



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 18 624 A1** 2004.11.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 18 624.7**
(22) Anmeldetag: **24.04.2003**
(43) Offenlegungstag: **25.11.2004**

(51) Int Cl.7: **H02K 1/27**

(71) Anmelder:
Minebea Co., Ltd., Nagano, JP

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(72) Erfinder:
Hans, Helmut, Dr., 78112 St. Georgen, DE

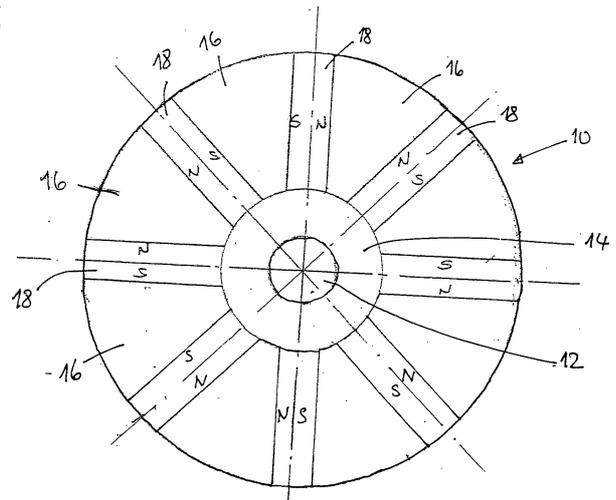
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 101 53 750 A1
US 43 27 302 A
EP 12 23 658 A1
JP 09-0 09 537 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Rotorkörper für einen Elektromotor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotorkörper für einen Elektromotor mit einem im Wesentlichen zylindrischen Rotorkern mit einer zentralen Öffnung und mit Permanentmagneten, die in dem Rotorkern eingebettet sind und sich im Wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern erstrecken, wobei der Rotorkern durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, und wobei ausgewählte Permanentmagnete an ihren radial innen oder außen liegenden Enden durch Aussparungen in dem Rotorkern überbrückt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotorkörper für einen Elektromotor mit einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern, der eine zentrale Öffnung aufweist, und mit Permanentmagneten, die sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern erstrecken, wobei die Permanentmagnete in den Rotorkern eingebettet sind.

[0002] Allgemeiner betrifft die Erfindung das Gebiet der elektrischen Motoren, welche Permanentmagnete aufweisen, wie bürstenlose, elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren und andere Permanentmagnetmotoren, und insbesondere solche, die als Innenläufer konfiguriert sind. Innenläufermotoren umfassen im allgemeinen eine Rotoranordnung, die auf der Motorwelle montiert ist und einen oder mehrere Permanentmagnete umfaßt, sowie eine Statoranordnung, wie einen Statorkörper, der aus Metallblechen aufgebaut ist, welche Wicklungen tragen. Die Rotoranordnung ist in die Statoranordnung coaxial eingefügt. Bei Außenläufermotoren umgibt die Rotoranordnung den Stator.

[0003] Fig. 8 zeigt grundsätzlich den Aufbau eines Elektromotors mit einem Gehäuse **114**, in dem eine Statoranordnung **118**, eine Rotoranordnung **116** sowie Lager **126**, **128** zum drehbaren Lagern der Rotoranordnung aufgenommen sind. Die Statoranordnung **118** umfaßt paketierte Metallbleche **155** und Wicklungen **160** und grenzt einen Innenraum ein, in den die Rotoranordnung **116** eingefügt werden kann. Die Rotoranordnung **116** umfaßt die Motorwelle **110**, einen Eisenrückschluß **112** und Permanentmagnete **122**. Die Lager **126**, **128** für die Lagerung der Rotoranordnung können in einen Flansch **124** des Motorgehäuses **114** integriert sein.

[0004] Fig. 8 dient der Erläuterung des grundsätzlichen Aufbaus eines Elektromotors. Wie eingangs ausgeführt, betrifft die Erfindung einen Rotorkörper für einen solchen Elektromotor, wobei der Rotorkörper einen im wesentlichen zylindrischen Rotorkern mit einer zentralen Öffnung aufweist und die Permanentmagnete in den Rotorkern eingebettet sind.

Stand der Technik

[0005] Rotoren mit eingebetteten Magneten sind nach dem Stand der Technik allgemein bekannt. Eine Rotorkonfiguration mit einer mehrpoligen speichenradartigen Ausführung mit sich radial erstreckenden eingebetteten Magneten ist z.B. gezeigt in „Design of Brushless Permanent-Magnet Motors“, J.R. Hendershot Jr. und TJE Miller, Magna Physics Publishing and Clarendon Press, Oxford, 1994. Wie in dieser Veröffentlichung gezeigt, ist es bekannt, einen Rotorkörper mit eingebetteten, sich radial erstreckenden Magneten herzustellen, die durch einen Ring oder ein

Rohr geschützt werden, welches den Rotorkörper umgibt. Der Rotorkörper, in den die Magnete eingebettet sind dient als Rückschluß.

[0006] Eine übliche Form von Rotoren mit eingebetteten Magneten ist auch in EP 0 691 727 A1 gezeigt. Diese Veröffentlichung zeigt mehrere Permanentmagnete, die in Schlitze eingefügt sind, welche in dem Rotorkörper ausgebildet sind, um die Permanentmagnete von außen in den Rotorkörper einzuschieben. An ihren radial innen liegenden Enden sind die Permanentmagnete von dem Material des Rotorkerns umschlossen.

[0007] Rotoren mit eingebetteten Permanentmagneten haben grundsätzlich den Vorteil, daß die Magnete vollständig eingekapselt werden können, so daß der Rotor auch mit aggressiven Medien in Kontakt kommen kann, ohne daß das Magnetmaterial eines besonderen Oberflächenschutzes zur Vermeidung von z.B. Korrosion bedarf. Die beschriebene Rotorbauweise hat jedoch den Nachteil, daß ein Streufluß durch den Rotorkern in der Nähe der Welle erzeugt wird.

[0008] Um zu vermeiden, daß ein derartiger Streufluß entsteht, wurde im Stand der Technik vorgeschlagen, auf die Welle eine Hülse aus magnetisch nicht oder nur schlecht leitfähigem Material aufzubringen, an der dann die Flußleitstücke des Rotorkerns befestigt werden, zwischen denen wiederum die Permanentmagnete eingebettet sind. Eine solche Bauweise ist beispielsweise in EP 0 641 059 A1; EP 0 803 962 A1; und DE 101 00 718 A1 gezeigt. Dieser Aufbau ist zwar bezüglich des magnetischen Kreises und der Verteilung der Flußdichte im Rotorkörper wesentlich besser als der zuvor beschriebene Stand der Technik, er ist jedoch aufwendig in der Herstellung, und aufgrund der vielen Einzelteile können sich Probleme im mechanischen Aufbau, wie eine Addition von Toleranzen, ergeben.

[0009] Die EP 0803 962 A1 zeigt zusätzlich, daß die Schlitze zum Aufnehmen der Permanentmagneten an ihren Außenumfang eine Brücke aufweisen, um die Permanentmagnete nach außen hin vollständig zu schützen.

[0010] Die WO 00/57537 beschreibt einen mehrpoligen Permanentmagnet-Rotor für einen Elektromotor mit eingebetteten Magneten, die so angeordnet sind, daß sich eine Flußkonzentration ergibt. Die Permanentmagnete sind als flache Kuben ausgebildet, die speichenartig, radial zur Rotorachse in Ausnehmungen angeordnet sind, welche zwischen Flußleitstücken angeordnet sind, die am Rotorkörper befestigt sind. Für die Montage der Magnete und der Flußleitstücke werden jene als benachbarte Halb-Stücke für jeweils einen Pol ausgebildet, und Permanentmagnete und Flußleitstücke werden über eine Hülse an

der Welle angebracht.

[0011] Eine andere Bauweise eines Rotors mit eingebetteten Magneten ist in EP 0 872 944 A1 gezeigt. Die Magnete sind in einer radialen Richtung oder parallel zu einer radialen Richtung des Rotorkörpers angeordnet. In der EP 0 872 499 sind die Permanentmagnete in einer sogenannten Doppelspeichen-Konfiguration angeordnet. Diese „Doppelmagnete“ umfassen jeweils ein Paar Permanentmagnete, deren Magnetisierungsrichtung im wesentlichen gleich ist. Sie können parallel zueinander angeordnet sein, wie in der genannten Druckschrift, oder unter einem Winkel zueinander geneigt sein. Durch diese Anordnung wird eine Verbesserung des Laufverhaltens des Elektromotors und insbesondere eine Reduktion Rastmomente und der Drehmomentwelligkeit erreicht.

[0012] Weitere Patent-Veröffentlichungen bezüglich Rotoren mit eingebetteten Magneten sind z.B. GB 1,177,247; EP 0 955 714 A2; und U.S. 2002/0067096 A1.

[0013] Die bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Rotorkörpers ist in einem bürstenlosen Gleichstrommotor oder einem anderen Permanentmagnet-Synchronmotor. Solche Motoren können in einer großen Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden, wie Spindelmotoren für Plattenlaufwerke, motorisch unterstützte Systeme in Kraftfahrzeugen, z.B. Lenk- und Bremssysteme, Elektrowerkzeuge und viele andere Anwendungen.

[0014] Mit der radialen Anordnung der in den Rotorkern eingebetteten Permanentmagnete ergibt sich das Problem eines Streuflusses im Bereich der Welle, auf welcher der Rotor sitzt. Die Welle ist üblicherweise aus Stahl und wirkt als ein zusätzlicher Rückschluß für den Magnetfluß durch den Rotorkern. Dadurch entstehen erhebliche magnetische Streuverluste. Diesem Problem kann dadurch begegnet werden, daß auf die Welle eine Hülse aus einem nicht oder nur schwach magnetisch leitfähigem Material aufgebracht wird, an der die Flußleitstücke des Rotorkerns befestigt werden, zwischen denen wiederum die Permanentmagnete eingebettet sind. Diese Bauweise ist relativ aufwendig und erfordert zusätzliche Einzelteile.

Aufgabenstellung

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Rotorkörper für einen Elektromotor anzugeben, der eingebettete Magnete aufweist, einfach herzustellen ist und gleichwohl die oben beschriebenen Probleme der Erzeugung von Streuflüssen im Bereich der Motorwelle vermeidet.

[0016] Diese Aufgabe wird durch einen Rotorkörper mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

[0017] Der erfindungsgemäße Rotorkörper weist einen im wesentlichen zylindrischen Rotorkern mit einer zentralen Öffnung auf. Permanentmagnete sind in den Rotorkern eingebettet und erstrecken sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern. Erfindungsgemäß ist der Rotorkern durch einen grundsätzlich zusammenhängenden Körper gebildet, wobei ausgewählte Permanentmagnete an ihren radial innen liegenden Enden durch Aussparungen in dem Rotorkern überbrückt werden. Wie beschrieben, besteht bei den Rotorkernen des Standes der Technik das Problem, daß im Bereich der Welle, an den radial innen liegenden Enden der Permanentmagnete ein erheblicher Streufluß erzeugt wird. Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, den Rotorkern dort zu unterbrechen, wo die Gefahr der Bildung unerwünschter Streufelder groß ist. Die Aussparungen, welche die radial innen liegenden Enden der Permanentmagnete überbrücken, verhindern, daß sich Felder in diesem Bereich beliebig fortsetzen. Dadurch können Streuverluste erheblich reduziert werden. Darüberhinaus werden die magnetischen Feldlinien verstärkt in den Außenbereich des Rotorkörpers geleitet, wodurch die Effektivität des Elektromotors zunimmt.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete durch eine Aussparung überbrückt. Vorzugsweise werden dadurch jeweils gleichnamige Pole der benachbarten Permanentmagnete überbrückt.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Permanentmagnete nach Art von Doppelspeichen paarweise in dem Rotorkern angeordnet, wobei jeweils die Permanentmagnete eines Paares gleichsinnig magnetisiert sind. Erfindungsgemäß sind jeweils die unmittelbar benachbarten Permanentmagnete zweier benachbarten Permanentmagnetpaare an ihren radial innen liegenden Enden durch eine Aussparung überbrückt.

[0020] Grundsätzlich gilt, daß abhängig von der speziellen Konfiguration der eingebetteten Permanentmagnete in dem Rotorkern die Aussparungen geeignet gewählt und angeordnet werden, um den Magnetfluß am äußeren Umfang des Rotorkörpers zu verstärken und unerwünschte Streuflüsse im Bereich der zentralen Öffnung des Rotorkerns zu unterbinden.

[0021] Für die Funktionstüchtigkeit des erfindungsgemäßen Rotorkörpers ist es wichtig, daß der Rotorkern durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, so daß die Permanentmagnete wenigstens an ihren radial innen liegenden Enden oder an ihren radial außen liegenden Enden von dem Rotorkern vollständig umschlossen sind.

[0022] In einer zweckmäßigen und bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Aussparungen durch Stege an der zentralen Öffnung des Rotorkerns sowie durch die inneren Enden von jeweils zwei benachbarten Magneten begrenzt. Diese Stege bilden einen geschlossenen Ring um die zentrale Öffnung und überbrücken jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete.

[0023] Dadurch bildet der Rotorkern bei seiner zentralen Öffnung eine geschlossene Fläche, die auf die Welle aufgebracht werden kann. Der erfindungsgemäße Rotorkörper kann somit direkt auf eine Stahlwelle, ohne Zwischenschaltung einer Hülse, aufgebracht werden, ohne daß die Gefahr besteht, daß die Welle einen magnetischen Rückfluß erzeugt und ein nennenswerter Streufluß entsteht. Dies wird durch die beschriebenen Aussparungen vermieden, welche durch die Stege eingegrenzt werden.

[0024] Die Erfindung gibt somit einen Rotorkörper für einen Elektromotor an, der einfach aufgebaut ist und vorzugsweise eine geschlossene Fläche an seiner zentralen Öffnung aufweist, so daß er direkt auf eine Motorwelle montiert werden kann. Durch den erfindungsgemäßen Aufbau wird der Streufluß zwischen Rotorkörper und Welle minimiert, ohne daß zusätzlich eine Hülse aus einem nicht magnetischen oder schwach magnetischen Material vorgesehen werden muß.

[0025] Erfindungsgemäß sind die Stege vorzugsweise so ausgebildet, daß sie jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarten Permanentmagnete überbrücken. Dadurch können jeweils zwei benachbarte gleichnamige Pole durch einen Steg verbunden werden. Der Fachmann wird verstehen, daß dies sowohl die N- als auch die S-Pole sein können.

[0026] Die Aussparung kann mit Luft oder einem anderen gasförmigen Medium gefüllt sein. Alternativ kann die Aussparung auch mit einem anderen nicht oder schwach magnetischen Material gefüllt sein.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Permanentmagnete auch an ihren radial außen liegenden Enden von dem Rotorkern vollständig umschlossen. Dadurch erhält man einen Rotorkörper mit vollständig eingebetteten Rotormagneten, so daß der Rotor ohne Probleme auch mit aggressiven Medien in Kontakt gelangen kann. Es kann eine größere Vielzahl von Magnetmaterialien eingesetzt werden, und insbesondere auch solche Materialien, die bei freiliegenden Magneten einen zusätzlichen Oberflächenschutz benötigen würden.

[0028] Der Rotorkern besteht aus einem ferromagnetischen Material, vorzugsweise aus Stanzblechen,

welche paketiert werden, um Wirbelströme zu vermeiden. Alternativ können Ferritmaterialien verwendet werden. Der Rotorkern kann so aufgebaut sein, daß er Schlitze aufweist, in welche die Permanentmagnete seitlich eingeschoben werden. Anschließend wird der Rotorkern seitlich verschlossen, so daß die Magnete hermetisch abgeschlossen sind und daher nicht oberflächenbeschichtet werden müssen. Als Magnetmaterialien werden beispielsweise Neodym-Eisen-Bor (NbFeB)- oder Samarium-Kobalt (SmCo)-Magnete verwendet. Um eine Korrosion dieser Materialien zu verhindern, müssen sie in der Regel beschichtet werden. Durch die vollständige Einbettung in den Rotorkern ist dies nicht nötig. Ferner wird durch das vollständige Einbetten der Permanentmagnete in den Rotorkern ein zusätzlicher mechanischer Schutz der Permanentmagnete erzielt.

[0029] Die Erfindung ist auch anwendbar auf einen Außenläufermotor. In dieser Konstellation werden die Aussparungen, welche zwei benachbarte Permanentmagnete überbrücken, in der Nähe des äußeren Umfangs des Rotorkerns vorgesehen.

Ausführungsbeispiel

[0030] Die Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen:

[0031] Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper, der bezogen auf den magnetischen Kreis ideal ist;

[0032] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß der Erfindung, wobei auch der den Rotor umgebende Stator gezeigt ist;

[0033] Fig. 3 eine ähnliche Darstellung wie Fig. 2, wobei Flußlinien eingezeichnet sind;

[0034] Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung, welcher in einen Stator eingebracht ist;

[0035] Fig. 5 eine ähnliche Darstellung wie Fig. 4, wobei Flußlinien eingezeichnet sind;

[0036] Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0037] Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung, welcher in einen Stator eingebracht ist;

[0038] Fig. 8 eine Schnittdarstellung durch einen Elektromotor gemäß dem Stand der Technik.

[0039] Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper, der bezogen auf den magnetischen Kreis ideal aufgebaut ist. Der Rotorkörper **10** ist auf eine Welle **12**, die üblicherweise aus Stahl besteht, aufgebracht. Zu diesem Zweck wird eine Hülse **14** auf die Welle **12** aufgeklebt oder gepreßt, und an der Hülse **14** werden Flußleitstücke **16** befestigt, zwischen denen Permanentmagnete **18** eingebettet sind. Die Hülse **14** hat die Funktion, magnetischen Streufluß zwischen den Flußleitstücken **16** und der Welle **12** zu verhindern. Hierzu ist sie aus einem nicht-magnetischen oder nur schlecht magnetisch leitfähigen Material hergestellt. Mit Hilfe der Hülse **14** kann somit erreicht werden, daß im Bereich der Welle **12** praktisch keine magnetischen Verluste entstehen. Dieser in Fig. 1 gezeigte Aufbau des Rotorkörpers **10** ist somit ideal bezogen auf den magnetischen Kreis. Er hat jedoch den Nachteil, daß er viele Einzelteile benötigt, durch die der mechanische Aufbau kompliziert und aufwendig wird.

[0040] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß der Erfindung. Der erfindungsgemäße Rotorkörper **20** umfaßt Flußleitstücke **22**, welche über äußere und innere Stege **24**, **26** am äußeren Umfang bzw. bei einer zentralen Öffnung **28** des Rotorkörpers **20** zusammenhängen. Die innen liegenden Stege **26** bilden bei der gezeigten Ausführung einen geschlossenen Ring und grenzen dadurch die zentrale Öffnung **28** ein. Zwischen den Flußleitstücken **22** sind Permanentmagnete **30** eingebettet, welche sich speichenförmig in radialer Richtung durch den Rotorkörper **20** erstrecken.

[0041] Die außen liegenden Stege **24** haben die Funktion, die Permanentmagnete **30** nach außen hin vollständig in den Rotorkörper **20** einzubetten und zu schützen, so daß die Permanentmagnete **30** nicht mit dem Umgebungsmedium des Rotorkörpers **20** in Kontakt kommen können. Eine ähnliche Funktion haben auch die innen liegenden Stege **26**. Die innen liegenden Stege **26** sorgen für eine verdrehfeste Verbindung des Rotorkörpers **20** mit der Welle **12**. Die Stege **24**, **26** verbinden die Flußleitstücke **22**, so daß der Rotorkörper **20** einen einteiligen zusammenhängenden Körper bildet. Für eine optimale Funktion des erfindungsgemäßen Rotorkörpers **20** sollten wenigstens die außen liegenden Stege **24** oder die innen liegenden Stege **26** jeweils die Flußleitstücke **22** miteinander verbinden, um eine magnetische Verbindung gleichnamiger Pole des Rotorkörpers **20** herzustellen.

[0042] Bei der in Fig. 2 gezeigten, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bilden die innen liegenden Stege **26** einen geschlossenen Ring, so daß der Rotorkörper **20** direkt, ohne Zwischenschaltung einer Hülse, auf die Welle (nicht gezeigt) aufgebracht, z.B. aufgepreßt oder aufgeklebt, werden

kann.

[0043] Die innen liegenden Stege **26** sind über kurze radiale Stege **42** mit den Flußleitstücken **22** verbunden und grenzen jeweils eine Aussparung **32** ein. Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführung überbrückt jede Aussparung **32** zwei benachbarte Permanentmagnete **30**, wobei in dieser Ausführung die innen liegenden Stege **26** jeweils gleichnamige Pole der Permanentmagnete **30** verbinden. Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform verbinden die Stege **26** die S-Pole. Selbstverständlich könnten die innen liegenden Stege auch jeweils nur die N-Pole verbinden. Dadurch ergibt sich eine Gestaltung des Rotorkörpers **20**, bei der die Stege **26** jeweils die radial innen liegenden Enden zweier Permanentmagnete **30** überbrücken und dabei die Aussparung **32** eingrenzen, die mit Luft oder einem anderen nicht oder nur schwach magnetisch leitfähigem Medium gefüllt sein kann. Prinzipiell können Stege alle gleichnamigen Pole verbinden, ein zusammenhängendes Rohr entsteht aber auch schon, wenn nur zwei gleichnamige Pole über den Ring **26** zusammenhängen.

[0044] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Rotorkörpers **20**, und insbesondere durch die gezielte Ausgestaltung und Anordnung der Aussparungen **32**, können Streuflüsse im Inneren des Rotorkörpers **20**, also bei den innen liegenden Stegen **26** und der zentralen Öffnung **28** weitgehend vermieden werden. Hieraus resultiert ein erheblich geringerer magnetischer Verlust als bei den üblichen Rotorkörpern mit eingebetteten Magneten, welche ohne die Hülse **14** der Fig. 1 aufgebaut sind.

[0045] Die Flußleitstücke **22** bestehen aus ferromagnetischem Material und sind vorzugsweise aus Stanzblechen hergestellt, welche paketiert werden, um Wirbelströme zu vermeiden. Alternativ können sie aus Ferritmaterial hergestellt sein. Die Flußleitstücke **22** des Rotorkörpers **20** können als ein zusammenhängendes Bauteil hergestellt werden, in welches die Magnete **30** seitlich eingeschoben werden. Anschließend wird der Rotorkörper **20** verschlossen, so daß die Magnete hermetisch abgeschlossen sind und nicht oberflächenbeschichtet werden müssen.

[0046] Der Rotorkörper **20** ist von einem Stator **34** umgeben, der einen Statorkörper **36** und Statorwicklungen **38** umfaßt. Der Statorkörper **36** kann wiederum aus Stanzblechen bestehen, welche paketiert werden, wie im Stand der Technik allgemein bekannt ist.

[0047] Als Magnetmaterialien können sämtliche permanentmagnetische Materialien verwendet werden. Beispiele sind Neodym-Eisen-Bor (NdFeB) und Samarium-Kobalt (SmCo).

[0048] Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdar-

stellung durch den erfindungsgemäßen Rotorkörper, der in einen Stator eingesetzt ist. Zur Erläuterung der Erfindung sind in **Fig. 3** Flußleitlinien **40** eingezeichnet. Dieselben Komponenten wie in **Fig. 2** sind mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht nochmals im Einzelnen beschrieben.

[0049] In **Fig. 3** sind magnetische Flußlinien **40** eingezeichnet, wobei die magnetische Feldstärke um so größer ist, je dichter die Flußlinien beabstandet sind, so daß aus der Figur erkennbar ist, daß der magnetische Fluß im Bereich der Aussparungen **32** sehr gering ist. Dadurch tritt im Betrieb kein Streufluß zwischen dem Rotorkörper **20** und der Welle, auf welche er aufgebracht ist, auf.

[0050] **Fig. 3** macht deutlich, daß bei der erfindungsgemäßen Gestaltung des Rotorkörpers **20**, bei der die Aussparungen **32** jeweils gleichnamige Pole benachbarter Permanentmagnete **30** überbrücken, praktisch kein Streufluß zur Welle, im Bereich der zentralen Öffnung **28**, auftritt, ohne daß eine gesonderte Hülse zwischen Rotor und Welle vorgesehen werden muß. Dadurch können Verluste gering gehalten werden.

[0051] **Fig. 4** zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch eine weitere Ausführung des Rotorkörpers gemäß der Erfindung, wobei der Rotorkörper in einen Stator eingesetzt ist. Der Rotorkörper **44** umfaßt Flußleitstücke **46**, welche über äußere und innere Stege **48** bzw. **50** am äußeren Umfang bzw. bei einer zentralen Öffnung **52** des Rotorkörpers **44** verbunden sind, um einen zusammenhängenden Körper zu bilden. Die innen liegenden Stege **50** bilden bei der gezeigten Ausführung einen geschlossenen Ring und grenzen die zentrale Öffnung **52** ein. Zwischen den Flußleitstücken **46** sind Permanentmagnete **54**, **54'** eingebettet, welche sich nach An von Doppelspeichen im wesentlichen in radialer Richtung durch den Rotorkörper **44** erstrecken. Jeweils zwei unmittelbar benachbarte Permanentmagnete **54**, **54'** bilden ein Permanentmagnetpaar, wobei die Permanentmagnete **54**, **54'** eines Paares, relativ zu dem Radius des Rotorkörpers **44**, in einem Winkel zueinander geneigt sind. In einer anderen Ausführung, die nicht gezeigt ist, könnten die Permanentmagnete eines Paares auch parallel zueinander angeordnet sein. Die Permanentmagnete **54**, **54'** eines Paares haben jeweils im wesentlichen dieselbe Magnetisierungsrichtung, d.h. Anordnung von Nord- und Südpolen, was durch die Pfeile in **Fig. 4** angedeutet ist. Dadurch bilden sich zwischen den Permanentmagneten **54**, **54'** eines Paares keine Pole aus, sondern die magnetischen Feldlinien verbinden die inneren Seiten der Permanentmagnete eines Paares auf kürzestem Weg, wie aus **Fig. 5** ersichtlich wird. Die Permanentmagnete **54**, **54'** eines Paares wirken im wesentlichen jeweils wie ein Doppelmagnet, wodurch das von den Magneten erzeugte Feld gegenüber der Ausfüh-

rung der **Fig. 2** verstärkt werden kann. Die Anordnung der Permanentmagnete unter einem Winkel dient zur Verbesserung des Drehmomentes und insbesondere zur Unterdrückung von Rastmomenten (cogging torque).

[0052] Die Funktion der Stege **48**, **50** zum Schutz der eingebetteten Permanentmagnete **54**, **54'** und zur direkten Montage des Rotorkörpers **44** auf einer Welle ist im wesentlichen wie mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben. Ferner grenzen die Stege **50** in Verbindung mit kurzen radialen Stegen **56** Aussparungen **58** ein, welche jeweils benachbarte Permanentmagnete **54**, **54'** benachbarter Permanentmagnetpaare überbrücken. Die innen liegenden Stege **50** verbinden bei der gezeigten Ausführung jeweils die Zwischenräume zwischen den Permanentmagneten **54**, **54'** eines Permanentmagnetpaares. Die Wirkung der dadurch gebildeten Aussparungen **58** ist wie in Bezug auf die **Fig. 2** und **3** beschrieben und wie im folgenden noch in Bezug auf **Fig. 5** erläutert.

[0053] Auch bei der Ausführung der **Fig. 4** bestehen die Flußleitstücke **46** aus ferromagnetischem Material und sind vorzugsweise aus Stanzblechen hergestellt, welche pakettiert werden, um Wirbelströme zu vermeiden. Vorzugsweise sind die Flußleitstücke **46** des Rotorkörpers **44** als ein zusammenhängendes Bauteil hergestellt.

[0054] Der in **Fig. 4** gezeigte Rotorkörper **44** ist von einem Stator **60** unter Bildung eines Arbeitsluftspaltes **62** zwischen dem Stator **60** und dem Rotorkörper **44** umgeben. Der Stator **60** umfaßt einen Statorkörper **64** mit zugehörigen Statorpolen, auf welche Phasenwicklungen **66**, **66'** aufgebracht sind. Der Statorkörper **64** kann seinerseits aus Stanzblechen hergestellt sein, welche pakettiert werden, wie im Stand der Technik grundsätzlich bekannt ist.

[0055] **Fig. 5** zeigt eine ähnliche schematische Schnittdarstellung durch den erfindungsgemäßen Rotorkörper **44**, der in einen Stator **60** eingebracht ist, wobei entsprechende Komponenten mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 4** bezeichnet sind. Zur Erläuterung der Erfindung sind in **Fig. 5** Flußleitlinien eingezeichnet.

[0056] In Abwandlung der Ausführung der **Fig. 4** sind in **Fig. 5** im Bereich der äußeren Stege **48** Aussparungen **68** am Außenumfang des Rotorkörpers **44** vorgesehen, die gleichmäßig oder ungleichmäßig über den Umfang des Rotorkörpers **44** verteilt sind. Diese Aussparungen **68** verbessern im Betrieb das Drehmoment des Elektromotors und reduzieren insbesondere das cogging torque nochmals gegenüber den zuvor erörterten Ausführungen.

[0057] In **Fig. 5** sind magnetische Flußlinien **40** eingezeichnet, wobei aus der Figur erkennbar ist, daß

der magnetische Fluß im Bereich der Aussparungen **58** praktisch null ist, so daß im Betrieb kein magnetischer Streufluß zwischen dem Rotorkörper **44** und der Welle, auf welche er aufgebracht ist, auftritt.

[0058] Fig. 6 zeigt schematisch eine Schnittdarstellung durch die Ausführung des Rotorkörpers **44** der Fig. 5. Dieselben Komponenten wie in Fig. 5 sind mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht nochmals beschrieben. Aus Fig. 6 ist erkennbar, daß der erfindungsgemäße Rotorkörper dadurch hergestellt werden kann, daß die Schlitze **70** zur Aufnahme der Permanentmagnete **54, 54'** in dem Rotorkörper **44** ausgebildet werden können, wobei die Permanentmagnete in diese Schlitze **70** eingefügt werden und der Rotorkörper **44** anschließend verschlossen wird.

[0059] Eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen Rotorkörpers ist schematisch in Fig. 7 dargestellt. Diese Ausführung entspricht im wesentlichen der mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Ausführungsform, wobei die radial innen liegenden Stege jedoch keinen geschlossenen Ring bilden. Entsprechende Komponenten wie in Fig. 2 sind mit denselben Bezugszeichen wie in Fig. 2 bzw. Fig. 3 gekennzeichnet.

[0060] Bei der Ausführungsform der Fig. 7 werden die Aussparungen **32** durch die kurzen radialen Stege **42** sowie durch Stegstummel **72** eingegrenzt, welche an die zentrale innere Öffnung **28** des Rotorkörpers **20** angrenzen. Ein zusammenhängender Rotorkörper **20**, bei dem sämtliche Flußleitstücke **22** verbunden sind, wird durch die äußeren Stege **24** gewährleistet. Obwohl die radial innen liegenden Stege bzw. Stegstummel **72** nicht miteinander verbunden sind, wird durch die Aussparungen **32** dieselbe Unterdrückung von Streuflüssen zwischen Rotorkörper **20** und Welle erreicht, wie oben in bezug auf die vorhergehenden Ausführungen beschrieben. Lediglich die mechanische Festigkeit des Rotorkörpers **20** bei der zentralen inneren Öffnung **28** ist etwas geringer als bei den zuvor beschriebenen Ausführungen.

[0061] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung von Bedeutung sein.

Bezugszeichenliste

10	Rotorkörper
12	Welle
14	Hülse
16	Flußleitstücke
18	Permanentmagnete
20	Rotorkörper
22	Flußleitstücke, Rotorkern
24, 26	Stege

28	zentrale Öffnung
30	Permanentmagnete
32	Aussparung
34	Stator
36	Statorkörper
38	Statorwicklungen
40	Flußlinien
42	radiale Stege
44	Rotorkörper
46	Flußleitstücke, Rotorkern
48, 50	Stege
52	zentrale Öffnung
54, 54'	Permanentmagnete
56	radiale Stege
58	Aussparungen
60	Stator
62	Luftspalt
64	Statorkörper
66, 66'	Phasenwicklungen
68	Aussparungen
70	Schlitze
72	Stegstummel
110	Motorwelle
112	Eisenrückschluß
114	Gehäuse
116	Rotoranordnung
118	Statoranordnung
122	Permanentmagnete
124	Flansch
126, 128	Lager
155	Metallbleche
160	Wicklungen

Patentansprüche

1. Rotorkörper (**20**) für einen Elektromotor mit einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern (**22; 46**) mit einer zentralen Öffnung (**28; 52**), und mit Permanentmagneten (**30; 54, 54'**), die in den Rotorkern (**22; 46**) eingebettet sind und sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern (**22; 46**) erstrecken, wobei

der Rotorkern (**22; 46**) durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, und wobei ausgewählte Permanentmagnete (**30; 54, 54'**) an ihren radial innen oder außen liegenden Enden durch Aussparungen (**32; 58**) in dem Rotorkern (**22; 46**) überbrückt sind.

2. Rotorkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (**30; 54, 54'**) durch eine Aussparung (**32; 58**) in dem Rotorkern (**22; 46**) überbrückt sind.

3. Rotorkörper nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils gleichnamige Pole der Permanentmagnete (**30**) an den radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (**30**) durch eine Aussparung (**32**) in dem Rotorkern

(22) überbrückt sind.

4. Rotorkörper nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (54, 54') nach Art von Doppelspeichen paarweise in dem Rotorkern (46) angeordnet sind, wobei jeweils die Permanentmagnete eines Paares gleichsinnig magnetisiert sind, und daß jeweils benachbarte Paare an den radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (54, 54') durch eine Aussparung (58) in dem Rotorkern (46) überbrückt sind.

5. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (30; 54, 54') wenigstens an ihren radial innen liegenden Enden oder an ihren radial außen liegenden Enden von dem Rotorkern (22; 46) umschlossen sind.

6. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) bei der zentralen Öffnung (28; 52) Stege (26, 42; 50, 56, 72) aufweist, welche die Aussparungen (32; 58) eingrenzen.

7. Rotorkörper nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (26, 42; 50, 56) einen geschlossenen Ring bilden.

8. Rotorkörper nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (26, 42; 50, 56) jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (30; 54, 54') überbrücken.

9. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aussparungen (32; 58) mit Luft oder einem anderen nicht magnetischen Medium gefüllt sind.

10. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) aus einem ferromagnetischen Material hergestellt ist.

11. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) aus paketierte Metallblechen hergestellt ist.

12. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) Schlitze aufweist, in welche die Permanentmagnete (30; 54, 54') eingeschoben sind.

13. Rotorkörper für einen Elektromotor mit einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern (22; 46) mit einer zentralen Öffnung (28; 52), und mit Permanentmagneten (30; 54, 54'), die in den Rotorkern (22; 46) eingebettet sind und sich im wesentlichen

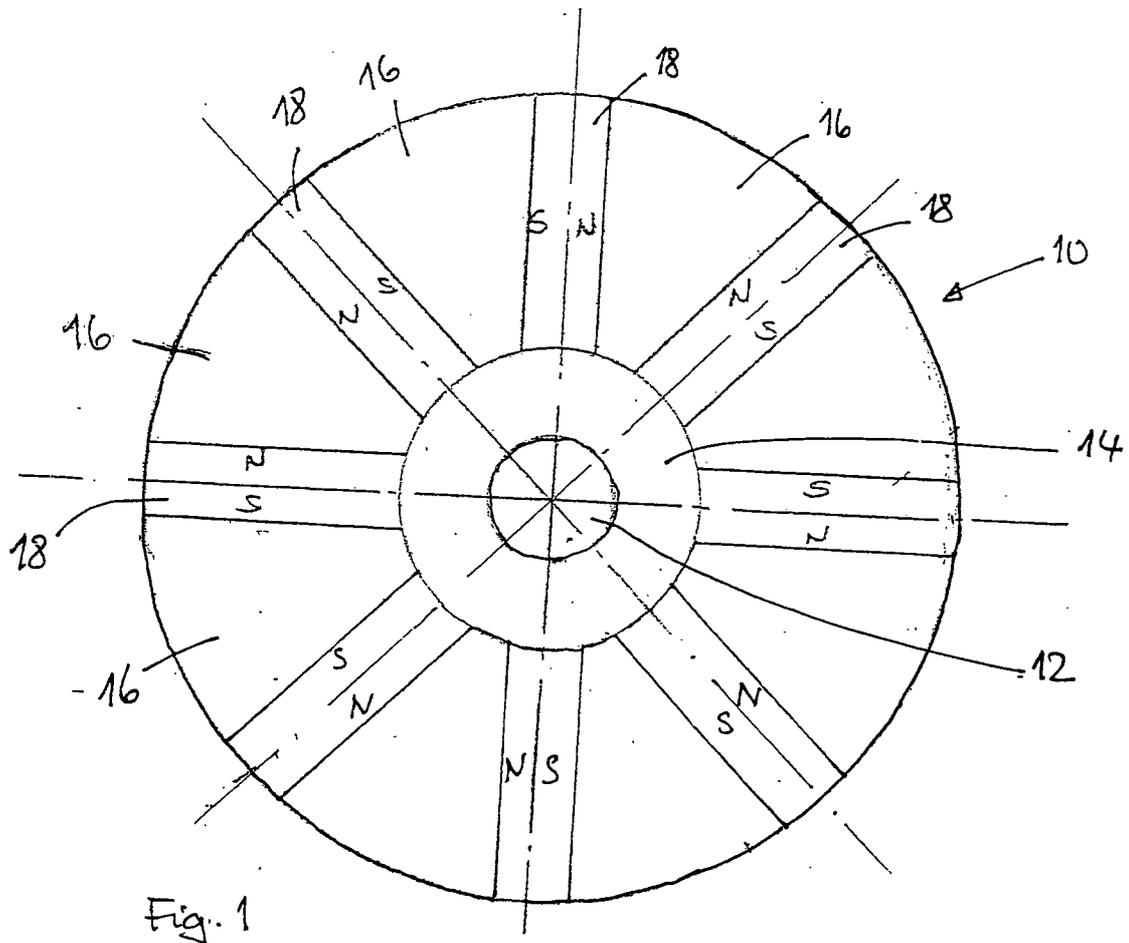
speichenförmig durch den Rotorkern (22; 46) erstrecken, wobei der Rotorkern (22; 46) durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, und wobei in dem Rotorkern (22; 46) Aussparungen (32; 58) zur Beeinflussung des magnetischen Feldes vorgesehen sind.

14. Rotorkörper nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aussparungen (32; 58) an ausgewählte Permanentmagnete (30; 54, 54') angrenzen.

15. Elektromotor mit einem Stator und einem Rotor, der einen Rotorkörper (20; 44) nach einem der vorangehenden Ansprüche aufweist, wobei der Rotorkörper (20; 44) auf eine Welle (12) aufgebracht ist und der Stator den Rotor umgibt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



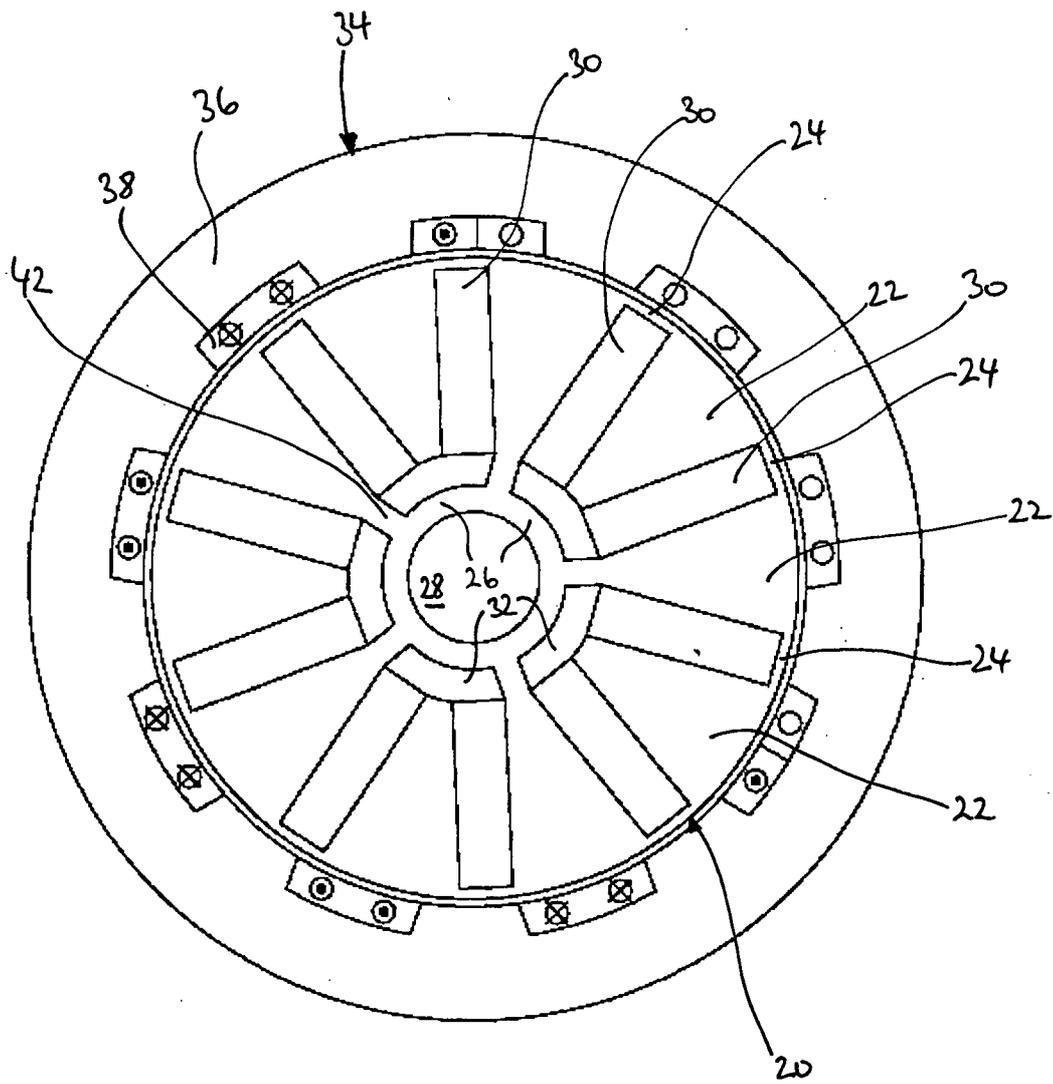


Fig. 2

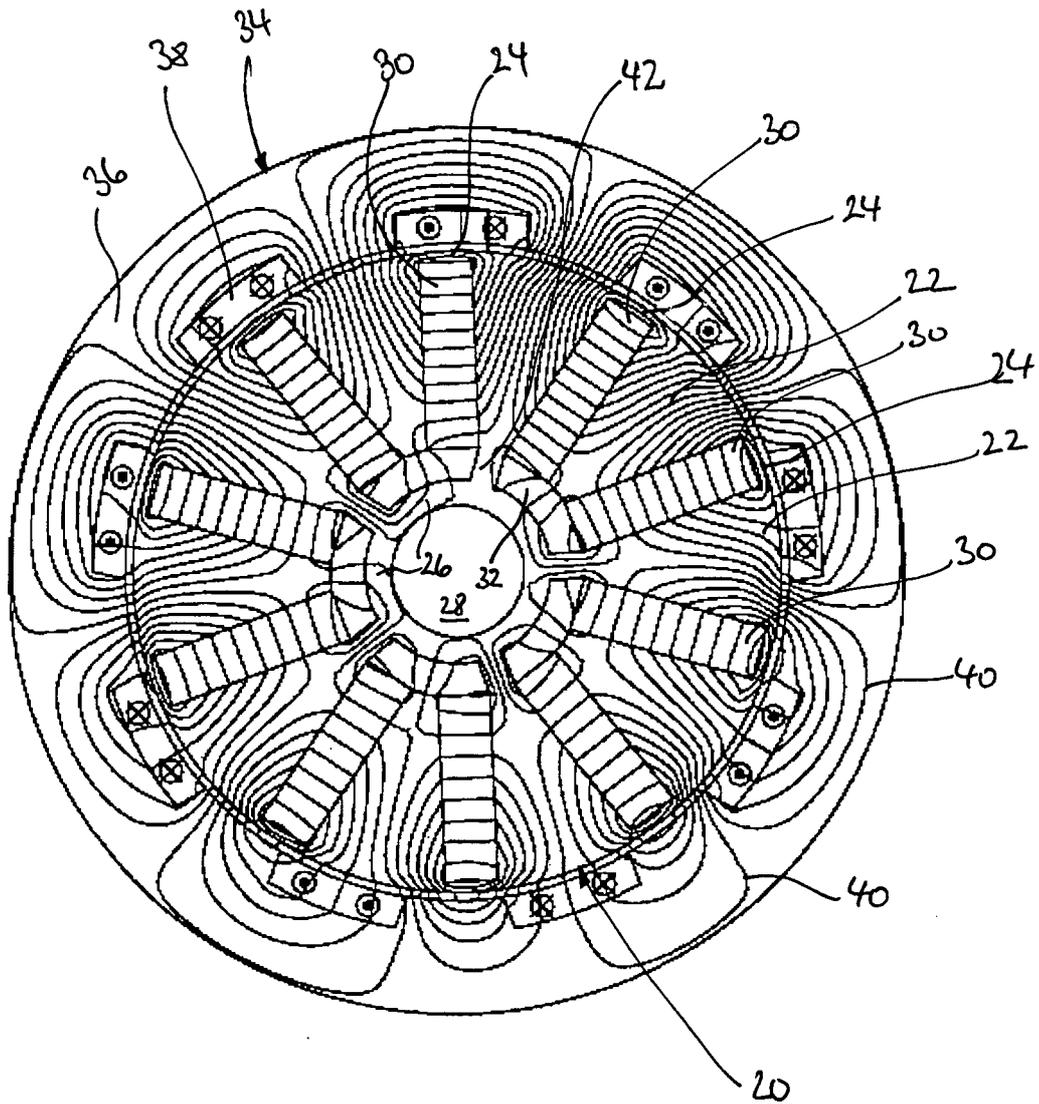


Fig. 3

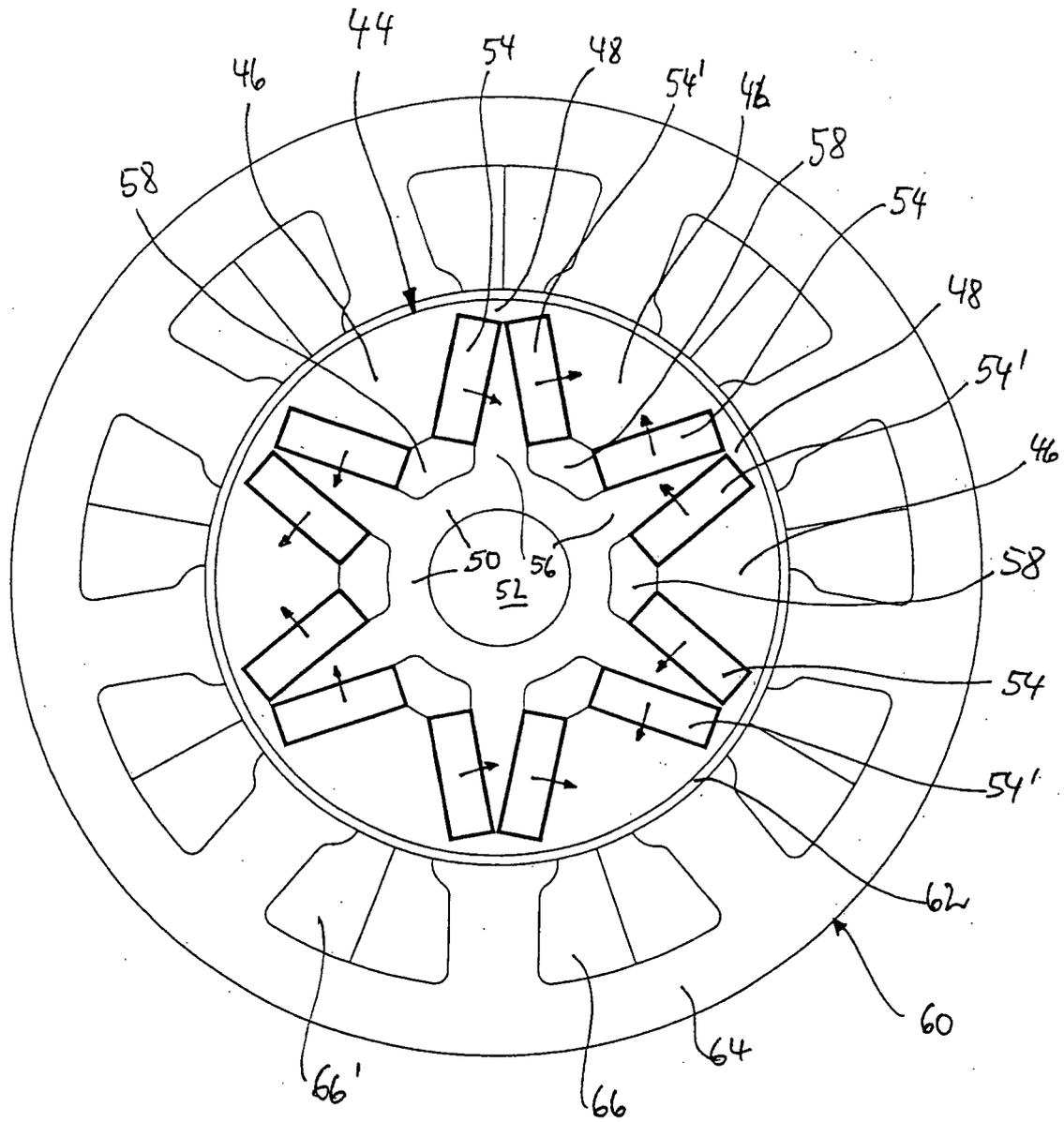
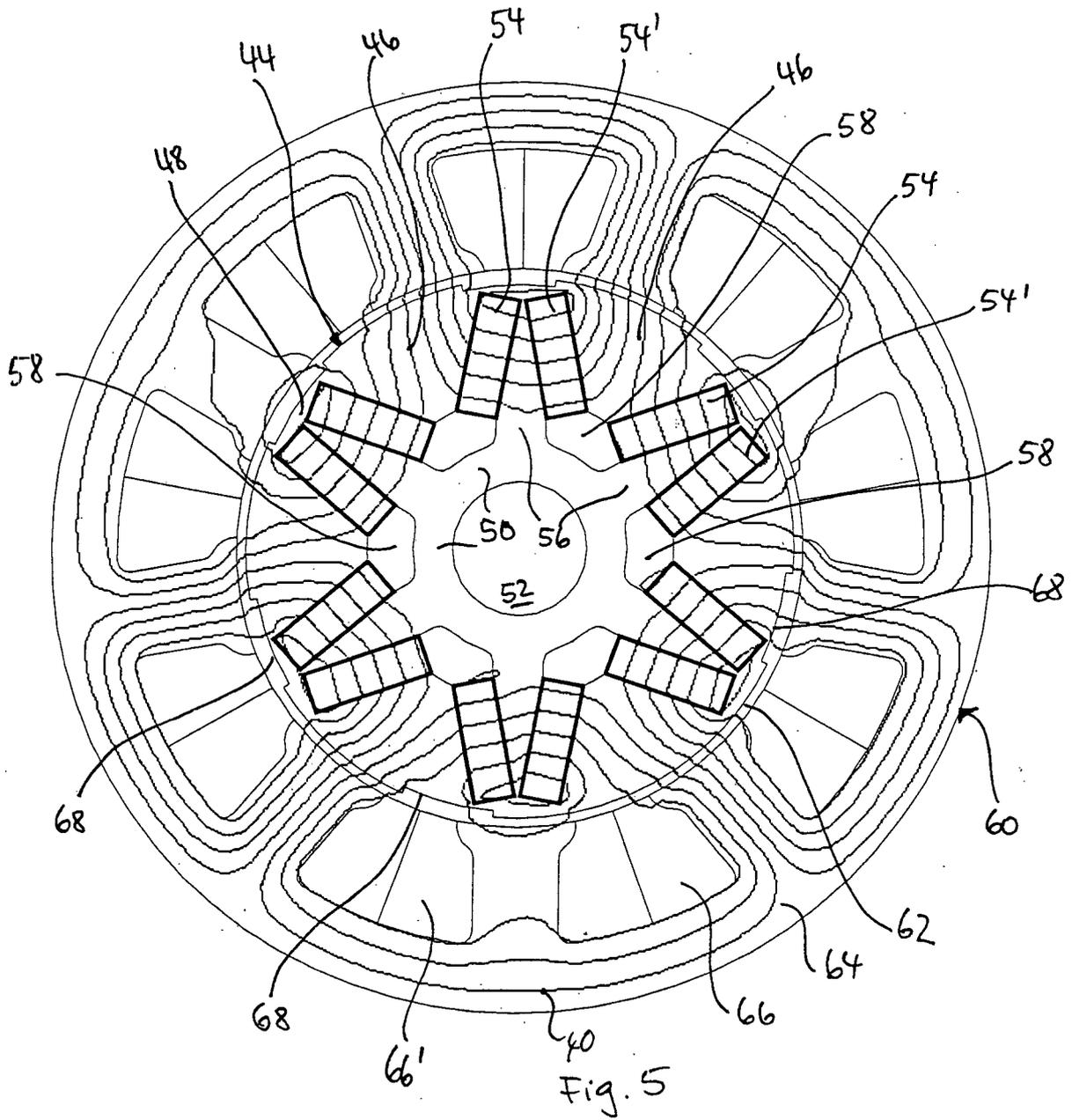


Fig. 4



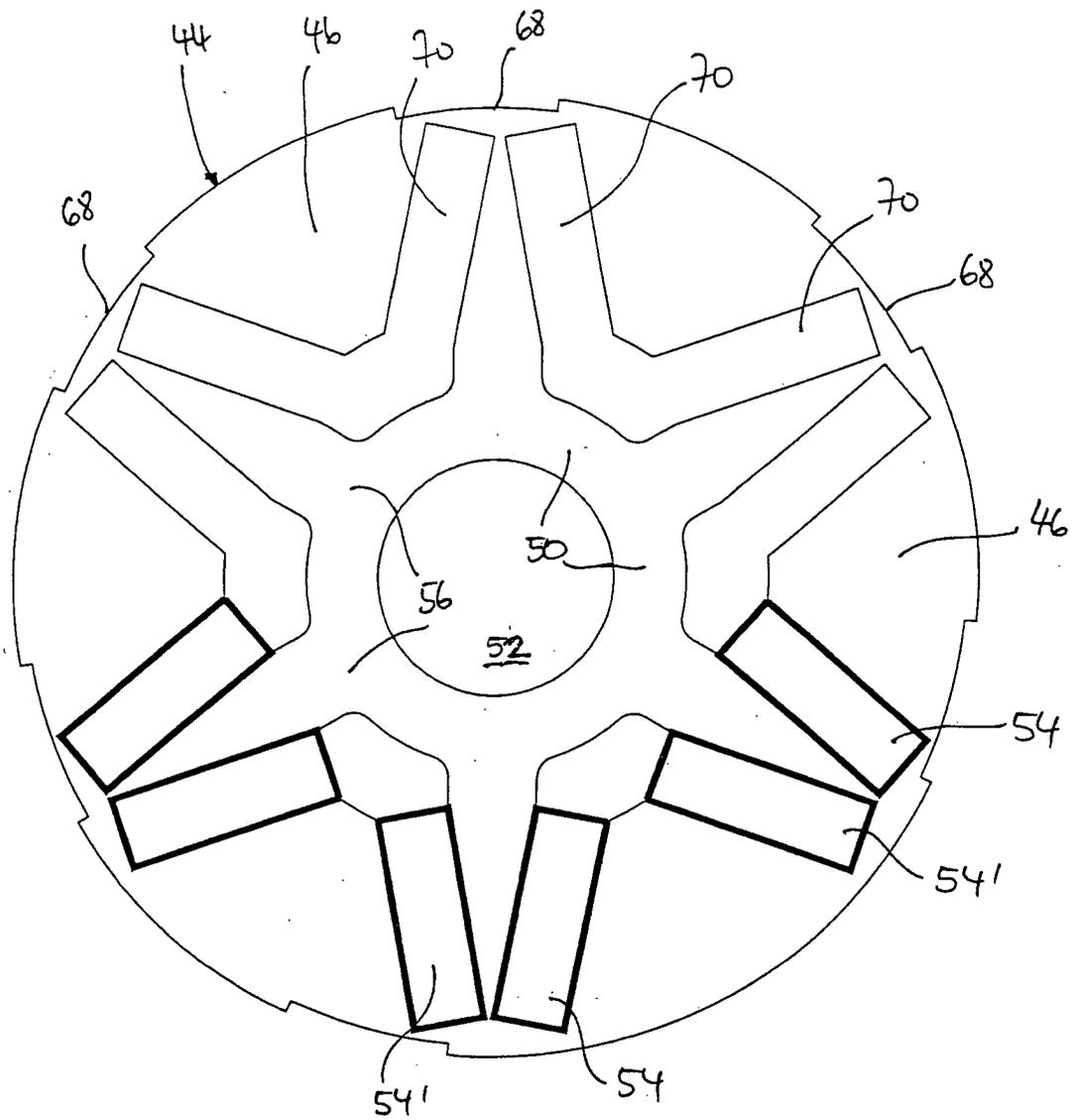


Fig. 6

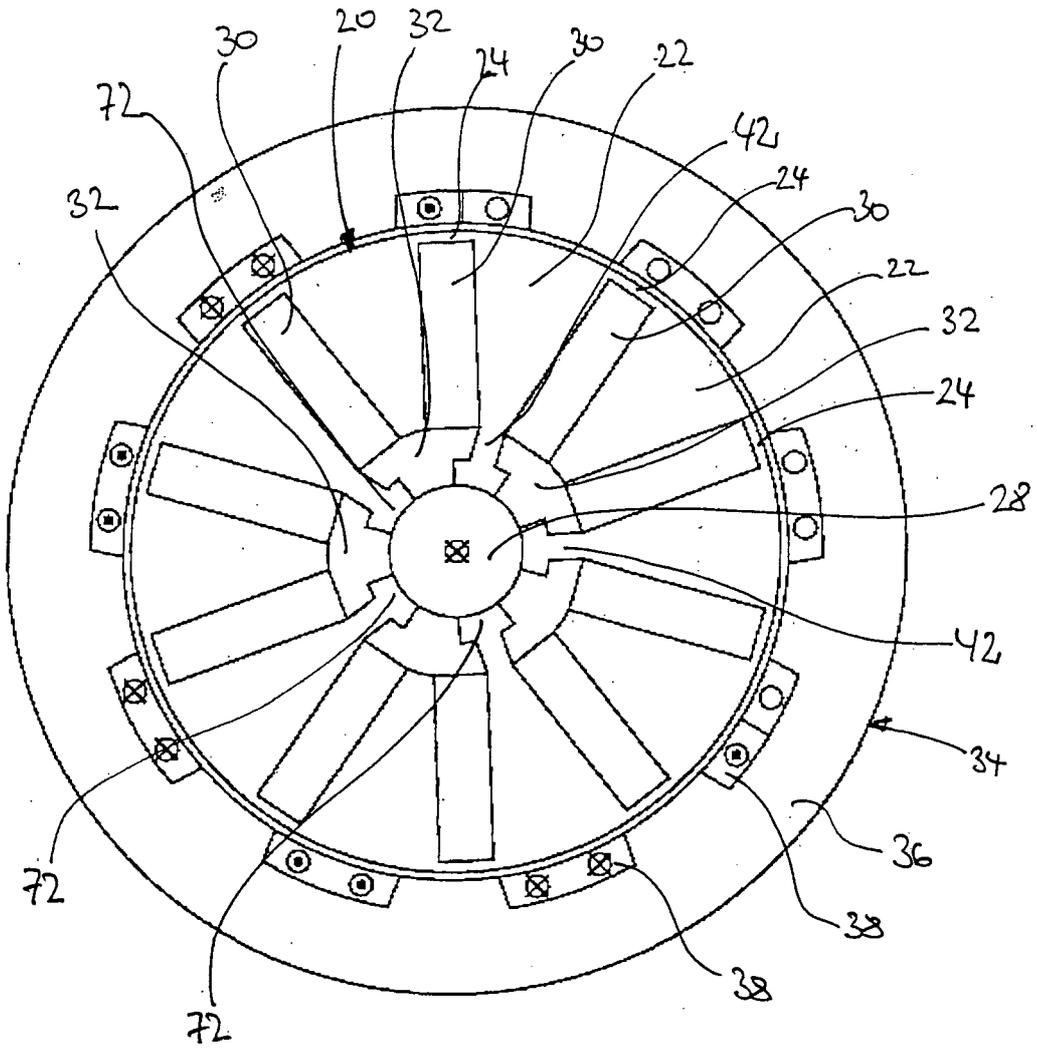
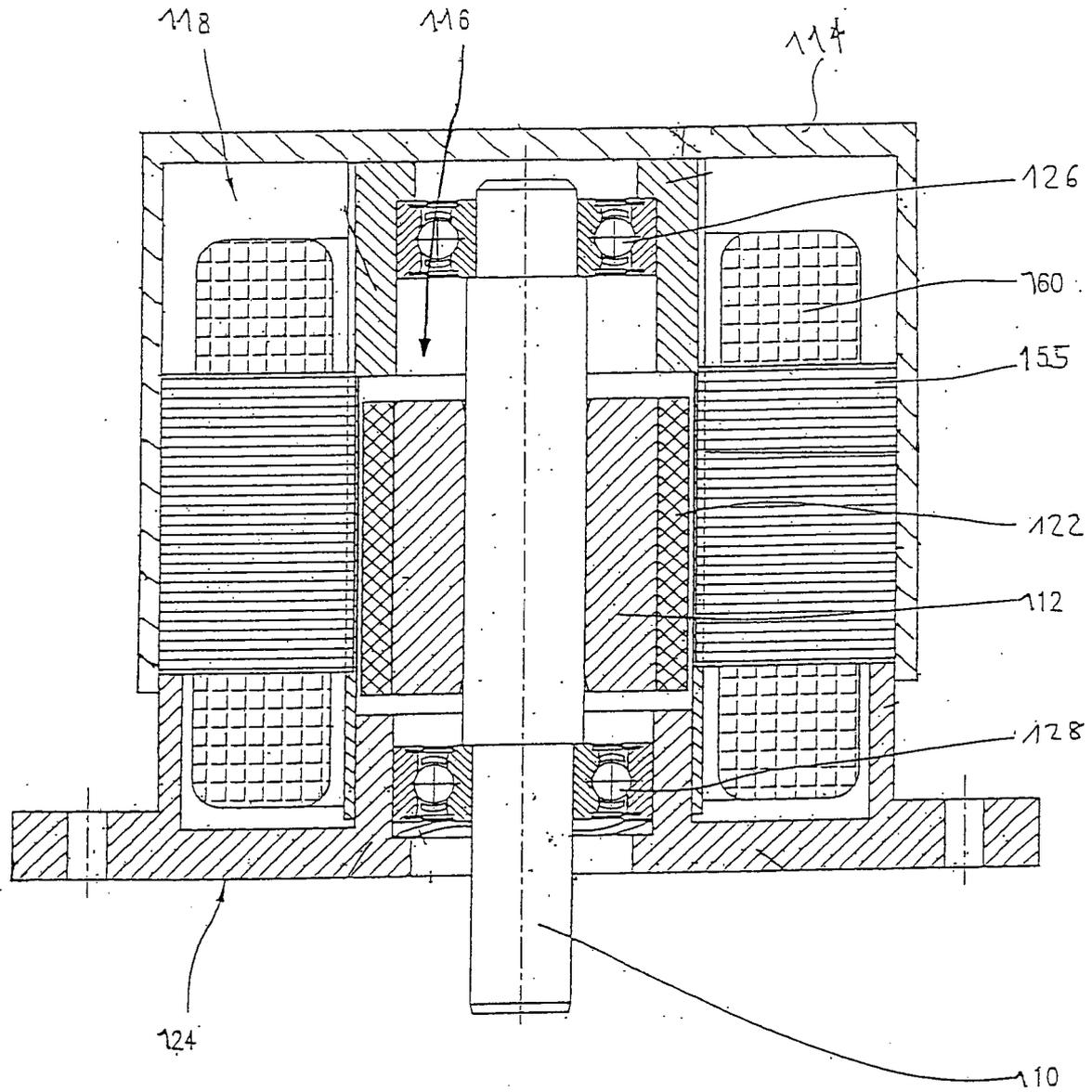


Fig. 7



Stand der Technik

FIG. 8