

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1176/2011
(22) Anmeldetag: 12.08.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2013

(51) Int. Cl. : **H02K 19/10** (2006.01)
H02K 1/22 (2006.01)
H02K 1/24 (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01)

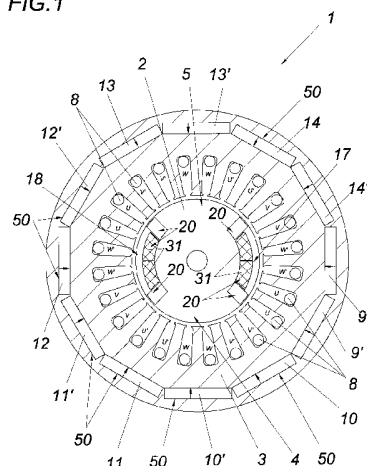
(56) Entgegenhaltungen:
US 2006043812 A1
US 2009224624 A1
DE 102007040750 A1

(73) Patentinhaber:
JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT
4040 LINZ (AT)
(72) Erfinder:
AMRHEIN WOLFGANG DIPL.ING.
DR. TECHN.
OTTENSHEIM (AT)
GRABNER HERBERT DIPL.ING. DR.
LEONDING (AT)
SILBER SIEGFRIED DIPL.ING. DR.
KIRCHSCHLAG (AT)
WEIDENHOLZER GÜNTHER DIPL.ING.
SARLEINSBACH (AT)
ANDESSNER DIETMAR DIPL.ING.
OFFENHAUSEN (AT)

(54) **ELEKTRISCHE MASCHINE MIT EINEM GELAGERTEN, EIN FERROMAGNETISCHES MATERIAL UND MINDESTENS EINEN RELUKTANZHAUPTPOL AUFWEISENDEN RELUKTANZLÄUFER**

(57) Es wird eine elektrische Maschine mit einem gelagerten, ein ferromagnetisches Material und mindestens einen Reluktanzhauptpol (4, 5) aufweisenden Reluktanzläufer (2, 24, 28) und mit einem durch einen Luftspalt (6) getrennten Stator (3, 45, 46) gezeigt, der wenigstens eine elektrische Statorwicklung (8) zur Drehmomentbildung und mindestens einen Permanentmagneten (9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14, 14') und/oder eine elektrische Erregereinrichtung (37, 43, 44, 48) zur Vormagnetisierung des Luftspalts (6) aufweist, wobei der Stator (3, 45, 46) insbesondere wenigstens einen Zahn (7) mit vorzugsweise einen sich gegenüber seinem Polschenkel (15) erweiternden Polschuh (16) oder eine nutzenlose Statorwicklung (52) aufweist. Um vorteilhafte Konstruktionsverhältnisse zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass der Reluktanzläufer (2, 24, 28) in seinem ferromagnetischen Material zur Ausbildung wenigstens eines Reluktanznebenpols (17, 18) am Reluktanzläufer (2, 24, 28) wenigstens eine, eine magnetische Flusssperre (20) ausbildende, Ausnehmung (19) aufweist.

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem gelagerten, ein ferromagnetisches Material und mindestens einen Reluktanzhauptpol aufweisenden Reluktanzläufer und mit einem durch einen Luftspalt getrennten Stator, der wenigstens eine elektrische Statorwicklung zur Drehmomentbildung und mindestens einen Permanentmagneten und/oder eine elektrische Erregereinrichtung zur Vormagnetisierung des Luftspalts aufweist, wobei der Stator insbesondere wenigstens einen Zahn mit vorzugsweise einen sich gegenüber seinem Polschenkel erweiternden Polschuh oder eine nutzenlose Statorwicklung aufweist.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Reluktanzmotoren bekannt (WO2005/091475A1), die über im Stator des Motors vorgesehene Permanentmagneten eine Vormagnetisierung des Luftspalts aufweisen, der sich zwischen Stator und Reluktanzläufer ergibt. Der Stator weist außerdem eine elektrische Statorwicklung zur Drehmomentbildung auf, die im Bereich der Zähne mit vorzugsweise einen sich gegenüber seinem Polschenkel erweiternden Polschuh vorgesehen ist. Zwar kann mit einer Vormagnetisierung der Wirkungsgrad des Reluktanzmotors erhöht werden, eine vergleichsweise hohe Ausnützung der Bauleistung kann damit jedoch nicht ermöglicht werden.

[0003] Zudem sind aus der US2006043812A1, US2009224624A1 und DE102007040750A1 Rotoren mit Flusssperren bekannt.

[0004] Außerdem ist es bekannt (D. Andessner et. al: „Fundamental Wave Analysis of the Switched Permanent Magnet Reluctance Machine“), im ferromagnetischen Material eines Reluktanzläufers Ausnehmungen für Flusssperren vorzusehen, um damit zu seinen Reluktanzhauptpolen auch Reluktanznebenpole zu schaffen.

[0005] Die Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, ausgehend vom eingangs geschilderten Stand der Technik eine elektrische Maschine zu schaffen, die auf konstruktiv einfache Weise eine hohe Ausnützung der Bauleistung ermöglichen kann.

[0006] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass der Reluktanzläufer in seinem ferromagnetischen Material zur Ausbildung wenigstens eines Reluktanznebenpols am Reluktanzläufer wenigstens eine, eine magnetische Flusssperre ausbildende Ausnehmung aufweist.

[0007] Weist der Reluktanzläufer in seinem ferromagnetischen Material zur Ausbildung wenigstens eines Reluktanznebenpols am Reluktanzläufer wenigstens eine, eine magnetische Flusssperre ausbildende Ausnehmung auf, dann kann auf konstruktiv einfache Weise eine Feldschwächung gezielt einstellbar werden, um damit die Ausnutzung der Bauleistung der elektrischen Maschine zu erhöhen. Die Form und Ausgestaltung der Ausnehmung ist im Hinblick auf die Lage der Reluktanznebenpols frei wählbar und können daher den Anforderungen entsprechend im Reluktanzläufer vorgesehen werden, um damit eine zumindest teilweise Führung eines magnetischen Flusses in Richtung seines Reluktanzhauptpols bzw. seiner Reluktanzhauptpole zu schaffen. Damit kann auf einfach konstruktive Weise eine Abgrenzung des magnetischen Haupt- und Nebenfluss durch Flusssperren ermöglicht werden, wobei hierfür eine vergleichsweise hohe konstruktive Freiheit besteht. Die erfindungsgemäße elektrische Maschine, insbesondere Reluktanzmaschine, kann daher nicht nur vergleichsweise hohe Ausnutzung der Bauleistung gewährleisten, sondern kann auch besonders flexibel den gestellten Anforderungen entsprechend angepasst bzw. durch konstruktive Einflussnahme am Reluktanzläufer eingestellt werden.

[0008] Ist der Reluktanznebenpol über mindestens einen Sättigungssteg mit dem ferromagnetischen Material des Rotorkerns bzw. mit mindestens einem Reluktanzhauptpol verbunden, dann können sich vereinfachte konstruktive Fertigungsverhältnisse ergeben. Auf zusätzliche Montagevorrichtung kann damit verzichtet werden. Außerdem kann so ein Reluktanzläufer aus einem Stück mit hoher mechanischer Belastungsfähigkeit geschaffen werden.

[0009] Ist mindestens ein Reluktanznebenpol zwischen zwei Reluktanzhauptpolen angeordnet,

dann können die Lücken zwischen den Reluktanzhauptpolen bekannter elektrischer Maschinen mit Material gefüllt und dementsprechend der gesamte Luftspaltumfang genützt werden. Die Ausnützung der Bauleistung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine kann dadurch noch weiter erhöht werden.

[0010] Weist der Reluktanzhauptpol und/oder -nebenpol wenigstens teilweise mindestens eine Ausnehmung im ferromagnetischen Material für wenigstens eine Flusssperre für die Führung zumindest eines Teils des Ankerflusses im Wesentlichen quer zum Reluktanzhauptpol bzw. -nebenpol auf, dann kann auf das Reluktanzmoment auf einfache Weise Einfluss genommen werden. Das Reluktanzmoment verhält sich nämlich proportional zur Differenz zwischen Längs- und Querinduktivität.

[0011] Diese Differenz kann außerdem beeinflusst werden, indem der Reluktanzhauptpol und/oder -nebenpol wenigstens teilweise mindestens eine Ausnehmung im ferromagnetischen Material für wenigstens eine Flusssperre für die Führung zumindest eines Teils des Ankerflusses im Wesentlichen zum Reluktanzhauptpol bzw. -nebenpol aufweist.

[0012] Über die Ausgestaltung der Flusssperren in Richtung der Reluktanzhaupt und/oder -nebenpole kann nun konstruktiv auf die Differenz zwischen Längs- und Querinduktivität Einfluss genommen werden.

[0013] Um das Drehmoment der elektrischen Maschine zu erhöhen, kann vorgesehen sein, dass wenigstens eine Ausnehmung zur Bildung einer Flusssperre mindestens einen Permanentmagneten wenigstens teilweise aufweist. Außerdem muss damit der bestehende Bauraum der elektrischen Maschine nicht verändert werden, was hohe Leistungen und trotzdem kompakte Bauverhältnisse der elektrischen Maschine ermöglichen kann.

[0014] Der Stator kann eine ein- oder mehrsträngige Wicklung, insbesondere ausgeführt als konzentrische, verteilte, konzentrierte, insbesondere Zahnspulenwicklung, oder nutenlose Wicklung, aufweisen. Konzentrische oder verteilte Wicklungen können beispielsweise sinusförmige Durchflutungsverteilungen zur Reduktion von Oberwellen ermöglichen. Eine Zahnspulenwicklung kann beispielsweise für vereinfachte Herstellungsverhältnisse sorgen. Nutenlose Wicklungen können beispielsweise für ein Fehlen von Nutrastmomenten sorgen bzw. durch eine kleinere Induktivität für Hochgeschwindigkeitsantriebe genützt werden. Zusätzlich zur Reduktion von Drehmomentenschwankungen können vorgenannte Ausführungsbeispiele mit Nutenschrägung am Stator kombiniert werden.

[0015] Verläuft mindestens ein, zur Vormagnetisierung vorgesehener, permanentmagnetischer Fluss in einer Ebene wenigstens teilweise über den Reluktanzläufer, den Stator und den Luftspalt, dann kann eine vergleichsweise hohe konstruktive Einfachheit und damit auch eine Gewichtersparnis ermöglicht werden. Außerdem bedarf es einer vereinfachten magnetischen Auslegung aufgrund eines sich dadurch ergebenden zweidimensionalen Problems.

[0016] Es ist aber auch vorstellbar, dass mindestens ein, zur Vormagnetisierung vorgesehener, permanentmagnetischer Fluss wenigstens teilweise über den Reluktanzläufer, den Stator, den Luftspalt und mindestens ein Lagerschild und/oder ein axial zum Reluktanzläufer bzw. zur Statorwicklung angeordnetes Flussleitstück verläuft. Damit kann beispielsweise der Bauraum der elektrischen Maschine zusätzlich zur Flussführung genützt werden. Auf zusätzliche Maßnahmen für den Vormagnetisierungsfluss kann so verzichtet werden, was eine konstruktiv besonders einfache elektrische Maschine schaffen kann.

[0017] Ist mindestens ein Permanentmagnet und/oder die elektrische Erregereinrichtung zur Vormagnetisierung im Stator im Bereich eines Zahns, des Joches, der Nuten, des insbesondere ferromagnetischen Lagerschildes und/oder in einem Zwischenraum dieser Teile vorgesehen, dann können sich vorteilhafte konstruktive Verhältnisse an der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine ergeben. So kann sich im Bereich eines Zahns beispielsweise ein Polschuh mit verbesserter Flussverteilung ergeben. Im Bereich eines Jochs können beispielsweise große Zahn-lücken vermieden werden, wobei im Bereich der Nuten ein Standard-Motorschnitt für eine konstruktive Einfachheit verwendbar werden kann. Bei einer Verwendung des Lagerschildes

und/oder in einem Zwischenraum dieser Teile kann beispielsweise vorhandener Leerraum der elektrischen Maschine genutzt werden.

[0018] Um eine elektrische Feldschwächung auf einfache Weise zu ermöglichen, kann vorgesehen sein, dass mindestens ein Permanentmagnet und/oder die elektrische Erregereinrichtung in mindestens einer Ausnehmung des Statorjochs wenigstens teilweise vorgesehen ist. Konstruktive Vorteile beim Aufbau, beispielsweise durch Vermeidung von vergleichsweise langen Zahnücken, können sich so ergeben.

[0019] Kostenvorteile in der Herstellung der elektrischen Maschine können sich ergeben, wenn der Stator eine ringförmige Ausnehmung oder ringförmig angeordnete Ausnehmungen zur zumindest teilweisen Aufnahme wenigstens eines Permanentmagneten mit insbesondere einer im Wesentlichen gemeinsamen und im Wesentlichen radialen Magnetisierungsrichtung für eine Erzeugung eines permanentmagnetischen Flusses aufweist. Durch den vergleichsweise großen Durchmesser in diesen Bereichen des Stators können sich beispielsweise einfache Anforderungen an die Permanentmagneten hinsichtlich der Energiedichte ergeben, was eine Verwendung von kostengünstigen Permanentmagneten ermöglichen kann. Außerdem kann dadurch eine Flusskonzentration im Luftspalt mit erhöhter Flussdichte des vormagnetisierten Flusses geschaffen werden.

[0020] Umfasst für die Erzeugung des Vormagnetisierungsflusses mindestens eine Statorwicklung das Statorjoch mindestens teilweise, dann kann durch eine eventuelle Statorsegmentierung eine einfache Einbringung der Spulen möglich werden. Umfasst für die Erzeugung des Vormagnetisierungsflusses wenigstens eine Statorwicklung mit im Wesentlichen radialer Ausrichtung der Wicklungsachse, insbesondere eine Statorwicklung, die mindestens teilweise einen Statorzahn, mindestens teilweise umfasst, dann kann eine verbessert steuerbare Flusschwächung eine Erweiterung des Drehzahlbereichs ermöglichen. Wird mindestens eine Wicklung mit im Wesentlichen axialer Ausrichtung der Wicklungsachse, insbesondere eine Statorwicklung, die vom Lagerschild, Reluktanzläufer und Stator wenigstens teilweise umfasst, wobei die Wicklung wenigstens eine Spule aufweist, dann können Leerräume der elektrischen Maschine verwendet werden, was zu keinem konstruktiven Mehraufwand führen kann.

[0021] Eine gleichmäßige Momentenausbildung kann ermöglicht werden, wenn mindestens ein Reluktanzhauptpol und/oder Reluktanznebenpol luftspaltseitig einen entsprechend einer Nachbildung eines sinusförmigen Luftspaltfelds verlaufenden Rotorpolschuh aufweist. Außerdem kann dies zu verminderten Eisenverlusten führen.

[0022] Konstruktive Einfachheit kann sich ergeben, wenn die Ausnehmung für die Flussperre an der Rotoraußenseite zumindest teilweise vorgesehen ist. Damit kann beispielsweise eine Kühlfläche durch eine vergrößerte Oberfläche geschaffen werden. Außerdem kann durch einen Entfall von Sättigungsstegen magnetische Kurzschlüsse verringert werden. Ist die Ausnehmung für die Flussperre in der Innenkontur zumindest teilweise eingebracht, dann kann damit eine erhöhte Festigkeit ermöglicht werden. Außerdem können damit Geräusche reduziert, sowie die Luftreibung vermindert werden.

[0023] Vorzugsweise bildet die Ausnehmung für die Flussperre mindestens eine Leitfläche zum Leiten, Fördern und/oder Verdichten von flüssigen oder gasförmigen Medien aus. Die Ausnehmung kann somit neben der magnetischen Flussperre auch eine zusätzliche Funktion als Pumpe bzw. Ventilator erfüllen. Letztgenannter kann für Kühlungszwecke verwendet werden. Für Pumpzwecke kann der Reluktanzläufer umspritzt werden, um damit einen Korrosionsschutz zu gewährleisten. Konstruktive Einfachheit kann so geschaffen werden.

[0024] Zur Steigerung der Förderleistung kann die Leitfläche der Ausnehmung gegenüber der Längsachse des Reluktanzläufers wenigstens teilweise geneigt verlaufen.

[0025] Die Förderleistung kann unabhängig von den Anforderungen an die Ausgestaltung der Ausnehmungen eingestellt werden, wenn die Leitfläche an ein auf den Reluktanzläufer aufgesetztes Laufrad zum Fördern und/oder Verdichten von flüssigen oder gasförmigen Medien anschließt.

[0026] In den Zeichnungen ist der Erfindungsgegenstand anhand von Ausführungsbeispielen näher dargestellt. Es zeigen

- [0027]** Fig. 1 eine Schnittansicht auf eine elektrische Maschine mit einem Reluktanznebenpol,
- [0028]** Fig. 2 eine vergrößerte Teilansicht zur Fig. 1,
- [0029]** Fig. 3, 4 weitere Ausführungsformen zu dem nach Fig. 1 dargestellten Reluktanzläufer,
- [0030]** Fig. 5 eine zur Fig. 1 alternative Ausführungsform des Stators,
- [0031]** Fig. 6 eine aufgerissene Seitenansicht zur elektrischen Maschine nach Fig. 1,
- [0032]** Fig. 7, 8, 9 Ausführungsbeispiele zu elektrischen Erregerwicklungen,
- [0033]** Fig. 10 eine alternative Ausführung eines Stators,
- [0034]** Fig. 11 eine nutenlose Ausführung eines nach Fig. 1 gezeigten Stators,
- [0035]** Fig. 12 ein Ausführungsbeispiel zu einem Reluktanzläufer,
- [0036]** Fig. 13 eine dreidimensionale Darstellung des nach Fig. 12 dargestellten Reluktanzläufers und
- [0037]** Fig. 14 eine Seitansicht auf einen weiteren Reluktanzläufer verbunden mit einem Laufrad.

[0038] Gemäß Fig. 1 wird beispielsweise eine elektrische Maschine 1 als erstes Ausführungsbeispiel mit einem Reluktanzläufer 2 und einem Stator 3 dargestellt. Der Reluktanzläufer 2 ist über nicht näher dargestelltes Lager gegenüber dem Stator 3 drehbar gelagert und weist ein ferromagnetisches Material auf. Außerdem bildet der Reluktanzläufer 2 zwei Reluktanzhauptpole 4 und 5 aus. Zwischen Stator 3 und Reluktanzläufer 2 befindet sich ein Luftspalt 6, wobei der Stator 3 Zähne 7, eine elektrische Statorwicklung 8 zur Drehmomentbildung und Permanentmagneten 9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14 und 14' zur Vormagnetisierung des Luftspalts 6 aufweist. Solch eine elektrische Maschine kann im Allgemeinen als Reluktanzmaschine mit Erregung im Stator bezeichnet werden. Die Erregung kann mit beispielsweise mit einer dreiphasigen Wicklung 8 abfolgend U, U, W', W', V, V, U', U' etc. ermöglicht werden. Die Permanentmagneten 9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14 und 14' weisen eine radiale Magnetisierung auf, wie der Fig. 1 angedeutet ist. Es ist aber auch vorstellbar, anstelle der Permanentmagneten 9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14 und 14' oder ergänzend zu diesen eine elektrische Erregereinrichtung vorzusehen, was nicht näher dargestellt worden ist. Für ein vermindertes Nutrauten weisen alle Zähne 7 des Stators einen sich gegenüber dem Polschenkel 15 erweiternden Polschuh 16 auf. Erfindungsgemäß weist die dargestellte elektrische Maschine eine vergleichsweise hohe Effizienz in der Erzeugung eines Drehmoments auf, indem der Reluktanzläufer 2 Reluktanznebenpole 17, 18 aufweist. Zu diesem Zweck sind im ferromagnetischen Material Ausnehmungen 19 vorgesehen, die eine Flusssperre 20 für die Führung des magnetischen Flusses 21 in Richtung seiner Reluktanzhauptpole 4 und 5 bilden. Eine zusätzliche reluktanzbasierende Drehmomentenbildung kann daher unterstützend genutzt werden, wodurch sich die erfindungsgemäße elektrische Maschine 1 gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten elektrischen Maschinen besonders auszeichnen kann.

[0039] Als Alternative zur nach Fig. 1 dargestellten elektrischen Maschine 1 zeigt die nach Fig. 11 dargestellte elektrische Maschine 54 eine nutenlose Statorwicklung 52. Die Luftspulen 53 sind im Luftspalt 6 zwischen Reluktanzläufer 2 und Stator 3 vorgesehen.

[0040] Die Reluktanznebenpole 17, 18 sind konstruktiv einfach über Sättigungsstege 22 mit dem ferromagnetischen Material des Rotorkerns 23 bzw. die Reluktanzhauptpole 4, 5 verbunden, was der Fig. 2 besser entnommen werden kann.

[0041] Wie der Fig. 1 entnommen werden kann, ist zwischen zwei Reluktanzhauptpolen 4, 5 je ein Reluktanznebenpol 17 bzw. 18 angeordnet. Dadurch kann auf konstruktiv einfache Art und

Weise ein besonders symmetrischer Konstruktionsaufbau sichergestellt werden.

[0042] Der nach Fig. 3 dargestellte weitere Reluktanzläufer 24 weisen zum nach der Fig. 1 gezeigten Reluktanzläufer 2 weitere Flusssperren 25 und 26 auf. Die Ausnehmungen 27 im ferromagnetischen Material dienen zur Schaffung der Flusssperren 25 und 26 und ermöglichen so eine Führung zumindest eines Teils des Ankerflusses im Wesentlichen quer zum Hauptpol 4, 5 bzw. zum Nebenpol 17, 18 zu ermöglichen.

[0043] Der Hauptpol 4, 5 des nach Fig. 4 dargestellten Reluktanzläufers 28 weist Ausnehmungen 29 im ferromagnetischen Material für wenigstens eine Flusssperre 30 für die Führung zumindest eines Teils des Ankerflusses im Wesentlichen zum Hauptpol 4, 5 auf.

[0044] Wie in der Fig. 2 erkannt werden kann, ist in einigen Ausnehmungen 19 ein Permanentmagnet 31 eingesetzt, um damit Flusssperren 20 zu bilden. Damit kann der Reluktanzläufer 28 permanentmagnetisch magnetisiert werden, was vorteilhaft sein kann.

[0045] Nach Fig. 5 kann eine zur Fig. 1 alternative Ausführungsform eines Stators 57 erkannt werden. Hier werden im Stator zwei Permanentmagneten 32, 33 vorgesehen, die einen permanentmagnetischen Fluss 34 in einer Ebene erzeugen, wobei dieser über den Reluktanzläufer, der nicht näher dargestellt worden ist, den Stator 57 und den Luftspalt 6 verläuft.

[0046] Alternativ zur Positionierung der Permanentmagneten 32, 33 nach Fig. 5 kann auch wie in Fig. 6 dargestellt, der zur Vormagnetisierung vorgesehene, permanentmagnetische Fluss 34 wenigstens über den Rotor bzw. Reluktanzläufer 2, den Stator 3, die diversen Luftspalte 6 und die beiden Lagerschilde 35 und 36 verlaufen.

[0047] In Fig. 7 ist eine elektrische Erregereinrichtung 37 zur Vormagnetisierung im Stator 38, im Bereich des Jochs 39, sowie eine elektrische Erregereinrichtung 40 zur Vormagnetisierung im Stator 38 im Bereich einer Nut 41 zu erkennen. In Fig. 8 ist eine elektrische Erregereinrichtung 43 zur Vormagnetisierung im Stator 42 im Bereich eines Zahns 7, der als Permanentmagnet 9 ausgeführt ist, zu erkennen. In Fig. 9 ist eine elektrische Erregereinrichtung 44 oder 59 zur Vormagnetisierung im Stator 45 im Bereich des ferromagnetischen Lagerschildes 58 vorgesehen.

[0048] Gemäß Fig. 10 kann ein weiteres Ausführungsbeispiel zu einem Stator 46 erkannt werden, bei dem ein Permanentmagnet 47 und die elektrische Erregereinrichtung 48 in mindestens einer Ausnehmung 49 seines Statorjochs 39 vorgesehen sind.

[0049] Wie in Fig. 1 dargestellt, weist der Stator 3 ringförmig angeordnete Ausnehmungen 50 auf, in die die Permanentmagneten 9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14 bzw. 14' eingesetzt sind. Besonders einfache Montageverhältnisse können sich so ergeben.

[0050] Wie der Fig. 7 entnommen werden kann, weist der Stator 38 wenigstens eine Ausnehmung 51 zur zumindest teilweisen Aufnahme wenigstens eines Permanentmagneten 32, 33 mit einer Magnetisierungsrichtung im Wesentlichen in Umfangsrichtung für eine Erzeugung eines permanentmagnetischen Flusses 34 auf.

[0051] Nach Fig. 7 ist weiter zu erkennen, dass für die Erzeugung des Vormagnetisierungsflusses 34 mindestens eine Statorwicklung 37 das Statorjoch 38 mindestens teilweise umfasst.

[0052] Weiter zeigt die Fig. 7, dass zur Erzeugung des Vormagnetisierungsflusses 34 wenigstens eine Statorwicklung 40 mit im Wesentlichen radialer Ausrichtung der Wicklungsachse, insbesondere eine Statorwicklung 40 mit im Wesentlichen radialer Ausrichtung der Wicklungsachse mindestens einen Zahn 7 wenigstens teilweise umfasst.

[0053] Nach Fig. 9 kann erkannt werden, dass mindestens eine Wicklung 44, 59 mit im Wesentlichen axialer Ausrichtung der Wicklungsachse, insbesondere eine Statorwicklung, vom Lagerschild 58, Reluktanzläufer 2 und Stator 45 wenigstens teilweise umfasst wird, wobei die Wicklung 44, 59 wenigstens eine Spule aufweist. Durch diese Vormagnetisierung kann ein magnetischer Fluss 34 erzeugt werden, der sich auch durch die Permanentmagneten 47 bestimmt.

[0054] Die Ausnehmungen 19 für die Flusssperren 20 sind wie in Fig. 12 dargestellt an der

Außenseite 56 und in der Innenkontur 63 des Reluktanzläufers 2 eingebracht.

[0055] In Fig. 13 ist zu erkennen, dass einige Ausnehmungen 19 für die Flusssperren 20 eine Leitfläche 62 zum Leiten, Fördern und/oder Verdichten von flüssigen oder gasförmigen Medien vorgesehen sind. Diese Leitflächen 62 verlaufen gegenüber der Längsachse des Reluktanzläufers 2 geneigt, was erhöhte Fördermengen gewährleisten kann. Der Rotor 2 kann somit auch als Laufrad verwendet werden, was konstruktive Einfachheit schaffen kann.

[0056] Alternativ kann ein Laufrad 60 am Rotor 2 befestigt bzw. aufgesetzt werden, wie dies nach Fig. 14 dargestellt worden ist. Vorteilhaft kann dadurch die Leitfläche 62 des Reluktanzläufers 2 an das Laufrad 60 zum Fördern und/oder Verdichten von flüssigen oder gasförmigen Medien anschließen, wobei das Laufrad 60 hierfür Schaufeln 61 aufweisen kann. Vorteilhaft können bei einer derartigen konstruktiven Ausführung die Leitflächen 62 Zwecke eines Leitrads bzw. Leitwerks erfüllen.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einem gelagerten, ein ferromagnetisches Material und mindestens einen Reluktanzhauptpol (4, 5) aufweisenden Reluktanzläufer (2, 24, 28) und mit einem durch einen Luftspalt (6) getrennten Stator (3, 45, 46), der wenigstens eine elektrische Statorwicklung (8) zur Drehmomentbildung und mindestens einen Permanentmagneten (9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14, 14') und/oder eine elektrische Erregereinrichtung (37, 43, 44, 48) zur Vormagnetisierung des Luftspalts (6) aufweist, wobei der Stator (3, 45, 46) insbesondere wenigstens einen Zahn (7) mit vorzugsweise einen sich gegenüber seinem Polschenkel (15) erweiternden Polschuh (16) oder eine nutenlose Statorwicklung (52) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reluktanzläufer (2, 24, 28) in seinem ferromagnetischen Material zur Ausbildung wenigstens eines Reluktanznebenpols (17, 18) am Reluktanzläufer (2, 24, 28) wenigstens eine, eine magnetische Flusssperre (20) ausbildende Ausnehmung (19) aufweist.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reluktanznebenpol (17, 18) über mindestens einen Sättigungssteg (22) mit dem ferromagnetischen Material des Rotorkerns (23) bzw. mit mindestens einem Reluktanzhauptpol (4, 5) verbunden ist.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Reluktanznebenpol (17, 18) zwischen zwei Reluktanzhauptpolen (4, 5) angeordnet ist.
4. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reluktanzhauptpol und/oder-nebenpol (4, 5 und/oder 17, 18) wenigstens teilweise mindestens eine Ausnehmung (27) im ferromagnetischen Material für wenigstens eine Flusssperre (25, 26) für die Führung zumindest eines Teils des Ankerflusses im Wesentlichen quer zum Reluktanzhauptpol bzw. -nebenpol (4, 5 bzw. 17, 18) aufweist.
5. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reluktanzhauptpol und/oder -nebenpol (4, 5 und/oder 17, 18) wenigstens teilweise mindestens eine Ausnehmung (29) im ferromagnetischen Material für wenigstens eine Flusssperre (30) für die Führung zumindest eines Teils des Ankerflusses im Wesentlichen zum Reluktanzhauptpol bzw. -nebenpol (4, 5 bzw. 17, 18) aufweist.
6. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Ausnehmung (19) zur Bildung einer Flusssperre (20) mindestens einen Permanentmagneten (31) wenigstens teilweise aufweist.
7. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator (3, 45, 46) eine ein- oder mehrsträngige Wicklung (8), insbesondere ausgeführt als konzentrische, verteilte, konzentrierte, insbesondere Zahnspulenwicklung, oder nutenlose Wicklung, aufweist.
8. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein, zur Vormagnetisierung vorgesehener, permanentmagnetischer Fluss (34) in einer Ebene wenigstens teilweise über den Reluktanzläufer (2, 24, 28), den Stator (57) und den Luftspalt (6) verläuft.
9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein, zur Vormagnetisierung vorgesehener, permanentmagnetischer Fluss (34) wenigstens teilweise über den Reluktanzläufer (2, 24, 28), den Stator (3, 45, 46), den Luftspalt (6) und mindestens ein Lagerschild (35, 36) und/oder ein axial zum Reluktanzläufer (2, 24, 28) bzw. zur Statorwicklung (8) angeordnetes Flussleitstück verläuft.
10. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Permanentmagnet (9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14, 14, 32, 33, 47) und/oder die elektrische Erregereinrichtung (37, 40, 43, 44) zur Vormagnetisierung im Stator (3, 45, 46) im Bereich eines Zahns (7), des Joches (39), der Nuten (41), des insbe-

sondere ferromagnetischen Lagerschildes (58) und/oder in einem Zwischenraum dieser Teile vorgesehen ist.

11. Elektrische Maschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Permanentmagnet (47) und/oder die elektrische Erregereinrichtung (48) in mindestens einer Ausnehmung (49) des Statorjochs (39) wenigstens teilweise vorgesehen ist.
12. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator eine ringförmige Ausnehmung (50) oder ringförmig angeordnete Ausnehmungen zur zumindest teilweisen Aufnahme wenigstens eines Permanentmagneten (9, 9', 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13', 14, 14') mit insbesondere einer im Wesentlichen gemeinsamen und im Wesentlichen radialen Magnetisierungsrichtung für eine Erzeugung eines permanentmagnetischen Flusses aufweist.
13. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator wenigstens eine Ausnehmung (51) zur zumindest teilweisen Aufnahme wenigstens eines Permanentmagneten (32, 33) mit einer Magnetisierungsrichtung im Wesentlichen in Umfangsrichtung für eine Erzeugung eines permanentmagnetischen Flusses (34) aufweist.
14. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Erzeugung des Vormagnetisierungsflusses (34) mindestens eine Statorwicklung (37) das Statorjoch (38) mindestens teilweise umfasst und/oder wenigstens eine Statorwicklung (40) mit im Wesentlichen radialer Ausrichtung der Wicklungsachse mindestens einen Zahn (7) wenigstens teilweise umfasst und/oder mindestens eine Wicklung (44, 59) mit im Wesentlichen axialer Ausrichtung der Wicklungsachse, insbesondere eine Statorwicklung, die vom Lagerschild (58), Reluktanzläufer (2, 24, 28) und Stator (45) wenigstens teilweise umfasst wird, wobei die Wicklung (44, 59) wenigstens eine Spule aufweist.
15. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Reluktanzhauptpol und/oder Reluktanznebenpol (4, 5 und/oder 17, 18) luftspaltseitig einen entsprechend einer Nachbildung eines sinusförmigen Luftspaltfelds verlaufenden Rotorpolschuh (55) aufweist.
16. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausnehmung (19) für die Flusssperre (20) zumindest teilweise an der Außenseite (56) des Reluktanzläufers (2, 24, 28) vorgesehen und/oder zumindest teilweise in der Innenkontur (63) des Reluktanzläufers (2, 24, 28) eingebracht ist.
17. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausnehmung (19) für die Flusssperre (20) mindestens eine Leitfläche (62) zum Leiten, Fördern und/oder Verdichten von flüssigen oder gasförmigen Medien ausbildet.
18. Elektrische Maschine nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitfläche (62) der Ausnehmung (19) gegenüber der Längsachse des Reluktanzläufers (2, 24, 28) wenigstens teilweise geneigt verläuft.
19. Elektrische Maschine nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitfläche (62) an ein auf den Reluktanzläufer (2, 24, 28) aufgesetztes Laufrad (60) zum Fördern und/oder Verdichten von flüssigen oder gasförmigen Medien anschließt.

Hierzu 9 Blatt Zeichnungen

FIG.1

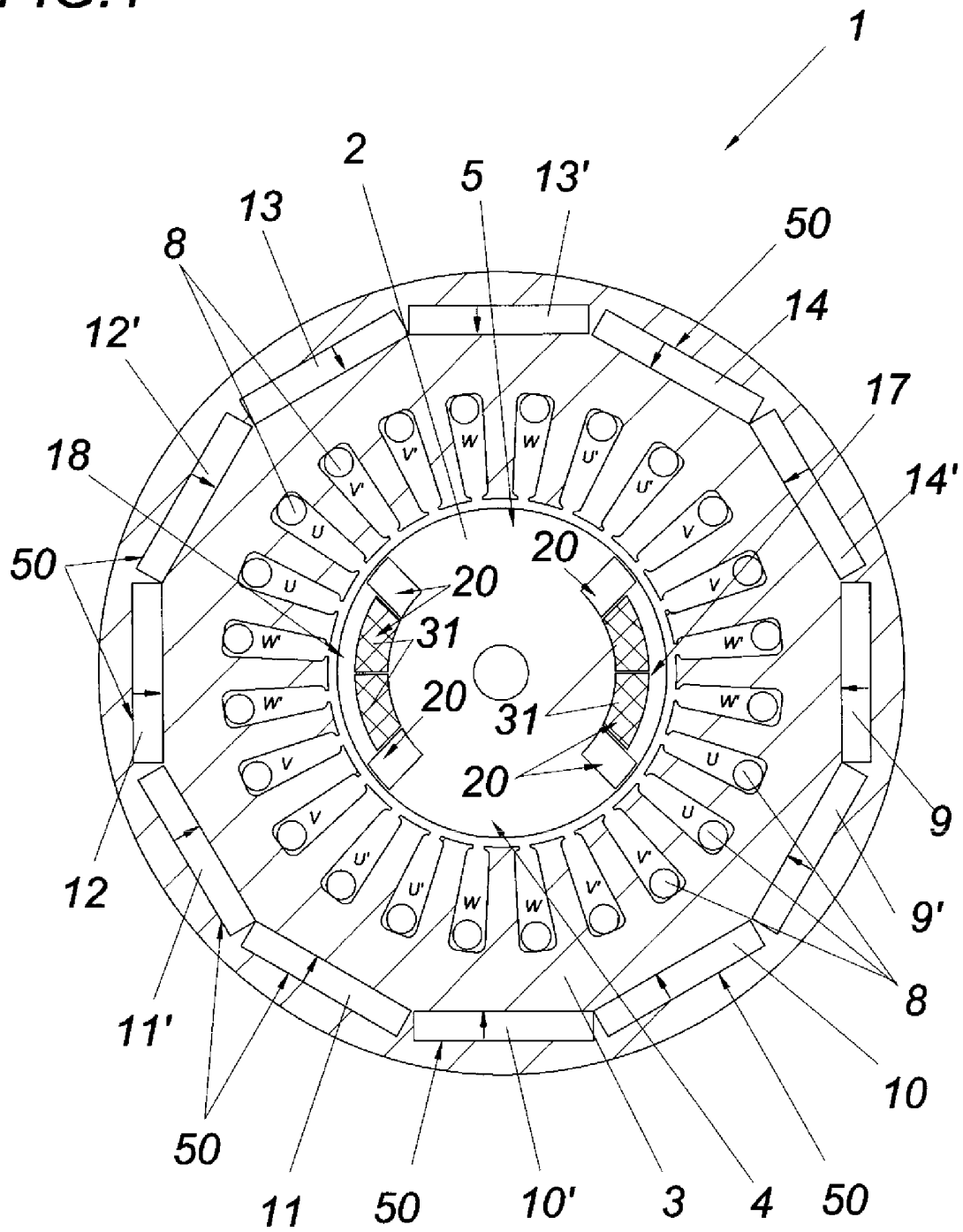




FIG.3

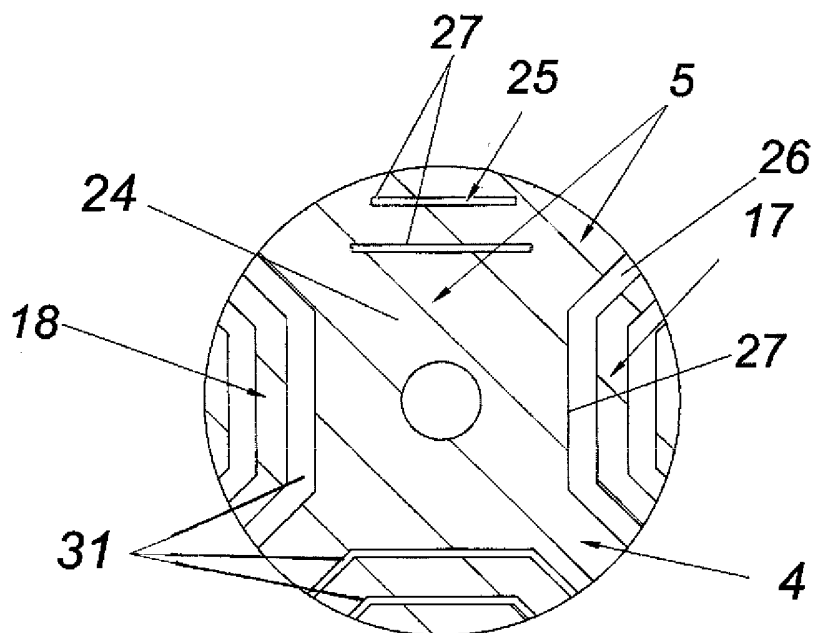


FIG.4

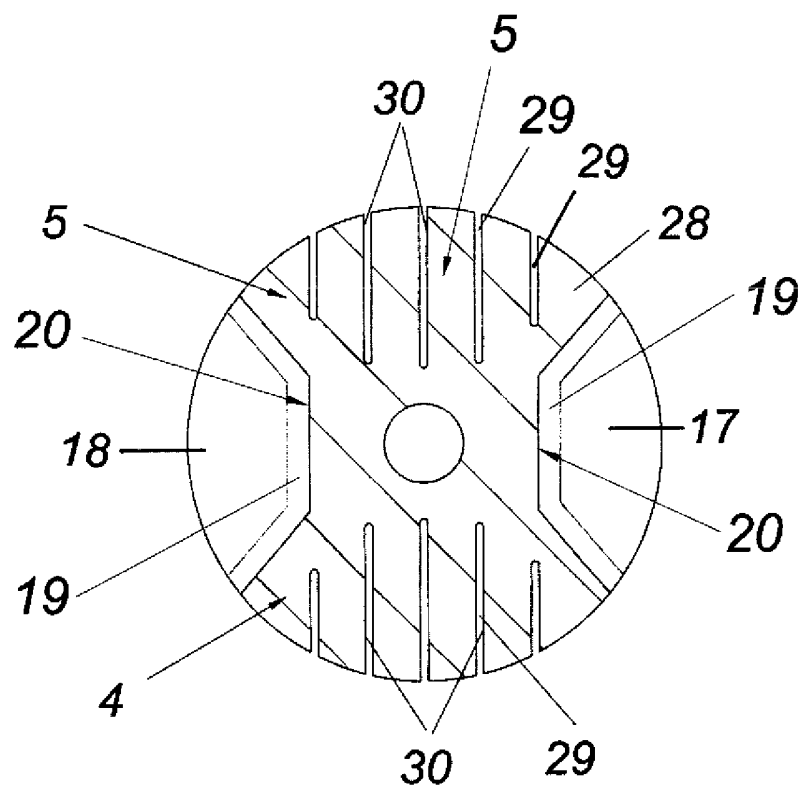


FIG.5

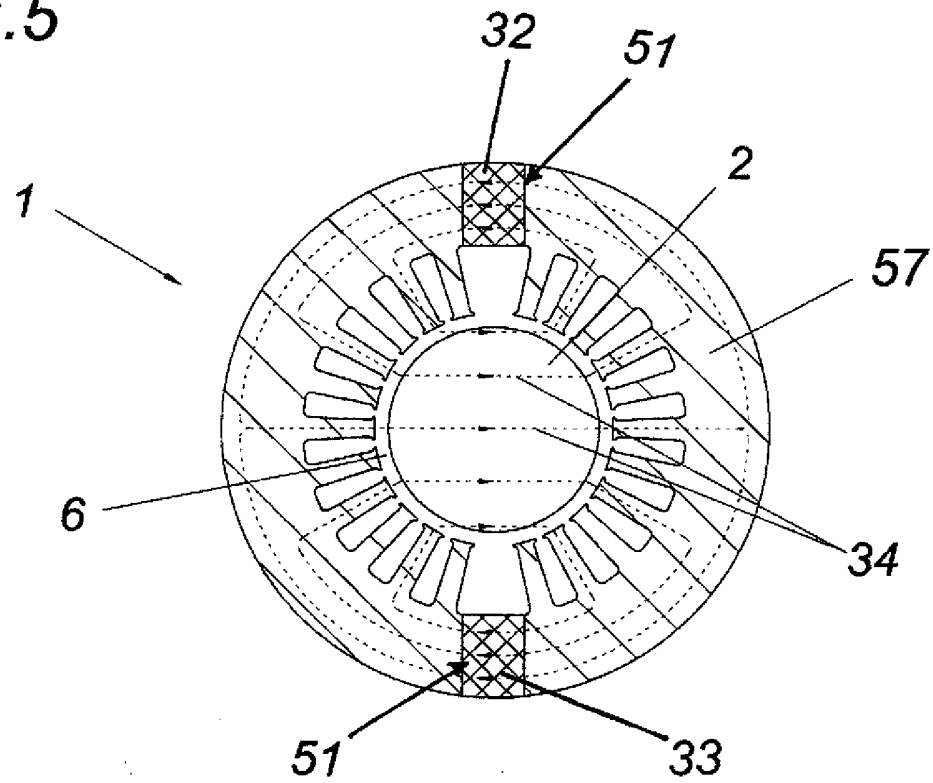


FIG.6

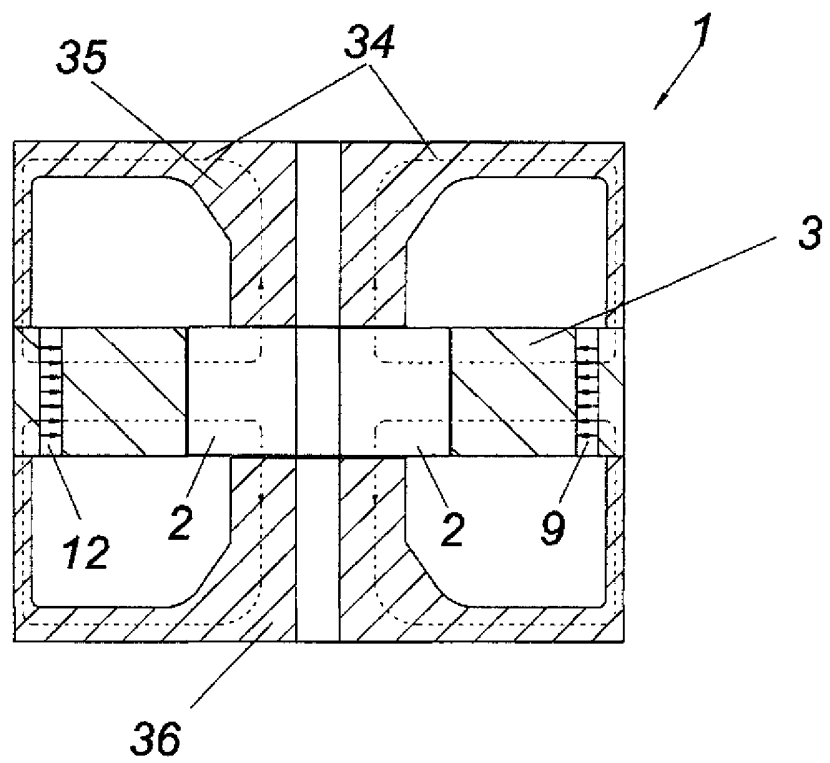


FIG.7

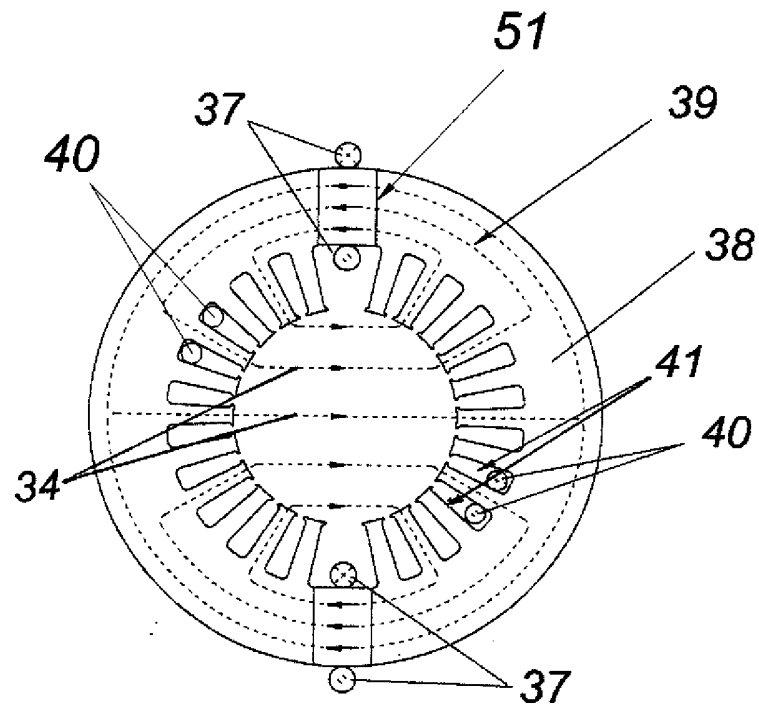


FIG.8

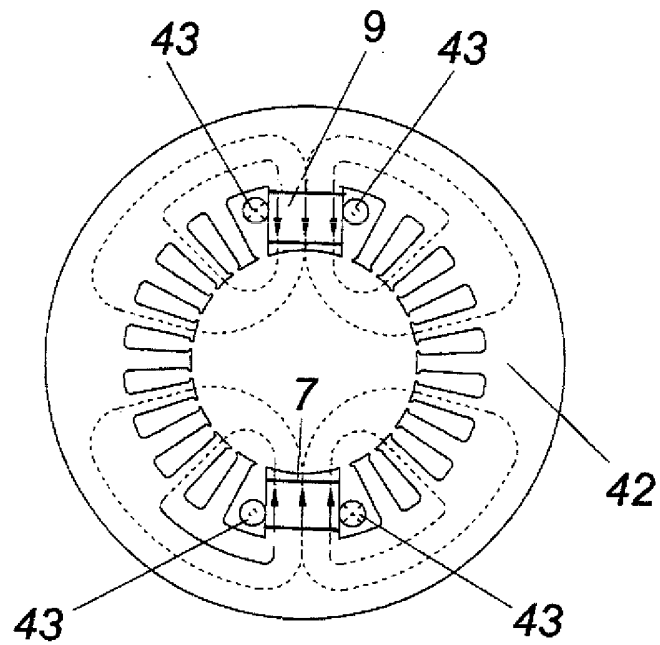


FIG.9

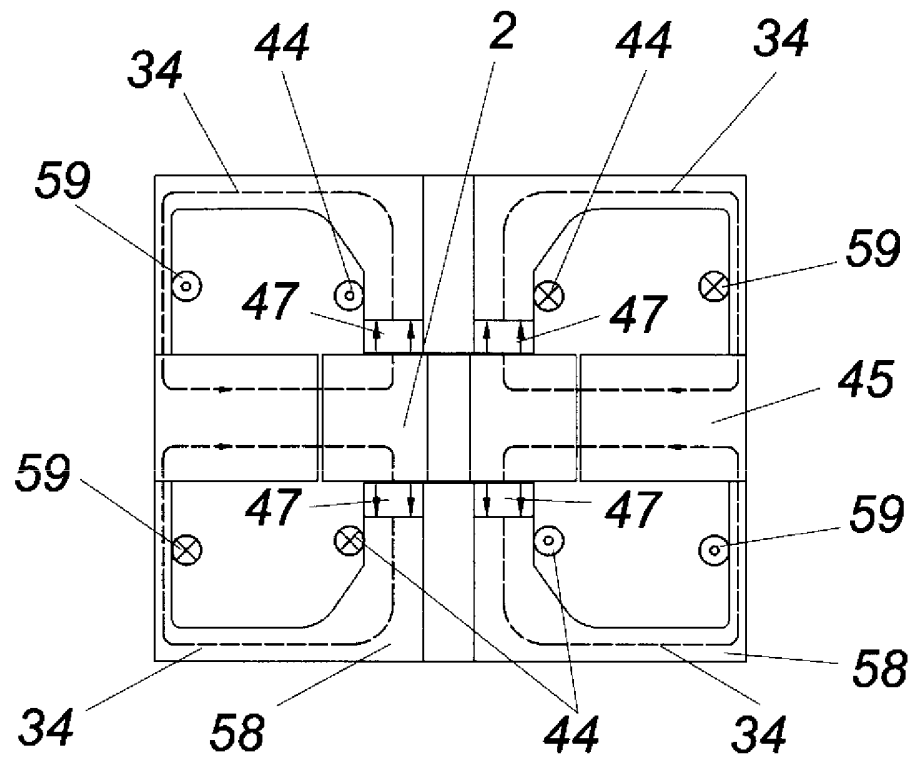


FIG.10

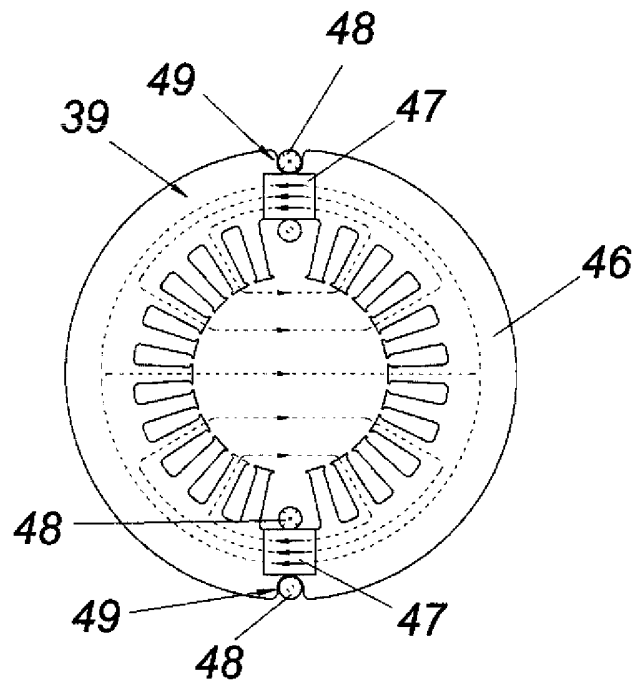


FIG.11

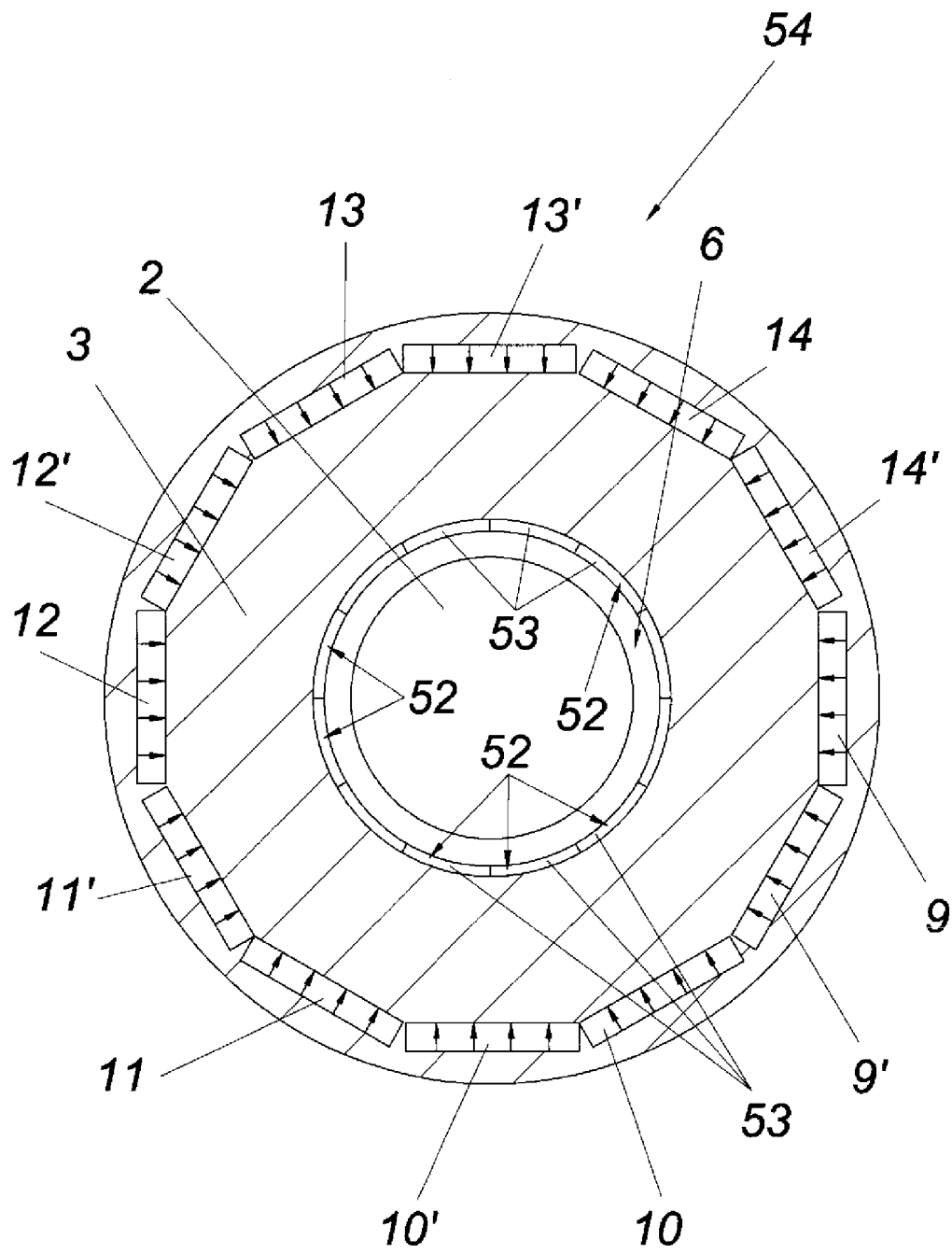


FIG.12

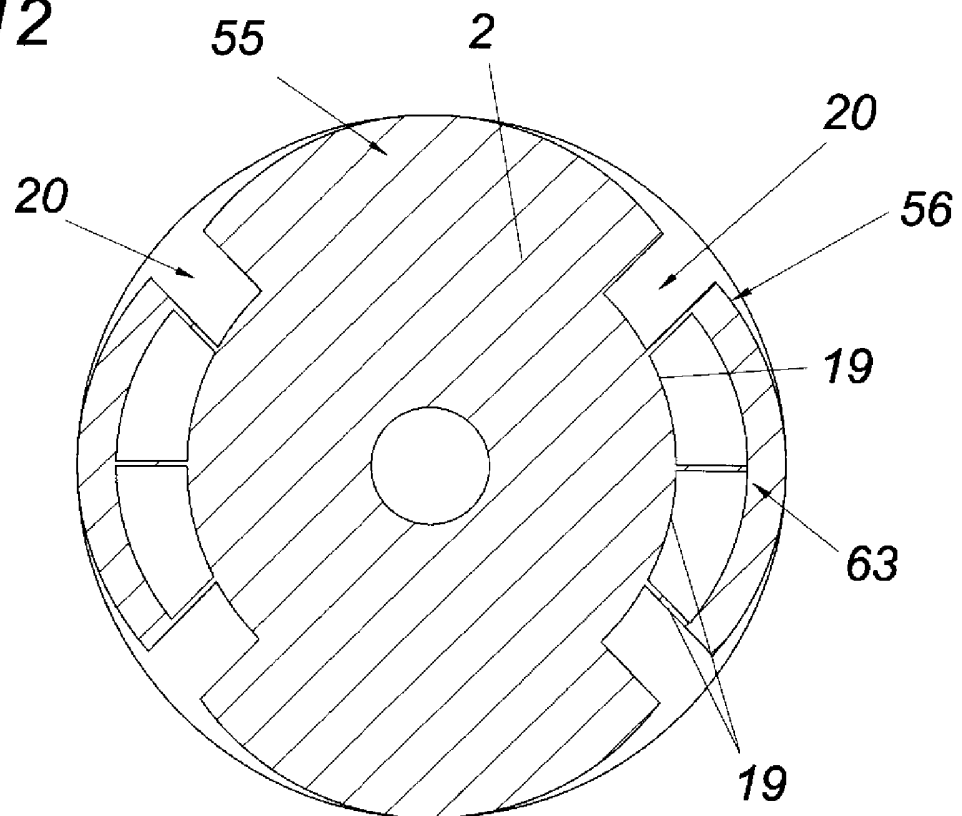


FIG.13

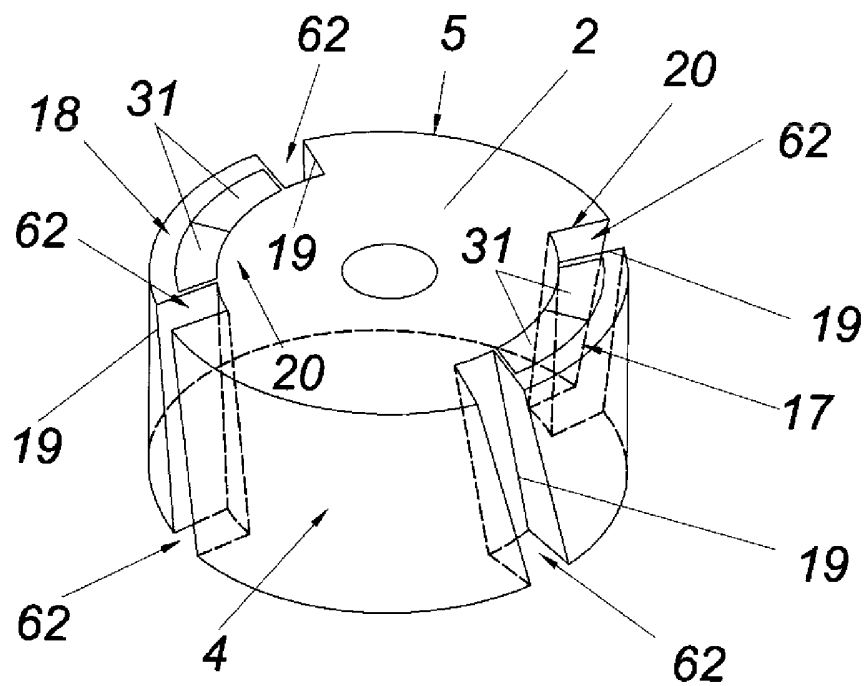


FIG.14

