



(10) **DE 10 2012 101 822 A1** 2013.10.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 101 822.7**

(22) Anmeldetag: **05.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **10.10.2013**

(51) Int Cl.: **H02K 1/27 (2012.01)**

H02K 16/02 (2012.01)

(71) Anmelder:

FEAAM GmbH, 85579, Neubiberg, DE

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339, München,
DE**

(72) Erfinder:

Dajaku, Gurakuq, 85579, Neubiberg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

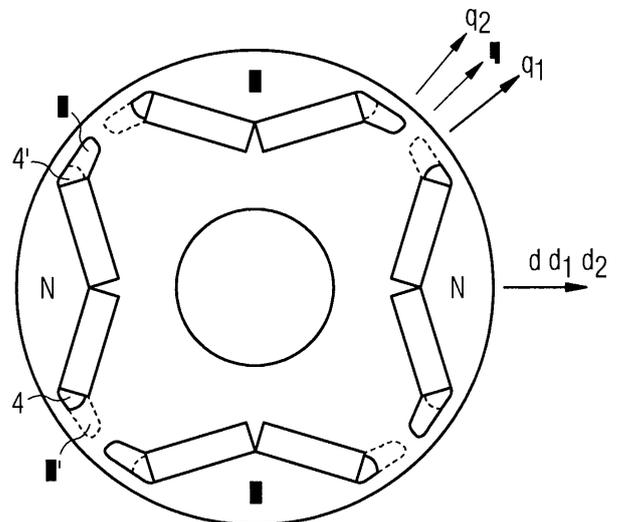
DE	199 33 009	A1
DE	10 2004 036 691	A1
DE	10 2010 002 786	A1
US	2009 / 0 261 679	A1
JP	2011- 259 610	A
JP	2011- 015 572	A
JP	2011- 097 754	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Rotor und elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Vorliegend ist ein Rotor für eine elektrische Maschine angegeben, der zwei Teil-Rotoren (2, 3) umfasst, die jeweils mindestens eine Fluss-Barriere (4, 5, 4', 5') umfassen. Die mindestens eine Fluss-Barriere (4', 5') des mindestens einen zweiten Teil-Rotors (3) ist in Bezug auf die mindestens eine Fluss-Barriere (4, 5) des ersten Teil-Rotors (2) in Umfangsrichtung verschoben. Die beiden Teil-Rotoren (2, 3) sind miteinander axial und/oder in Umfangsrichtung kombiniert. Weiterhin ist eine elektrische Maschine mit dem Rotor beschrieben.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rotor für eine elektrische Maschine. Weiterhin betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine mit einem solchen Rotor.

[0002] Elektrische Maschinen umfassen einen Stator und einen relativ dazu beweglichen Rotor. Abhängig von der Relativbewegung unterscheidet man rotierende Maschinen und linear arbeitende Maschinen. Elektrische Maschinen können motorisch oder generatorisch arbeiten und konvertieren dabei elektrische Energie in Rotationsenergie beziehungsweise Translationsenergie, oder umgekehrt.

[0003] Beispielsweise bei Synchronmaschinen mit im Rotor angeordneten Permanentmagneten, aber auch bei synchronen Reluktanzmaschinen, kann eine Welligkeit des Drehmoments der Maschine auftreten, die normalerweise unerwünscht ist. Derartige Drehmomentschwankungen können die Ursache für Vibrationen, Geräusche und Drehzahlschwankungen sein sowie Probleme bei der Steuerung verursachen. Bei permanenterregten Synchronmaschinen unterscheidet man die Drehmomentwelligkeit und das Rastmoment, während bei Reluktanzmaschinen die Drehmomentwelligkeit signifikant ist.

[0004] Diese Drehmomentwelligkeit kann aus der Interaktion zwischen dem magnetischen Fluss aufgrund von Statorströmen und dem magnetischen Fluss des Rotors herrühren. Bei permanentmagneterregten Synchronmaschinen ist die Drehmomentwelligkeit das Ergebnis der Wechselwirkung von höheren Harmonischen der Flussdichte des Luftspalts, die von Rotormagneten und dem Statorstrom erzeugt wird. Das Rastmoment schließlich ist Ergebnis einer Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Fluss, der von Magneten herrührt, und der Statorgeometrie, da eine veränderliche Reluktanz abhängig von der Winkelposition des Rotors besteht.

[0005] Beispielsweise bei Anwendungen in der Automobilindustrie sollen die Drehmomentwelligkeit und das Rastmoment geringer als 5 % beziehungsweise 0,5 % des Nenn-Drehmoments sein. Es sind bisher verschiedene Ansätze beschrieben, um diese unerwünschten Rastmomente beziehungsweise Drehmomentwelligkeit zu reduzieren. Bisher bekannte Ansätze gehen jedoch meist mit einem reduzierten Wirkungsgrad der Maschine und/oder höheren Fertigungskosten einher.

[0006] In der Patentanmeldung DE 10 2010 032 764 ist ein Stator für eine elektrische Maschine angegeben, der zumindest zwei Teile umfasst, welche jeweils Nuten zur Aufnahme elektrischer Wicklungen aufweisen. Die Nutöffnungen der beiden Statorn sind zueinander in Umfangsrichtung verschoben.

Die Statorn sind miteinander axial und/oder in Umfangsrichtung kombiniert. Dieser Ansatz führt zu einer wirksamen Reduzierung des Rastmoments der elektrischen Maschine, weitgehend ohne die oben beschriebenen Nachteile bisher bekannter Ansätze. Dabei erfordert dieser Ansatz eine Veränderung der Geometrie des Stators.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Rotor sowie eine Maschine mit diesem Rotor anzugeben, bei dem die Drehmomentwelligkeit deutlich reduziert ist.

[0008] Die Aufgabe wird mit den Gegenständen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0009] In einer Ausführungsform umfasst der Rotor für eine elektrische Maschine einen ersten und einen zweiten Teil-Rotor. Diese haben jeweils mindestens einen Magneten und mindestens eine dem Magneten zugeordnete Fluss-Barriere. Die Fluss-Barriere ist dazu eingerichtet, den magnetischen Fluss im Rotor zu hemmen. Die Fluss-Barriere des mindestens einen zweiten Teil-Rotors ist im Bezug auf die mindestens eine Fluss-Barriere des ersten Teil-Rotors in Umfangsrichtung des Rotors verschoben angeordnet. Die beiden Teil-Rotoren sind miteinander in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung kombiniert.

[0010] Eine unsymmetrische Verschiebung der Fluss-Barrieren in den Teil-Rotoren relativ zueinander führt entsprechend zu einer relativen Verschiebung des Ortes der minimalen Reluktanz der Teil-Rotoren. Hierdurch wiederum ergibt sich eine relative Verschiebung der Drehmomentwelligkeitskomponenten, die von den jeweiligen Teil-Rotoren erzeugt werden. Kombiniert man die Teil-Rotoren wie vorgeschlagen, so können die Drehmomentwelligkeitskomponenten der Teil-Rotoren gegenseitig kompensiert werden und die gesamte Drehmomentwelligkeit eines derartigen Rotors kann deutlich reduziert werden, bis hin zu einer Auslöschung.

[0011] Die Fluss-Barrieren des Rotors können beispielsweise als mit Luft gefüllte Hohlräume des Rotors ausgebildet sein.

[0012] Bevorzugt schließen die Fluss-Barrieren in Umfangsrichtung unmittelbar an gegenüberliegenden Seiten an die Magnete an.

[0013] Verschiebung bedeutet in einer Ausführungsform, dass eine Fluss-Barriere, die sich an einen Magneten anschleift, in Umfangsrichtung ausgedehnt, das heißt vergrößert ist, während die gegenüberliegende Fluss-Barriere an diesem Magneten um den entsprechenden Betrag verkleinert sein kann.

[0014] Wie oben angedeutet, ist die Verschiebung der Fluss-Barrieren relativ zueinander so gestaltet, dass das Minimum der Reluktanz des Rotors relativ, das heißt im Vergleich der beiden Teil-Rotoren zueinander, verschoben ist.

[0015] Rotoren von elektrischen Maschinen können mit der d-q-Achsentheorie beschrieben werden. Dabei liegt die d-Achse in der Mitte eines Rotor-Pols, und die q-Achse liegt zwischen zwei Rotor-Polen. Die q-Achse ist bezüglich der d-Achse um 90° elektrisch verschoben.

[0016] Bei permanentmagneterregten Maschinen, beispielsweise mit eingesetzten oder mit vergrabenen Magneten im Rotor, repräsentiert die d-Achse den Ort mit der höchsten Reluktanz und die q-Achse den Ort mit der geringsten Reluktanz.

[0017] Auch bei synchronen Reluktanzmaschinen repräsentiert die d-Achse den Bereich höchsten Reluktanz und die q-Achse den Bereich geringster Reluktanz.

[0018] Wie oben erläutert, führen asymmetrisch nach rechts oder links verschobene Fluss-Barrieren in Umfangsrichtung dazu, dass sich der Bereich minimaler Reluktanz des Rotors ebenfalls nach links beziehungsweise rechts in Umfangsrichtung verschiebt. Fluss-Barrieren sind bevorzugt Regionen aus nicht-magnetischem und nichtelektrischem Material wie beispielsweise Luft. Sie können beispielsweise als Hohlraum im Rotor-Blechkpaket realisiert sein. Dieser Hohlraum grenzt bevorzugt an den Magnet an und ist im Übrigen vom Eisen des Rotors umschlossen.

[0019] In der d-q-Achsentheorie wirkt sich die beschriebene Verschiebung des Bereichs minimaler Reluktanz des Rotors so aus, dass sich die q-Achse ebenfalls verschiebt und in der Mitte des Minimums des Bereichs minimaler Rotor-Reluktanz liegt. Mit anderen Worten führt die asymmetrische Verschiebung der Fluss-Barrieren dazu, dass die q-Achse um einen Winkel α verschoben ist.

[0020] Es wird vorgeschlagen, den Rotor in mindestens zwei Teil-Rotoren zu zerlegen, wobei in einem Rotor die q-Achse um einen bestimmten Winkel nach rechts, und dem anderen Rotor um einen bestimmten Winkel nach links verschoben ist. Anstelle der Begriffe rechts und links können alternativ die Begriffe Uhrzeigersinn und Gegenuhrzeigersinn Anwendung finden.

[0021] Da mit der Verschiebung der q-Achse jeweils auch eine Verschiebung der Komponenten der Drehmomentwelligkeit der Teil-Rotoren einhergeht, ist es auf diese Weise möglich, die gesamte Drehmoment-Welligkeit des Rotors signifikant zu reduzieren,

bis hin zu einer Auslöschung dieser Restwelligkeitskomponenten des Drehmoments.

[0022] In einer Ausführungsform sind die Verschiebungswinkel der q-Achsen der Teil-Rotoren gegenüber einem Rotor mit herkömmlichen Fluss-Barrieren betragsmäßig gleich, weisen jedoch ein unterschiedliches Vorzeichen auf.

[0023] In einer Ausführungsform weisen die Teil-Rotoren jeweils mindestens einen magnetischen Nordpol und einen magnetischen Südpol auf. Der Nordpol und der Südpol weisen je einander gegenüberliegende Fluss-Barrieren auf, wobei die gegenüberliegenden Fluss-Barrieren des Nordpols sowie auch des Südpols bezüglich einer jeweiligen Symmetrieachse eines herkömmlichen Rotors unsymmetrisch ausgebildet sind.

[0024] Bevorzugt werden Teil-Rotoren miteinander kombiniert, die abgesehen von der beschriebenen asymmetrischen Verschiebung der Fluss-Barrieren den gleichen Aufbau haben, insbesondere die gleiche Rotorgeometrie. Bei Kombination der Teil-Rotoren in axialer Richtung können die Teil-Rotoren sogar einen völlig identischen Aufbau haben, werden jedoch axial nicht in gleichem Sinn miteinander kombiniert, sondern einer der Teil-Rotoren wird in umgekehrter Achsrichtung mit dem anderen kombiniert.

[0025] Bevorzugt weisen der erste und der zweite Teil-Rotor, bei Ausführung mit Permanentmagneten, mindestens einen der folgenden Typen auf: in Nuten eingesetzte Magnete, vergrabene Magnete, beispielsweise vergrabene tangentielle Magnete oder vergrabene V-Magnete, oder eine vergrabene Mehrschichtstruktur. Bevorzugt werden quaderförmige Magnete eingesetzt.

[0026] Alternativ oder zusätzlich kann der Rotor als Reluktanzrotor ausgebildet sein, wobei in diesem Fall auch der erste und zweite Teil-Rotor als Reluktanzrotoren ausgebildet sind.

[0027] In einer anderen Ausführungsform ist eine elektrische Maschine mit einem Stator und einem vorstehend beschriebenen Rotor angegeben. Der Stator kann zur Aufnahme elektrischer Wicklungen, beispielsweise in Statornuten, ausgeführt sein. Dabei kann der Stator zur Aufnahme eines elektrischen Dreiphasensystems vorgesehen sein, es sind aber auch andere Stromsysteme möglich.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0029] Dabei zeigen:

[0030] [Fig. 1](#) ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine mit einem ersten Teil-Rotor nach dem vorgeschlagenen Prinzip,

[0031] [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine mit einem zweiten Teil-Rotor nach dem vorgeschlagenen Prinzip,

[0032] [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel eines Rotors, bei dem der erste und zweite Teil-Rotor gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) axial miteinander kombiniert sind,

[0033] [Fig. 4](#) einen herkömmlichen Rotor mit V-förmig vergrabenen Magneten,

[0034] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) Ausführungsbeispiele der magnetischen Flusslinien jeweiliger Ausschnitte der Beispiele von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#),

[0035] [Fig. 6](#) ein Beispiel eines Diagramms von Drehmomentverläufen,

[0036] [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) Ausführungsbeispiele von zwei Teil-Rotoren mit vergrabenen tangentialen Magneten nach dem vorgeschlagenen Prinzip, und

[0037] [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) Ausführungsbeispiele von zwei als Reluktanzrotor ausgeführten Teil-Rotoren nach dem vorgeschlagenen Prinzip.

[0038] [Fig. 1](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine mit einem Stator **1** und einem Rotor, wobei in [Fig. 1](#) ein erster Teil-Rotor **2** gezeigt ist. Der erste Teil-Rotor **2** weist vergrabene V-förmig angeordnete Magnetpole auf, die als Nordpol N beziehungsweise Südpol S ausgebildet sind. Insgesamt sind zwei magnetische Polpaare, das heißt insgesamt vier vergrabene Magnete S, N vorgesehen, wobei gegenüberliegende Magnete jeweils von gleicher Polarität sind. An die jeweils gegenüberliegenden Enden der Schenkel der V-förmigen Magnete schließt sich jeweils eine Fluss-Barriere **4**, **5** an, welche als luftgefüllter Hohlraum realisiert ist. Dabei ist jeweils in Umfangsrichtung im Uhrzeigersinn vom jeweiligen Magnet S, N ausgehend die magnetische Fluss-Barriere **5** vergrößert, während die Fluss-Barriere **4** im Gegenuhrzeigersinn von den Magneten ausgehend verkleinert ist. Damit ergibt sich eine unsymmetrische Verteilung der Fluss-Barrieren **4**, **5** an den jeweiligen vergrabenen V-förmigen Magneten S, N.

[0039] Mit anderen Worten sind die Fluss-Barrieren **4**, **5** jeweils Hohlräume im Eisenkern des Rotors, die sich an die Permanentmagnete S, N anschließen.

[0040] Betrachtet man die elektrische Maschine in einer d-q-Achsendarstellung mit einer d- und einer dazu im elektrischen Winkel senkrecht stehenden q-Achse, so verläuft die d-Achse durch die Mitte eines Rotorpols N, während die q-Achse dazu elektrisch

senkrecht steht und in der Mitte zwischen dem Nordpol N und einem benachbarten Südpol S verläuft. Aufgrund der Tatsache, dass im Beispiel zwei Polpaare vorgesehen sind, ist der geometrische Winkel nicht 90° , sondern nur die Hälfte dessen, nämlich 45° zwischen d-Achse und q-Achse. Die d-Achse repräsentiert zugleich den Bereich höchster Reluktanz des Rotors, während die q-Achse den Bereich geringster Reluktanz repräsentiert. Dieser ideale Winkel von 45° gilt bei symmetrischer Anordnung der Fluss-Barrieren, wie später in [Fig. 4](#) gezeigt. Bei der vorliegenden [Fig. 1](#) jedoch ergibt sich eine Verschiebung der q-Achse um einen Winkel α_r im Uhrzeigersinn. Dies hängt zusammen mit der Verschiebung des Bereichs geringster Reluktanz im Rotor um den gleichen Winkel α_r bedingt durch die Unsymmetrie der Fluss-Barrieren **4**, **5**.

[0041] [Fig. 2](#) zeigt eine elektrische Maschine mit einem zweiten Teil-Rotor **3** an einem Ausführungsbeispiel. Der Aufbau und die Geometrie der beiden Teil-Rotoren von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind vollständig identisch, nur abgesehen von der Unsymmetrie der Fluss-Barrieren, die bei der [Fig. 2](#) nicht im Uhrzeigersinn, sondern im Gegenuhrzeigersinn verschoben sind. Hierdurch ergibt sich bei dem Beispiel von [Fig. 2](#) eine Verschiebung der q-Achse im Gegenuhrzeigersinn, um einen Winkel α_r . Der Verschiebungswinkel α_r der Beispiele von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ist betragsmäßig gleich groß, jedoch gegensinnig.

[0042] Kombiniert man die Teil-Rotoren **2**, **3** gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) axial hintereinander zu einem gemeinsamen Rotor, so ergibt sich ein Rotor gemäß Ausführungsbeispiel von [Fig. 3](#). Dabei ist der zweite Teil-Rotor **3** gemäß [Fig. 2](#) in [Fig. 3](#) hinter dem ersten Teil-Rotor von [Fig. 1](#) dargestellt. Der Stator **1** ist bei der Darstellung von [Fig. 3](#) der besseren Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet. Man erkennt, dass die resultierende q-Achse des gesamten Rotors von [Fig. 3](#), die sich durch Überlagerung der q-Achse q_1 des ersten Teil-Rotors **2** und der q-Achse q_2 des zweiten Teil-Rotors **3** ergibt, gerade wieder im Winkel von elektrisch 90° zu der d-Achse des Gesamtrtors steht. Die d-Achse des Gesamtrtors ist identisch mit der d1-Achse des ersten Teil-Rotors und der d2-Achse des zweiten Teil-Rotors. Funktion und Vorteile dieser Ausgestaltung werden später anhand von [Fig. 6](#) erläutert.

[0043] [Fig. 4](#) zeigt einen herkömmlichen Rotor mit V-förmig vergrabenen Magneten S, N und symmetrisch an deren äußere Schenkelenden anschließende Fluss-Barrieren.

[0044] Man erkennt, dass beim herkömmlichen Rotor von [Fig. 4](#) zwischen d-Achse und q-Achse der gleiche Winkel besteht wie bei der Kombination von Teil-Rotoren mit in Umfangsrichtung verschobenen Fluss-Barrieren gemäß [Fig. 3](#) resultierend.

[0045] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen die Feldlinienverläufe des magnetischen Flusses in Rotor und Stator, wobei [Fig. 5A](#) ein beispielhafter Ausschnitt aus [Fig. 1](#) und [Fig. 5B](#) ein beispielhafter Ausschnitt aus [Fig. 2](#) bezüglich Rotor- und Statorgeometrie ist. Man erkennt deutlich die Wirkung der jeweils lokal vergrößerten Fluss-Barrieren **5**, **5'**, die lokal den magnetischen Fluss deutlich verringern. Dieser Effekt führt letztlich zu der Verschiebung des Bereichs minimaler Reluktanz, der durch die jeweilige Verschiebung der q-Achse um einen Winkel α_r veranschaulicht werden kann.

[0046] Die Wirkung der Kombination der Teil-Rotoren gemäß [Fig. 3](#) wird anhand des Schaubilds von [Fig. 6](#) anschaulich. Im Schaubild von [Fig. 6](#) ist das elektromagnetische Drehmoment T gezeigt, wobei das Drehmoment aufgetragen ist über der Rotorposition in elektrischen Graden. Die mit X gekennzeichnete Kurve bezeichnet die Drehmomentkurve der elektrischen Maschine von [Fig. 1](#), wenn der Rotor nur aus dem ersten Teil-Rotor **2** gebildet wird, während die mit O bezeichnete Drehmomentkurve das Drehmoment der Maschine wiedergibt, wenn der Rotor nur mit dem zweiten Teil-Rotor **3** von [Fig. 2](#) gebildet wird. Man erkennt, dass jede dieser Drehmomentkurven X, O für sich genommen eine hohe Drehmomentwelligkeit aufweist.

[0047] Die resultierende Drehmomentkurve -- ist gestrichelt eingezeichnet und trifft auf die Gesamtanordnung gemäß [Fig. 3](#) zu. Hierbei wird der Gesamttrotor je zur Hälfte aus den Teil-Rotoren **2** und **3** gebildet. Man erkennt deutlich, dass durch die vorgeschlagene Kombination von Teil-Rotoren **2**, **3** mit relativ zueinander verschobenen Fluss-Barrieren in Umfangsrichtung die gesamte Drehmomentwelligkeit sehr deutlich reduziert ist. Damit einher geht auch eine deutliche Verringerung der Konsequenzen aus einer hohen Drehmomentwelligkeit, beispielsweise eine deutliche Reduzierung von Vibrationen der elektrischen Maschine im Betrieb sowie der Betriebsgeräusche und letztlich auch eine deutliche Verbesserung des Wirkungsgrads.

[0048] Damit eignet sich die beschriebene elektrische Maschine beispielsweise besonders für den Automobilbereich.

[0049] [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigen anhand jeweiliger Beispiele für zwei Teil-Rotoren eine weitere Ausführungsform des vorgeschlagenen Prinzips mit vergrabenen, tangentialen Permanentmagneten. Das Ausführungsbeispiel beruht in seinem Aufbau, der Funktionsweise und der vorteilhaften Wirkungsweise auf demjenigen gemäß der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) und wird insoweit nicht noch einmal beschrieben. Hier sind jedoch anstelle der V-förmigen Magnete solche in tangentialer Ausführung in die Teil-Rotoren eingebracht. An die tangentialen Magnete S, N schließen sich

wiederum Fluss-Barrieren **4**, **4'**, **5**, **5'** an, wobei diese bei den beiden Teil-Rotoren gemäß [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) wiederum in unterschiedlichem Drehsinn verschoben sind, so dass sich die oben bereits erläuterte Unsymmetrie mit der entsprechenden Achsverschiebung der q-Achsen der Teil-Rotoren q_1 , q_2 ergibt. Diese Teil-Rotoren gemäß [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) können wiederum axial miteinander zu einem Gesamt-Rotor kombiniert werden, der die oben erläuterten Vorteile und eine reduzierte Drehmomentwelligkeit aufweist.

[0050] [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen Teil-Rotoren gemäß einer Anwendung des vorgeschlagenen Prinzips auf einen reinen Reluktanzrotor ohne Permanentmagnete. Die bei einem konventionellen Reluktanzrotor vorgesehenen doppelt v-förmig eingebrachten Gebiete mit fehlendem Eisen, das heißt Luft, gehen in unsymmetrisch ausgebildete Fluss-Barrieren an den jeweiligen Enden der v-förmigen Gebiete über. Diese Unsymmetrie in Umfangsrichtung ergibt bei dem ersten Teil-Rotor gemäß [Fig. 8A](#) wiederum eine Verschiebung der q-Achse im Uhrzeigersinn zu der Achse q_1 , während bei dem zweiten Teil-Rotor gemäß [Fig. 8B](#) eine Verschiebung im Gegenuhrzeigersinn, wiederum um den gleichen Winkelbetrag, vorgesehen ist, so dass sich die neue q-Achse q_2 ergibt.

[0051] Diese Teil-Rotoren gemäß [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) können wiederum axial miteinander zu einem Gesamt-Rotor kombiniert werden, der die oben erläuterten Vorteile und eine reduzierte Drehmomentwelligkeit aufweist.

[0052] Die beschriebene elektrische Maschine erfordert keine Veränderungen am Stator. Es genügt, die beschriebenen Maßnahmen im Rotor vorzunehmen. Die unsymmetrische Ausführung der Fluss-Barrieren **4**, **5** kann in einfacher Weise durch Stanzen des Blechpakets des Rotors erfolgen, wobei für die Realisierung der beispielhaften Ausgestaltung von [Fig. 3](#) lediglich ein einziges Stanzwerkzeug erforderlich ist, da die Rotoren von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) durch Umdrehen der Blechpakete und zueinander verdrehtes axiales Kombinieren gemäß [Fig. 3](#) sehr kostengünstig gefertigt werden können.

[0053] Selbstverständlich liegt es im Rahmen des fachmännischen Handelns, anstelle der gezeigten axialen Kombination eine Kombination der Teil-Rotoren in Umfangsrichtung vorzunehmen, beispielsweise mit zwei Teil-Rotoren, die jeweils 180° geometrisch abdecken und als Halbzylinder realisiert sein können.

[0054] Ebenso liegt es im Rahmen fachmännischen Handelns, anstelle der gezeigten vergrabenen V-förmigen Permanentmagnete bzw. vergrabenen tangentialen Magnete, andere Rotortopologien zu ver-

wenden, wie beispielsweise in Nuten eingesetzte Magnete oder auch vergrabene Multischichtmagnete. Darüber hinaus ist das vorgeschlagene Prinzip nicht auf vergrabene Permanentmagnete beschränkt, sondern kann beispielsweise auch bei Multischichtreluktanzrotortopologien vorteilhaft eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

1	Stator
2	erster Teil-Rotor
3	zweiter Teil-Rotor
4	verkleinerte Fluss-Barriere
4'	verkleinerte Fluss-Barriere
5	vergrößerte Fluss-Barriere
5'	vergrößerte Fluss-Barriere
d	d-Achse
d1	Achse
d2	Achse
q	q-Achse
q1	Achse
q2	Achse
N	Nordpol
S	Südpol
α_r	Verschiebungswinkel der q-Achse

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102010032764 [\[0006\]](#)

Patentansprüche

1. Rotor für eine elektrische Maschine, der Rotor umfassend:

- einen ersten Teil-Rotor (2) und mindestens einen zweiten Teil-Rotor (3), die jeweils mindestens eine Fluss-Barriere (4, 4', 5, 5') umfassen,
- wobei die mindestens eine Fluss-Barriere (4', 5') des mindestens einen zweiten Teil-Rotors (3) im Bezug auf die mindestens eine Fluss-Barriere (4, 5) des ersten Teil-Rotors (2) in Umfangsrichtung verschoben ist und
- die beiden Teil-Rotoren (2, 3) miteinander axial und/oder in Umfangsrichtung kombiniert sind.

2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebung der mindestens einen Fluss-Barriere (4', 5') des mindestens einen zweiten Teil-Rotors (3) im Bezug auf die mindestens eine Fluss-Barriere (4, 5) des ersten Teil-Rotors (2) derart ausgebildet ist, dass ein Minimum der Rotor-Reluktanz des zweiten Teil-Rotors (3) relativ zu einem Minimum der Rotor-Reluktanz des ersten Teil-Rotors (2) verschoben ist.

3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebung der mindestens einen Fluss-Barriere (4', 5') des mindestens einen zweiten Teil-Rotors (3) im Bezug auf die mindestens eine Fluss-Barriere (4, 5) des ersten Teil-Rotors (2) derart ausgebildet ist, dass die q-Achse (q2) des zweiten Teil-Rotors (3) relativ zur q-Achse (q1) des ersten Teil-Rotors (2), jeweils bezogen auf eine gemeinsame d-Achse (d), verschoben ist.

4. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teil-Rotor (2) und der mindestens eine zweite Teil-Rotor (3) jeweils mindestens einen Magneten (S, N) umfassen, dem jeweils die mindestens eine Fluss-Barriere (4, 4', 5, 5') des ersten beziehungsweise mindestens einen zweiten Teil-Rotors (2, 3) zugeordnet ist.

5. Rotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- der erste und der zweite Teil-Rotor (2, 3) jeweils mindestens einen magnetischen Nordpol (N) und einen magnetischen Südpol (S) umfassen, die jeweils eine Symmetrieachse aufweisen,
- der Nordpol und der Südpol jeweils einander gegenüberliegende Fluss-Barrieren (4, 4', 5, 5') aufweisen,
- wobei die gegenüberliegenden Fluss-Barrieren (4, 4', 5, 5') des Nordpols (N) bezüglich dessen Symmetrieachse unsymmetrisch ausgebildet sind und/oder
- wobei die gegenüberliegenden Fluss-Barrieren (4, 4', 5, 5') des Südpols (S) bezüglich dessen Symmetrieachse unsymmetrisch ausgebildet sind.

6. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite

Teil-Rotor (2, 3) jeweils als Reluktanzrotor ausgebildet sind.

7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die mindestens eine Fluss-Barriere (4', 5') des mindestens einen zweiten Teil-Rotors (3) im Bezug auf die mindestens eine Fluss-Barriere (4, 5) des ersten Teil-Rotors (2) in Umfangsrichtung derart verschoben ist, dass die Drehmomentwelligkeit der Teil-Rotoren gegenseitig kompensiert und/oder die Drehmomentwelligkeit reduziert ist.

8. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die mindestens zwei Teil-Rotoren (2, 3), abgesehen von der Verschiebung der Fluss-Barrieren (4, 4', 5, 5'), den gleichen Aufbau, insbesondere gleiche Geometrie haben.

9. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Teil-Rotor (2, 3) Permanentmagnete aufweisen, die von mindestens einem der folgenden Typen sind:

- in Nuten eingesetzte Magnete,
- vergrabene tangentiale Magnete,
- vergrabene V-Magnete,
- vergrabene Mehrschichtstruktur.

10. Elektrische Maschine mit einem Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9 sowie weiter umfassend: einen Stator (1), wobei der Rotor (2, 3) relativ zum Stator beweglich ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

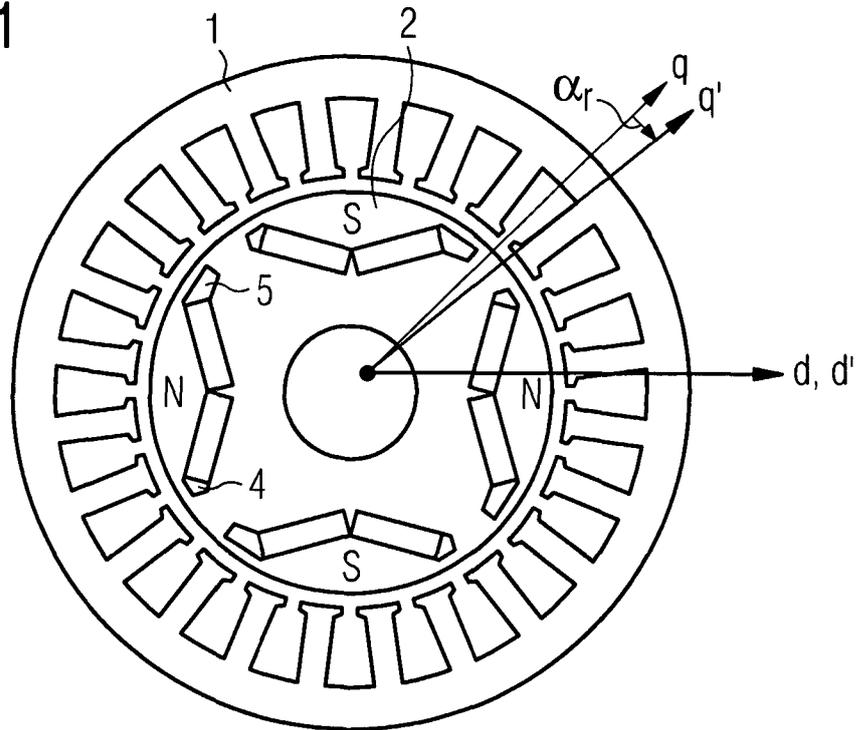


FIG 2

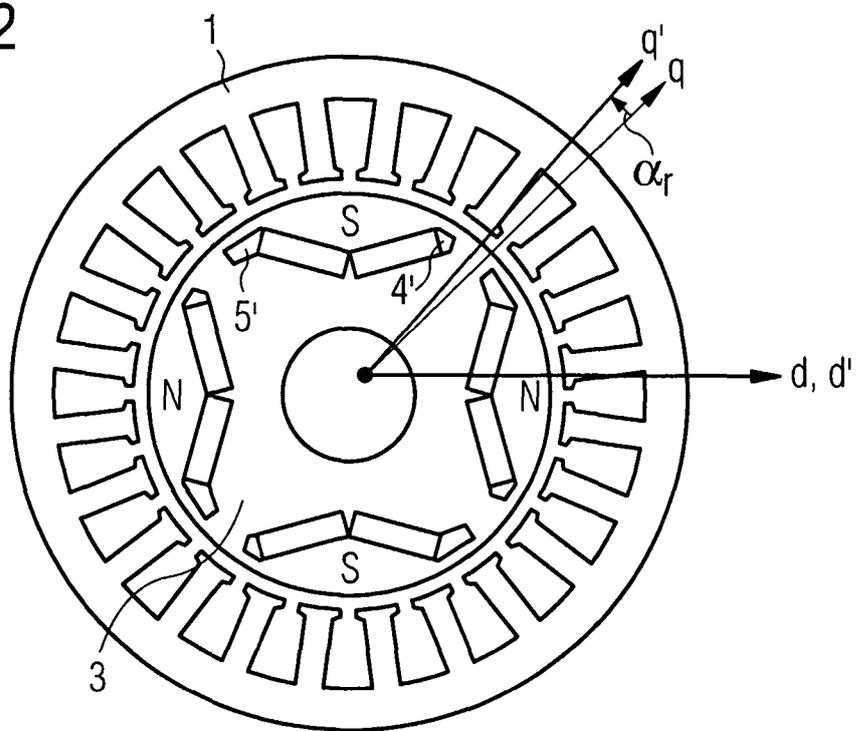


FIG 3

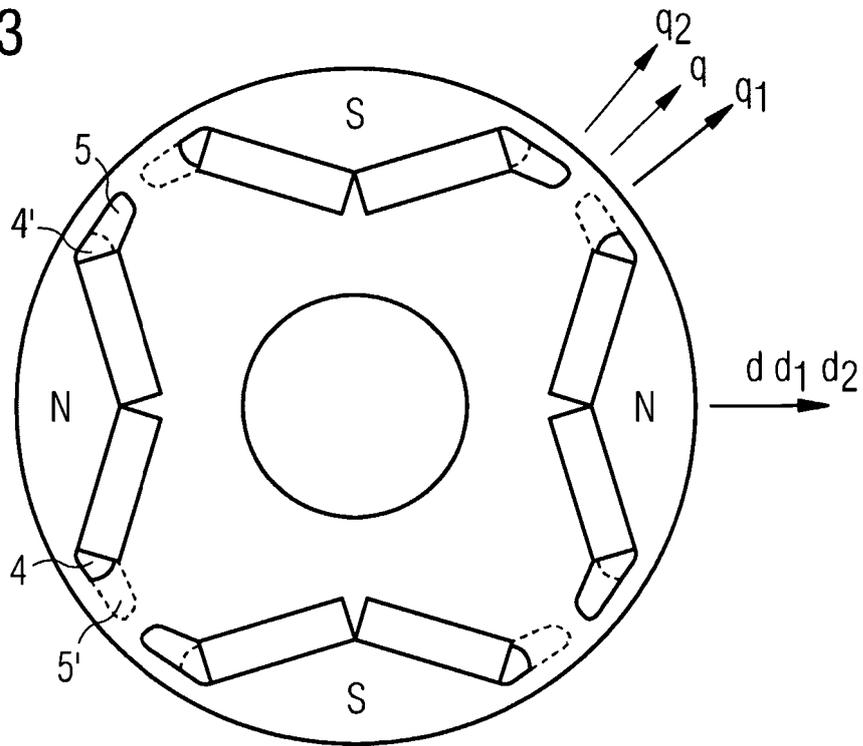


FIG 4

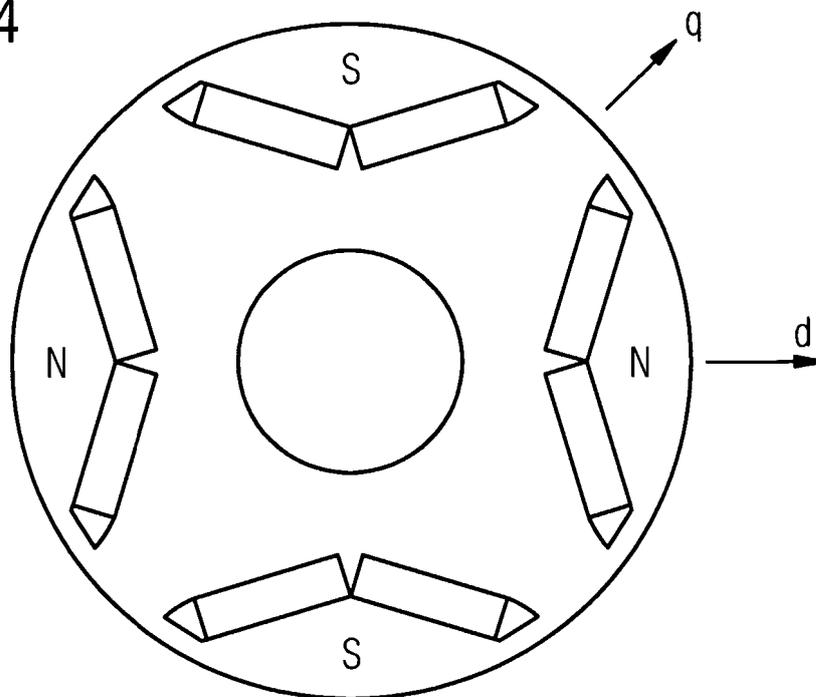


FIG 5A

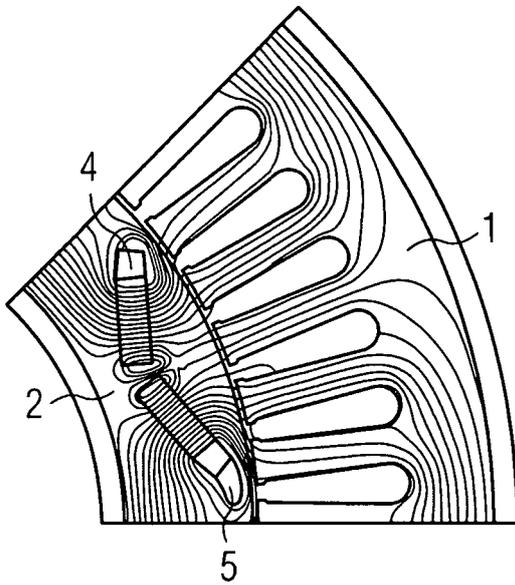


FIG 5B

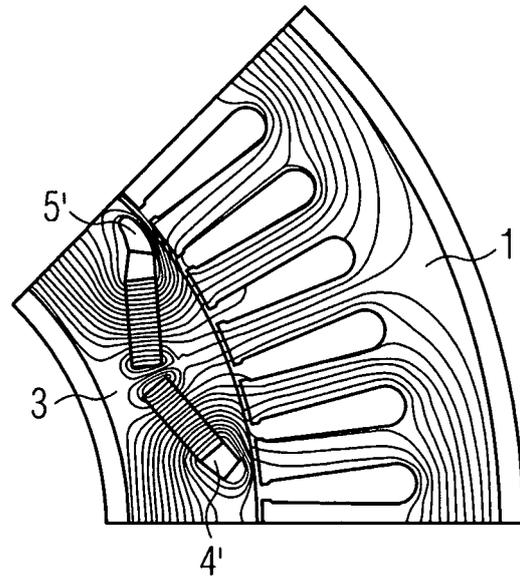


FIG 6

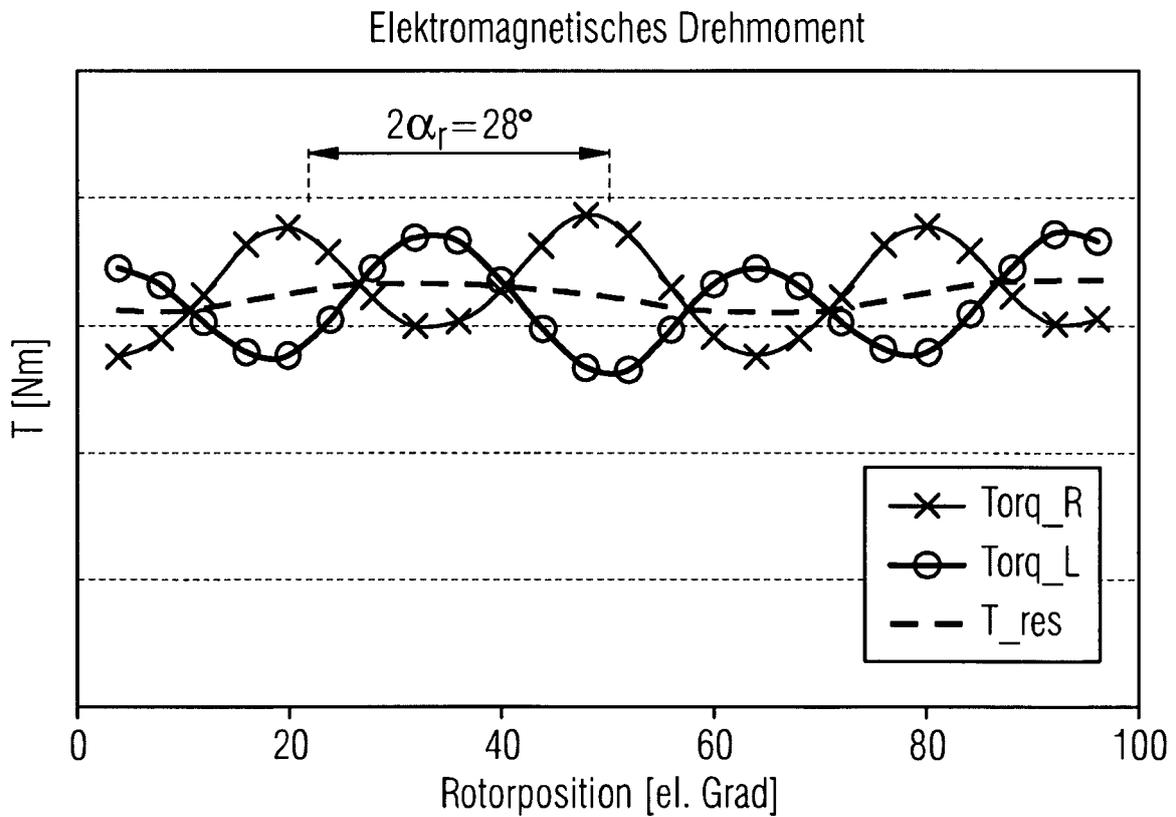


FIG 7A

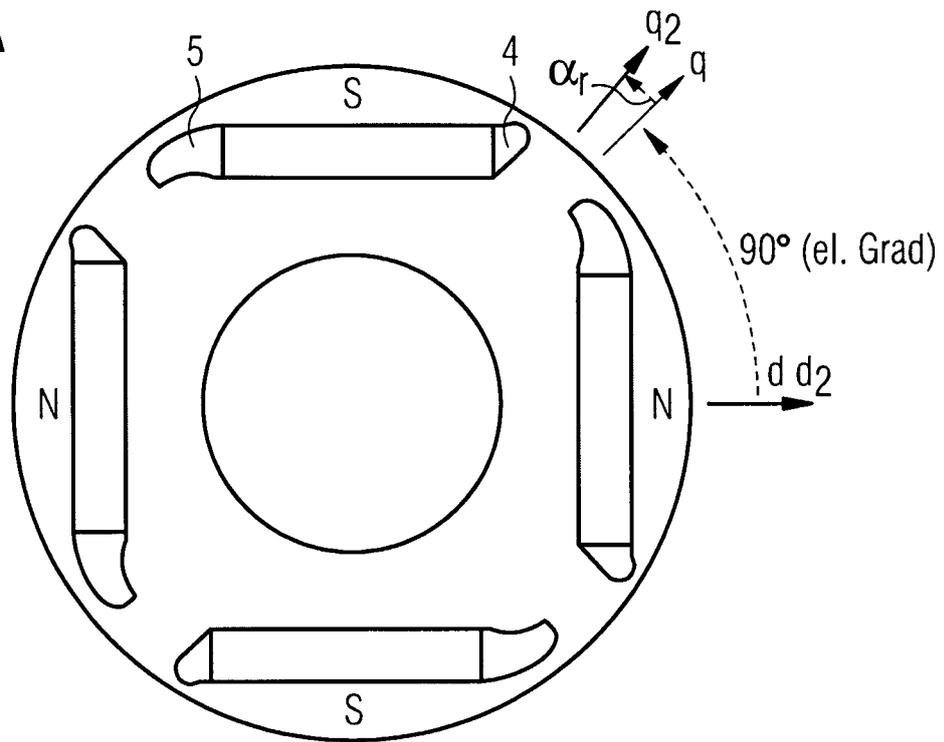


FIG 7B

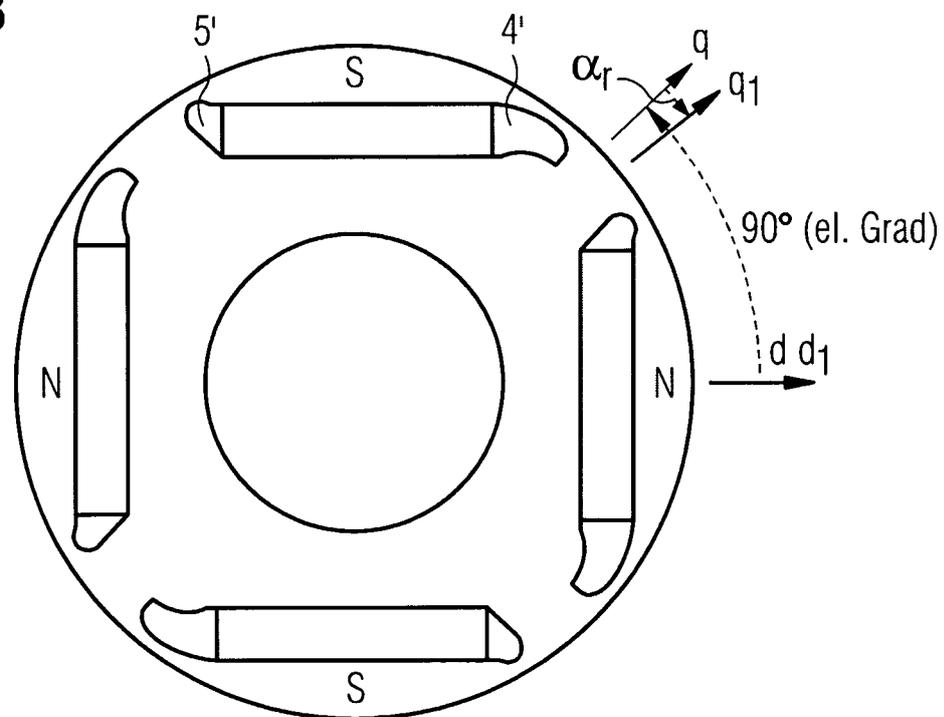


FIG 8A

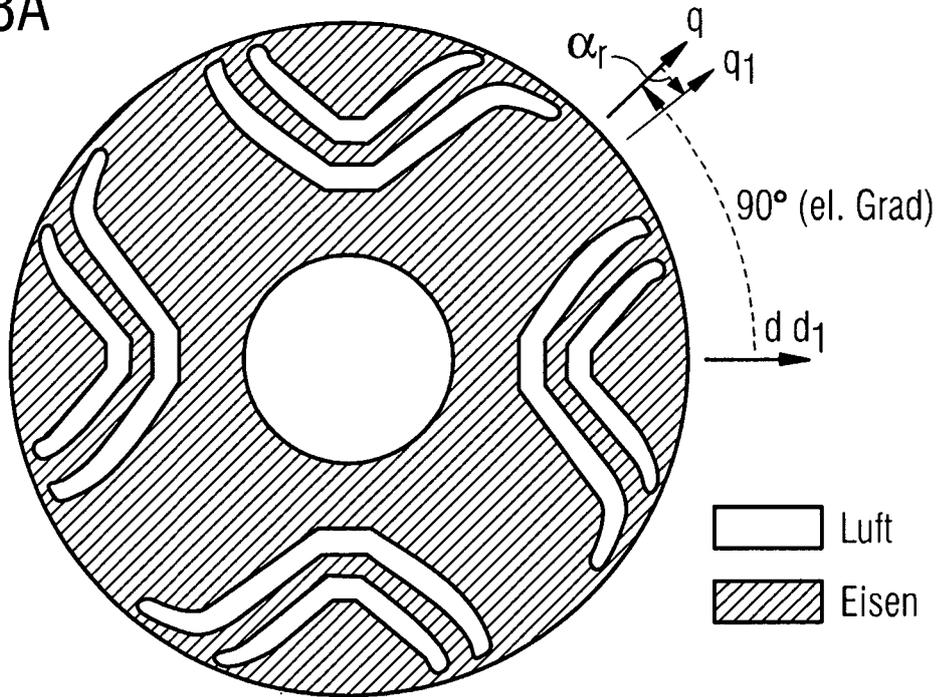


FIG 8B

