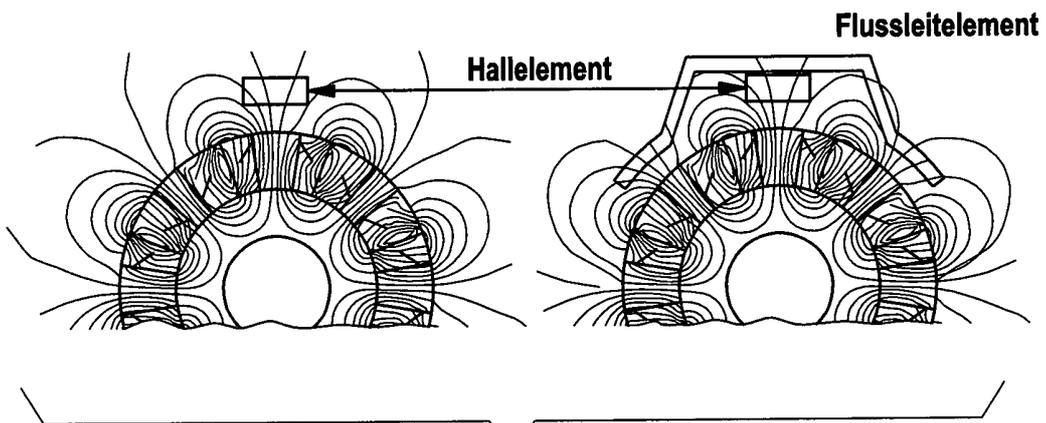


Fig. 10

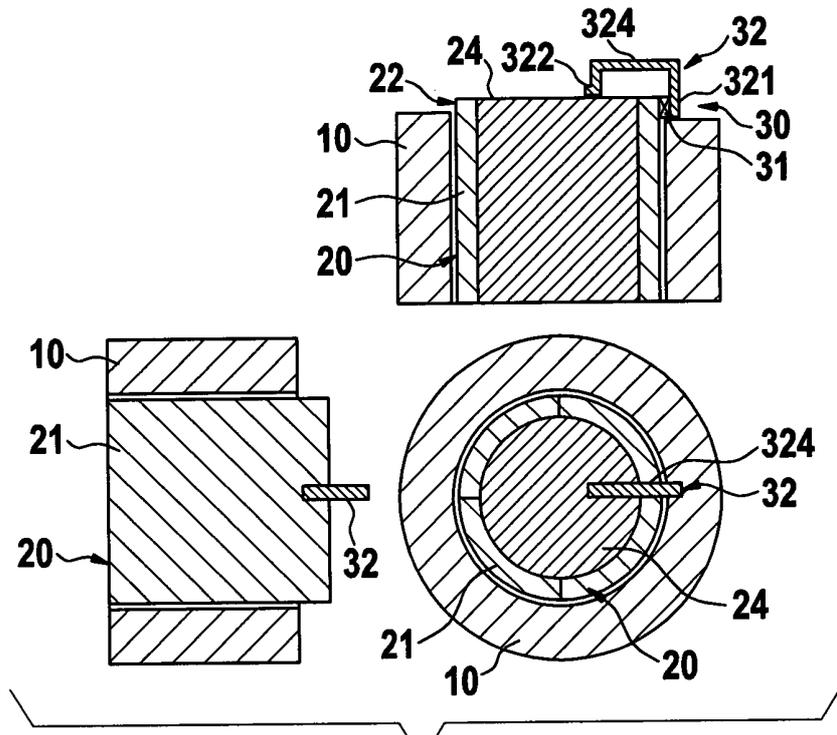


Fig. 11

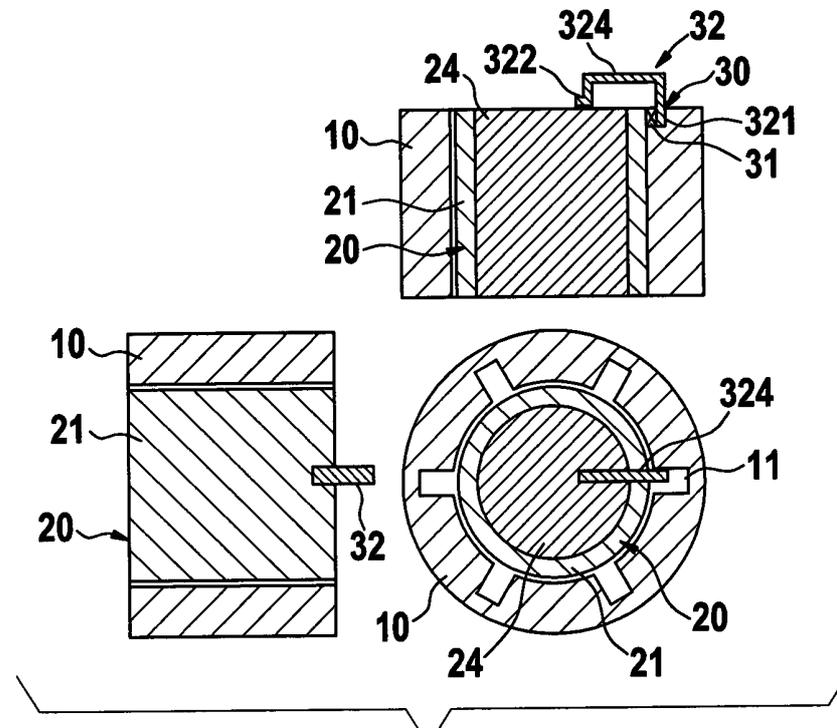


Fig. 12

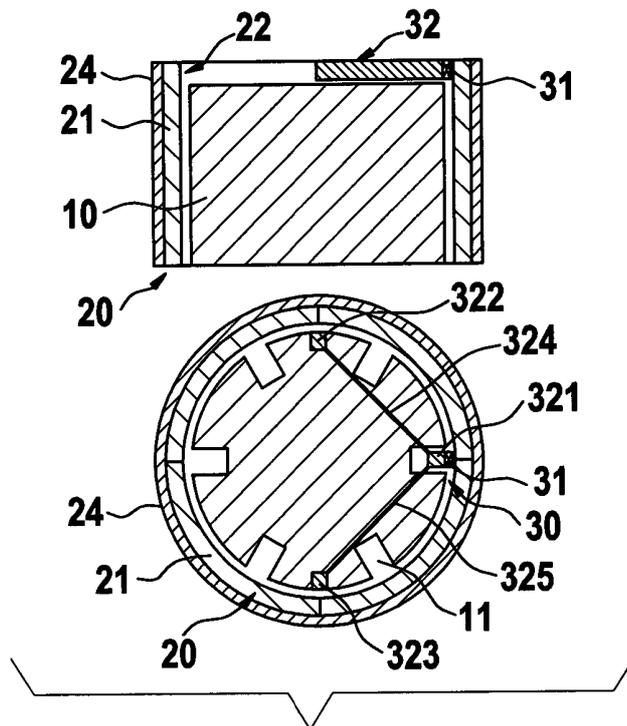


Fig. 13

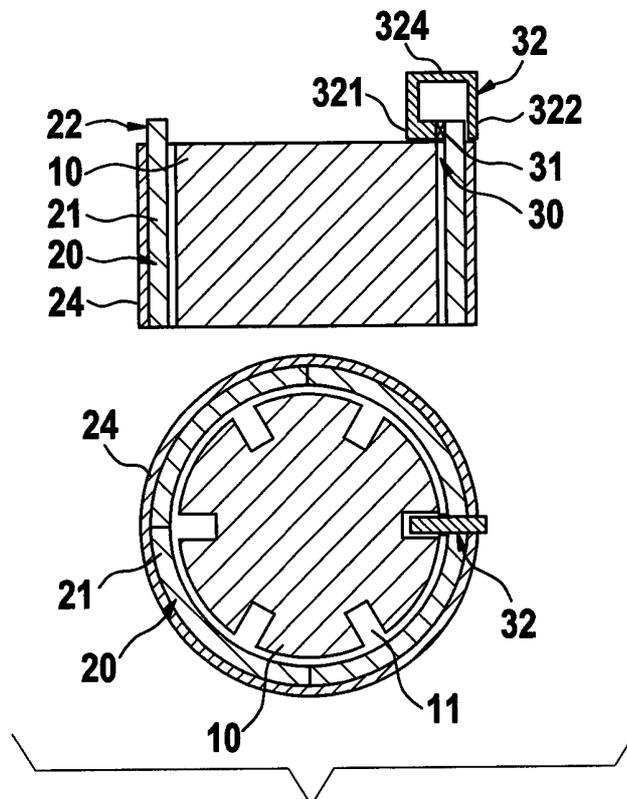


Fig. 14

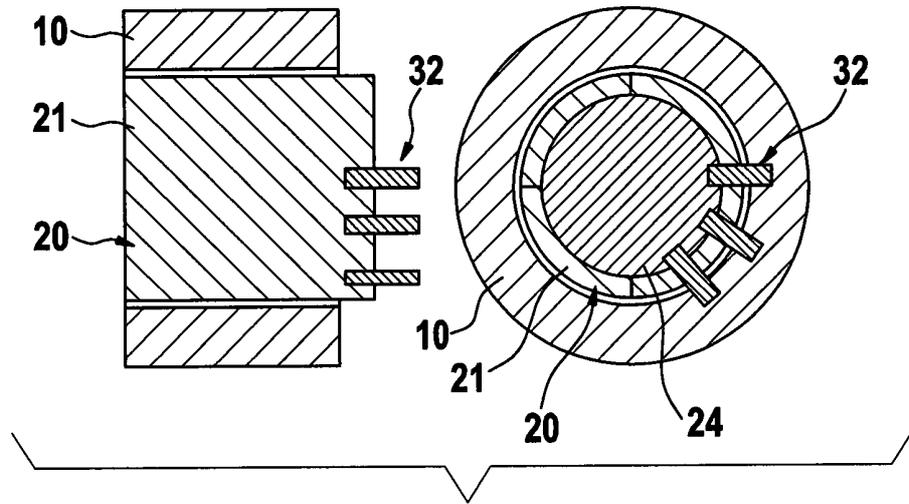
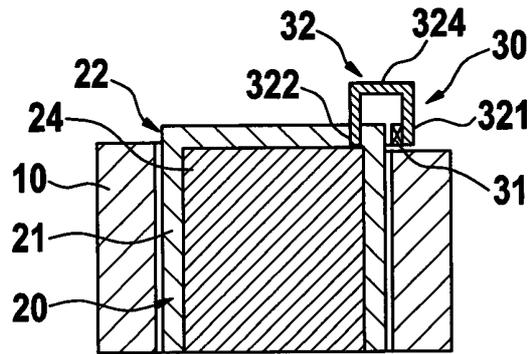


Fig. 15

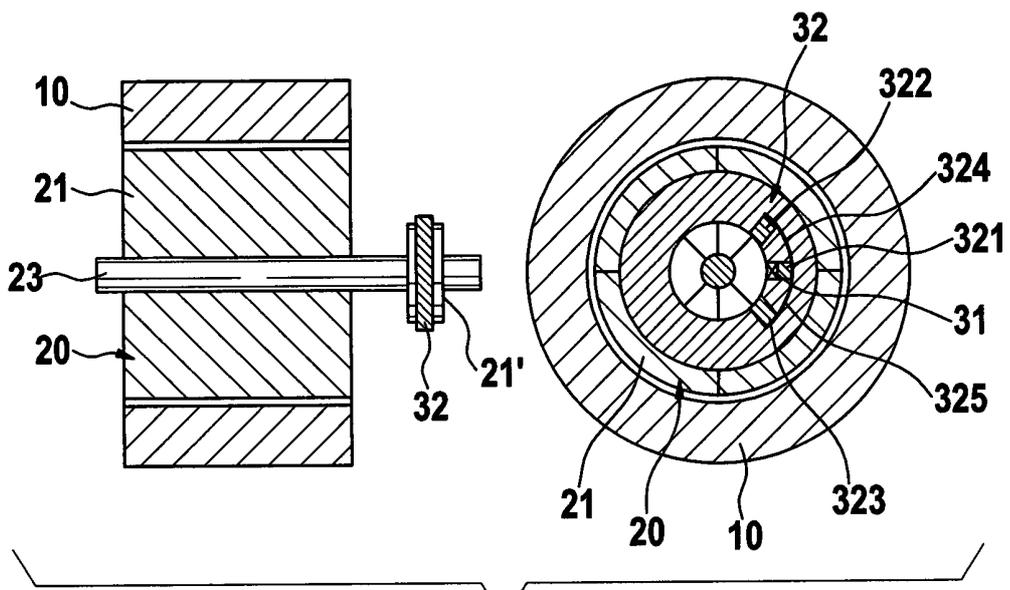


Fig. 16

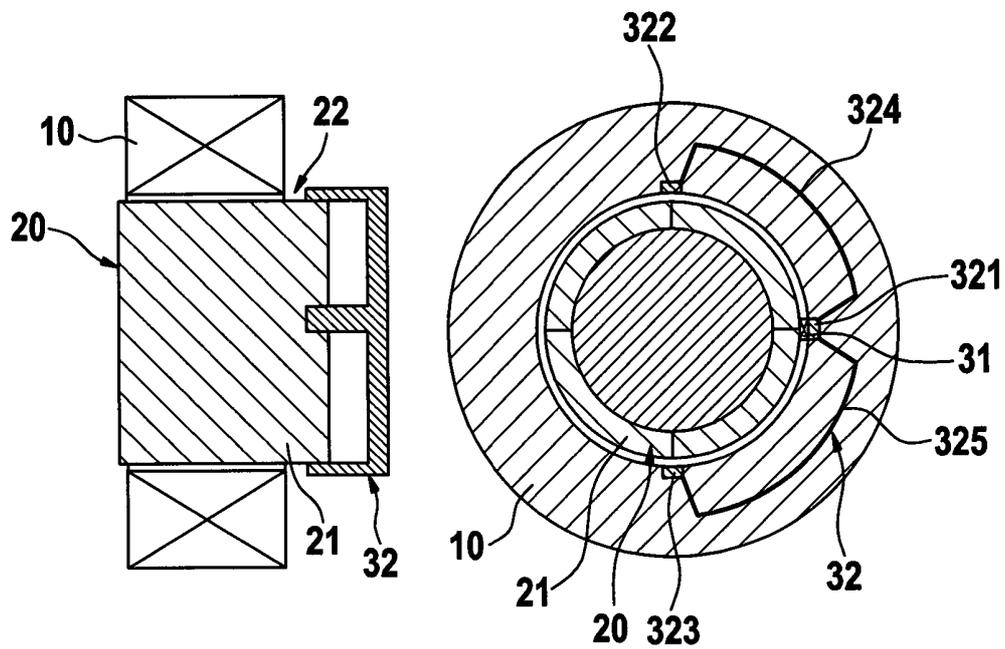


Fig. 17