

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro



(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum

23. Februar 2017 (23.02.2017)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/029216 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/24 (2006.01) H02K 15/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/069238

(22) Internationales Anmelde datum:

12. August 2016 (12.08.2016)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

102015215585.4 14. August 2015 (14.08.2015) DE

(71) Anmelder: KSB AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Johann-Klein-Straße 9, 67227 Frankenthal (DE).

(72) Erfinder: SCHaab, Jochen; c/o KSB Aktiengesellschaft,
Johann-Klein-Straße 9, 67227 Frankenthal (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

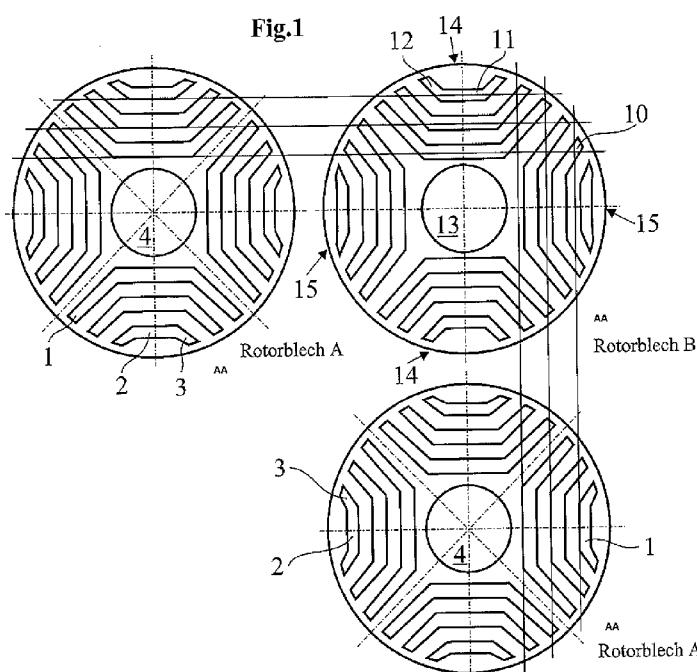
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Titel: ROTOR STACK FOR A SYNCHRONOUS RELUCTANCE MACHINE

(54) Bezeichnung : ROTORPAKET FÜR EINE SYNCHRONRELUKTANZMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a rotor stack for a synchronous reluctance machine, which rotor stack consists of a plurality of stacked lamination cuts having flux barriers for forming salient rotor poles, wherein flux barriers of adjacent lamination cuts that lie one on the other form an opening that is continuous in the axial rotor direction, wherein, in the case of at least some of the flux barriers lying one on the other, at least two flux barriers of adjacent lamination cuts mutually overlap at least in some regions.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Rotorpaket für eine Synchronreluktanzmaschine bestehend aus einer Vielzahl an gestapelten Blechschnitten mit Flusssperren zur Ausbildung ausgeprägter Rotorpole, wobei aufeinander liegende Flusssperren benachbarter Blechschnitte eine in axialer Rotorrichtung durchgehende Ausnehmung bilden, wobei bei zumindest einem Teil der aufeinander liegenden Flusssperren sich wenigstens zwei Flusssperren benachbarter Blechschnitte zumindest bereichsweise gegenseitig überlappen.

Rotorpaket für eine Synchronreluktanzmaschine

10

Die Erfindung betrifft ein Rotorpaket für eine Synchronreluktanzmaschine bestehend aus einer Vielzahl an gestapelten Blechschnitten mit Flusssperren zur Ausbildung ausgeprägter Rotorpole, wobei aufeinander liegende Flusssperren benachbarter Blechschnitte eine in axialer Rotorrichtung durchgehende Ausnehmung bilden.

Synchronreluktanzmotoren besitzen einen Rotor aus einem gestapelten Blehpaket. Die einzelnen Blechschnitte umfassen einen Flusssperrenschnitt, um im Motorbetrieb eine Ausprägung magnetischer Pole zu fördern. In der Regel sind die gestapelten Bleche identisch und werden deckungsgleich gestapelt, so dass die aufeinanderliegenden Flusssperren eine in Axialrichtung durchgehende Öffnung durch das Rotorpaket bilden.

Für das Verhalten der Maschine ist das Reluktanzverhältnis zwischen d- und q-Achse der Rotorgeometrie entscheidend. Aus Stabilitätsgründen sind innere und äußere Rippen nötig um die quer zur y-Achse orientierten Flussleitflächen zu tragen. Um eine möglichst große magnetische Anisotropie zu erreichen, wird stets versucht, diese Rippen soweit wie möglich zu minimieren. Dazu werden die Rippen möglichst dünn ausgelegt, gerade so, dass die mechanische Festigkeit des Rotors noch gegeben ist.

Bei Anwendungen mit hohen Leistungsdichten werden schnell drehende Motoren eingesetzt, beispielsweise mit einer Drehzahl von 14.000 Umdrehungen pro Minute gegenüber maximal 4.200 Umdrehungen pro Minute bei Industrieantrieben. Die hohe

Drehzahl erzeugt enorme Fliehkräfte, die ein stabiles Rotorgefüge verlangen. Dazu müssen die Rippen verbreitert werden, um den Fliehkräften standzuhalten. Die Verbreitung der Rippen führt jedoch zu einer unerwünschten magnetischen Leitfähigkeit in q-Richtung, was die Drehmomentausbeute der Maschine beeinträchtigt.

5

In der Vergangenheit ist man zur Überwindung dieses Problems bereits dazu übergegangen, die sich bei der Stapelung ergebenden axialen Durchgänge aufeinander liegender Flusssperren mit einem passenden Füllmaterial auszufüllen. Das eingebrachte Füllmaterial wirkt als Trägermaterial und verleiht dem Rotorpaket eine zusätzliche Stabilität.

10

Beim Einbringen des Füllmaterials entsteht eine Verbindung der einzelnen Flussleitflächen mit dem Füllmaterial. Die Kontaktfläche zwischen Flussleitflächen und Füllmaterial ist allerdings konstruktionsbedingt sehr gering. Zudem wird die vorliegende Kontaktfläche im Motorbetrieb rein auf Zug beansprucht. Die durch Adhäsion übertragbaren Kräfte sind in diesem Fall sehr gering.

15

Die vorliegende Erfindung setzt sich zur Aufgabe, die Rotorstabilität im Betrieb mit hohen Drehzahlen zu erhöhen ohne im Gegenzug eine Beeinträchtigung des Wirkungsgrades in Kauf nehmen zu müssen.

20

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Rotorpaket gemäß den Merkmalen des Anspruchs
1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Rotorpakets sind Gegenstand der sich an den Hauptanspruch anschließenden abhängigen Ansprüche.

25

Gelöst wird die Aufgabe demnach durch ein Rotorpaket für eine Synchronreluktanzmaschine, das aus einer Vielzahl an gestapelten Blechschnitten mit Flusssperren zur Ausbildung ausgeprägter Rotorpole besteht. Einige Flusssperren liegen aufeinander, wodurch sich in axialer Richtung des Rotors ein Durchgang ergibt.
Bisher lagen die Flusssperren benachbarter Rotorschritte deckungsgleich aufeinander, d.h. die Flusssperrenränder aufeinander liegender Flusssperren bildeten eine in Axialrichtung ebene Innenwandung.

Erfnungsgemäß wird nun dazu übergegangen, zumindest einen Teil der aufeinander liegenden Flusssperren von zumindest zwei benachbarten Blechschnitten sich zumindest bereichsweise überlappend anzuordnen. Damit ergibt sich kein ebener Verlauf der

5 Innenwandung, sondern die Überlappung der Flusssperren führt zu einem stufenförmigen Verlauf der resultierenden Innenwandung aufeinander liegender Flusssperren in Axialrichtung. Dadurch wird die zur Verfügung stehende Wandungsfläche vergrößert, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn ein Füllmaterial in die Flusssperren eingebracht ist. Folglich erhöht sich die Kontaktfläche zwischen den an die Flusssperre an-

10 grenzenden Flussleitabschnitten des Blechschnitts und dem eingebrachten Füllmaterial. Darüber hinaus entstehen neue Bereiche, welche im Motorbetrieb durch Scherkräfte belastet werden können. Der resultierende Rotorverbund wird erheblich gestärkt. Der Rotor kann so höhere Drehzahlen aushalten, da die Übertragung der Fliehkräfte nicht mehr allein durch innere und äußere Rippen erfolgen muss.

15 Als überlappende Anordnung werden Flusssperren verstanden, die nicht vollständig deckungsgleich aufeinander liegen, sondern deren Randbereiche sich zumindest teilweise überlappen.

20 Idealerweise ist pro Polsegment der Rotorgeometrie wenigstens eine entsprechende überlappende Anordnung von Flusssperren vorgesehen. Besser ist es jedoch, wenn Flusssperren eines jeden Polsegmentes der Blechschnittgeometrie eine überlappende Anordnung vorsehen, was die Stabilität des Rotorpaketes deutlich erhöht.

25 Die überlappende Anordnung der Flusssperren kann durch eine Variation der Flusssperrengröße sowie Flusssperrenform und/oder durch eine Verschiebung wenigstens einer Flusssperre auf dem Rotorblechschnitt erzielt werden. Denkbar ist es, dass die Form und/oder Größe wenigstens einer Flusssperre zu wenigstens einer benachbarten Flusssperre verzerrt ist.

30 Es ist ebenfalls denkbar, dass die aufeinander liegenden Flusssperren eine identische Form und Größe aufweisen, jedoch beim Vergleich benachbarter Blechschnitte versetzt

zueinander verlaufen, sodass sich diese gegenseitig an bestimmten Bereichen überlappen. Denkbar kann selbstverständlich auch eine Überlappung über den vollständigen Verlauf der Flusssperren, d.h. über deren gesamte Länge, sein.

- 5 Die geometrische Formgebung einzelner Flusssperren kann aus einem quer zur q-Achse verlaufenden Mittelteil, insbesondere geradlinig verlaufenden Mittelteil, und/oder endseitig am Mittelteil angeordnete und dazu abgewinkelte Enden bestehen. Die Enden müssen nicht spitz abgewinkelt sein, ein runder Übergang vom Mittelteil in die abgewinkelten Enden ist ebenso vorstellbar.

10

Für die Überlappung ist es prinzipiell ausreichend, wenn zumindest die Mittelteile benachbarter Flusssperren in radialer Richtung zueinander versetzt liegen. Idealerweise liegen die Enden weiterhin deckungsgleich aufeinander, insbesondere die abgewinkelten Enden, auch als Schenkel bezeichnet, aufeinander.

15

- Besonders bevorzugt ist es, wenn zwischen jeweils zwei Blechschnitten mit deckungsgleich aufeinanderliegenden Flusssperren wenigstens ein Blechschnitt mit dazu versetztem Flusssperrenverlauf liegt, so dass zwischen den beiden äußeren Flusssperren und der dazwischen liegenden Flusssperren eine identische Überlappung auftritt. Im 20 Ganzen ergibt sich eine gleichmäßige Rotorstruktur und der durch die Unterschiede in der Blechschnittgeometrie bedingte Einfluss auf den Rotorrundlauf wird minimiert.

- 25 Es besteht die Möglichkeit, dass das Paket zumindest teilweise aus identischen Blechschnitten gestapelt ist, wobei die Flusssperren unmittelbar benachbarter Polsegmente eines jeden Blechschnitts mit unterschiedlichem Radialabstand zur Wellenbohrung angeordnet sind. Benachbarte Blechschnitte sind dann um ein Polsegment zueinander verdreht gestapelt, so dass sich zumindest ein Teil der aufeinander liegenden Flusssperren überlappen. Es können beispielsweise die inneren Flusssperren benachbarter Rotorpole zueinander versetzt angeordnet sein. Gleches gilt für die äußeren als auch 30 die mittleren Flusssperren. Grundsätzlich können auch alle Flusssperren eines Rotorpols versetzt zu den Flusssperren eines benachbarten Rotorpols angeordnet sein. Der

Versatz bezieht sich immer auf zwei korrespondierende Flusssperren benachbarter Polsegmente, d.h. die inneren, eine der mittleren bzw. die äußereren Flusssperren.

- Es müssen nicht zwingend die Flusssperren unmittelbar benachbarter Polsegmente mit unterschiedlichem Radialabstand zur Wellenbohrung angeordnet sein. Möglich ist auch, dass die Flusssperren eines Polsegmentes und eines übernächsten Polsegmentes oder eines dem übernächsten Polsegment nachfolgenden Polsegmentes unterschiedliche Radialabstände zur Wellenbohrung aufweisen. Genauso können auch gegenüberliegende Polsegmente Flusssperren mit unterschiedlichem Radialabstand zur Wellenbohrung aufweisen. Beim anschließenden Verdrehen der Blechschnitte für die Stapelung ist darauf zu achten, dass benachbarte Blechschnitte soweit verdreht werden, dass Polsegmente mit zueinander versetzten Flusssperren aufeinander liegen. Die Verdrehung erfolgt also zumindest um mindestens zwei Polsegmente.
- Bevorzugterweise sind Flusssperren aller unmittelbar zueinander benachbarten Polsegmente mit abweichendem Versatz zur Wellenbohrung platziert. Selbiges kann auch bei der zuvor genannten alternativen Ausgestaltung, bei der nicht die Flusssperren unmittelbar benachbarter Polsegmente einen Versatz aufweisen, sinnvoll sein. Der Einfachheit halber wird jedoch im Folgenden nur Bezug zum Beispiel mit einem Versatz der Flusssperren unmittelbar benachbarter Polsegmente genommen, die Ausführungen gelten jedoch ohne Einschränkungen auch für die Alternative.

Beispielsweise kann die entsprechende Flusssperre des benachbarten Polsegmentes eines ersten Pols mit geringerem Abstand zur Wellenbohrung angeordnet sein, während dessen unmittelbar benachbarte Flusssperre des benachbarten Polsegmentes wiederum mit größerem Abstand zur Wellenbohrung angeordnet ist. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, wenn die Flusssperren benachbarter Polsegmente unterschiedliche Abstände zur Wellenbohrung aufweisen, jedoch die Flusssperre des übernächsten Polsegmentes einer Flusssperre eines ersten Polsegmentes mit identischem Abstand zur Wellenbohrung platziert ist. Geht man die Flusssperren im Umfang des Blechschnittes über die einzelnen Polsegmente ab, so sind die jeweiligen Flusssperren alternierend mit größerem bzw. kleinerem Abstand zur Wellenbohrung platziert.

Bei der anschließenden Stapelung dieser Blechschnitte werden diese zueinander verdreht um jeweils ein Polsegment aufeinander platziert, wodurch sich eine überlappende Anordnung der Flusssperren ergibt.

5

Wie bereits vorstehend beschrieben, können die resultierenden in axialer Richtung durchgehenden Ausnehmungen des Rotorpaketes mit einem entsprechenden Füllmedium teilweise oder vollständig befüllt sein, beispielsweise mit einem diamagnetischen oder paramagnetischen Material. Vorteilhaft ist die Einbringung des Materials mittels Spritzguss- bzw. Druckgussverfahrens. Besonders vorteilhaft kann die Einbringung des Materials per Thixomolding erfolgen. Besonders geeignet ist die Verwendung von Aluminium als Füllmaterial bzw. von einem Füllmaterial, das Aluminium umfasst.

Denkbar ist es, dass zumindest ein Teil der Blechschnitte eine oder mehrere Bohrungen in mindestens einem Flussleitabschnitt umfassen. Auch die Bohrungen können, vergleicht man benachbarte Polsegmente, versetzt zueinander angeordnet sein. Insbesondere sind die Bohrungen derart angeordnet, dass sich die Bohrungen innerhalb der Flussleitabschnitte eines Blechschnittes in die Flusssperre des benachbarten Blechschnittes erstrecken. Die Bohrungen können ebenfalls mit einem Füllmaterial ausgefüllt sein, vorzugsweise demselben Material wie die aufeinander liegenden Flusssperren. Die Füllung der Bohrungen verleiht dem Rotorpaket zusätzliche Stabilität. Diese Vorgehensweise ist insbesondere dann von Vorteil, wenn eine Blechschnittgeometrie mit möglichst wenigen bzw. keinen Rippen, d. h. ohne inneren oder äußeren Rippen, verlangt ist. Die Reduzierung der Rippenzahl bzw. das vollständige Weglassen der Rippen optimiert das Reluktanzverhältnis zwischen d- und q-Achse, wobei aufgrund der Bohrungen dennoch für ausreichende Stabilität des Rotorpaketes gesorgt wird.

Der erfindungsgemäße Gedanke ermöglicht den Aufbau eines Rotors, der ohne zusätzliche Fixierungs-, Distanz- oder Endscheiben auskommt. Die Stabilität wird allein durch die überlappende Anordnung der Flusssperren und die nachfolgende Verfüllung dieser erreicht. Es spricht jedoch nichts dagegen, die Rotorgeometrie um einen Anlaufkäfig mit entsprechenden Kurzschlussringen zu ergänzen, insbesondere auf Basis des in die

Flusssperren eingebrachten Aluminiums. Der Rotor eignet sich dann zum Einsatz innerhalb einer Line-Start Synchronreluktanzmaschine.

Neben dem erfindungsgemäßen Rotorpaket betrifft die vorliegende Erfindung ebenfalls 5 eine Sychronreluktanzmaschine mit einem derartigen Rotorpaket. Damit ergeben sich für die Sychronreluktanzmaschine offensichtlich dieselben Vorteile und Eigenschaften, wie sie bereits anhand des erfindungsgemäßen Rotorpaketes erläutert wurden.

Bevorzugt ist eine Ausführung der Sychronreluktanzmaschine, bei der auf einen Stator 10 in Einzelpulenwicklung zurückgegriffen wird. Es kann jedoch auch ein Stator mit verteilter Wicklung eingesetzt werden.

Zuletzt betrifft die vorliegende Erfindung ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung eines Rotorpaketes, vorzugsweise gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren zeichnet 15 sich dadurch aus, dass einzelne Blechschnitte aus einem elektromagnetischen Blech geschnitten bzw. gestanzt werden, wobei korrespondierende Flusssperren benachbarter Polsegmente in alternierender radialer Richtung zueinander versetzt sind. Dies betrifft unmittelbar benachbarte Polsegmente als auch nachfolgende Polsegmente 20 bzw. gegenüberliegende Polsegmente. Dadurch verlaufen die jeweiligen Flusssperren dieser Polsegmente mit unterschiedlichem Radialabstand zur Wellenbohrung. Beim nachfolgenden Fügen werden die einzelnen Blechschnitte um ein oder mehrere Polsegmente gegenüber dem vorhergehenden Blechschnitt des Rotorpaketes verdreht angeordnet, sodass die korrespondierenden Flusssperren nicht mehr deckungsgleich 25 aufeinander liegen, sondern sich teilweise überlappen. Durch die Überlappung der aufeinander liegenden Flusssperren ergibt sich eine vergrößerte Kontaktfläche zwischen einem eingefüllten Füllmaterial und den Flussleitabschnitten.

Die Einbringung des Füllmaterials in die jeweiligen Flusssperren erfolgt vorzugsweise per Druckgussverfahren, wobei als Füllmaterial idealerweise ein Aluminium bzw. ein 30 Aluminium umfassendes Material zum Einsatz kommt. Besonders bevorzugt kann die Einbringung des Füllmaterials per Thixomolding erfolgen. Dieses Verfahren zeichnet sich durch die sehr guten Fließeigenschaften des Füllmaterials aus, weshalb sich das

Verfahren insbesondere für die Befüllung der Flusssperren, insbesondere für die Befüllung der sich überlappenden Flusssperren und den damit einhergehenden feinen Oberflächenstrukturen, eignet.

- 5 Ein oder mehrere Flussleitabschnitte ein oder mehrerer Polsegmente sind optional mit Bohrungen versehen, in die ebenfalls das verwendete Füllmaterial eingebracht wird. Auch die Bohrungen können, vergleicht man benachbarte Polsegmente miteinander, versetzt zueinander angeordnet sein. Insbesondere sind die Bohrungen derart angeordnet, dass sich die Bohrungen innerhalb der Flussleitabschnitte eines Blechschnittes
10 in die Flusssperre des benachbarten Blechschnittes erstreckt. Dadurch lassen sich benachbarte Flussleitabschnitte in Axialrichtung unmittelbar mit dem Füllmaterial verbinden, was die Stabilität des Rotors positiv beeinflusst.

15 Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung sollen im Folgenden anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels wiedergegeben werden. Es zeigen:

- 20 Fig. 1: eine Darstellung des erfindungsgemäß Blechschnittes im Vergleich zu einem konventionellen Rotorblech,
Fig. 2: eine Darstellung des erfindungsgemäß Blechschnittes gemäß einer zweiten Ausführungsform,
25 Fig. 3: eine skizzierte Darstellung eines gestapelten Rotorpaketes aus erfindungsgemäß Blechschnitten gemäß Figur 1 und
Fig. 4: eine skizzierte Darstellung eines gestapelten Rotorpaketes aus erfindungsgemäß Blechschnitten gemäß Figur 2.
30 Fig. 1 zeigt insgesamt drei Blechschnitte eines Rotorpaketes, wobei das Rotorblech A ein konventionelles Rotorblech darstellt, während Rotorblech B die Geometrie eines erfindungsgemäß Blechschnittes zeigt. Zum besseren Verständnis der modifizierten

Flusssperrenanordnung sind die unterschiedlichen Geometrien neben- sowie untereinander dargestellt.

Beide Blechschnittgeometrien A, B bestehen aus einem elektromagnetischen Blech,
5 das mit einer Vielzahl an Flusssperren 1, 10 versehen ist. Beide Geometrien sind nahezu identisch, lediglich die Anordnung der Flusssperren 10 ist in der neuartigen Geometrie gemäß dem Blech B leicht radial versetzt angeordnet.

Beide Rotorgeometrien A, B bilden durch die gezielte Anordnung der Flusssperren 1, 10
10 in entsprechenden Polsegmenten einen vierpoligen Rotor. Einzelne Polsegmente umfassen jeweils drei Flusssperren 1, 10, die aus einem Mittelteil 2, 11 sowie daran endseitig angewinkelten Enden 3, 12 bestehen. Die in Radialrichtung am nächsten an der Wellenbohrung 4, 13 liegende Flusssperre weist die größte geometrische Abmessung auf, während die in Radialrichtung weiter außen liegenden Flusssperren zunehmend
15 kleiner dimensioniert sind.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der Flusssperrenschnitt so variiert, dass die Mittelteile 11 der Flusssperren 10 eines Polsegmentes in radialer Richtung abwechselnd verschoben sind. Alle Flusssperren 10 von je zwei Polsegmenten 15 werden radial nach außen verschoben, bei den beiden übrigen Polsegmenten 14 werden alle Flusssperren 10 nach innen verschoben. Die Lage der Enden 12 der Flusssperren bleibt unverändert gegenüber der heutigen Ausführung gemäß Blechschnitt A.
20

Zu sehen ist beispielsweise, dass die Flusssperren 10 des oberen und unteren Polsegmentes 14 des Rotorblechs B gegenüber dem konventionellen Rotorblech A in radialer Richtung näher an der Wellenbohrung 13 liegen. Demgegenüber sind die Flusssperren 10 des rechts und links liegenden Polsegmentes 15 gegenüber dem konventionellen Rotorblech A in radialer Richtung weiter zur Wellenbohrung 13 beabstandet. Die Verschiebung der Flusssperren der Polsegmente 15 nach innen führt zu einer Verzerrung der Flusssperrenform gegenüber der ursprünglichen Flusssperrenform gemäß Blechschnitt A, während die Verschiebung der Flusssperren der Polsegmente 14 nach außen
25
30

zur Stauchung führt. Die Position der Enden, d.h. der Enden der beiden Schenkel auf dem Blechschnitt B ändert sich jedoch nicht.

Eine abweichende Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotorblechs ist in Fig. 2 als Rotorblech C dargestellt. Die Anordnung der Flusssperren 10 ist dabei identisch zu der Anordnung gemäß dem Rotorblech B der Fig. 1. Abweichend dazu sind lediglich die Flussleitabschnitte 16, d. h. die Abschnitte des elektromagnetischen Bleches zwischen den einzelnen Flusssperren 10, mit Haltelöchern 17 versehen.

Die Haltelöcher 17, auch als Bohrungen bezeichnet, sind für benachbarte Polsegmente ebenfalls versetzt zueinander angeordnet. Im Polsegment 14 liegen diese beispielsweise am äußeren Grenzrand der Mittelteile der einzelnen Flusssperren 10, während die Bohrungen 17 im Polsegment 15 demgegenüber am inneren Grenzrand der Mittelteile 11 der Flusssperren 10 liegen. Die Bohrungen 17 sind folglich ebenfalls in Radialrichtung versetzt angeordnet. Die Funktion dieser Haltelöcher 17 wird zu einem späteren Zeitpunkt näher erläutert.

Nach dem Stanzen der Blechschnitte B, C werden diese beim nachfolgenden Fügen um 90° gegenüber dem vorhergehenden Blech verdreht gestapelt. Dadurch entsteht im Inneren einer Flusssperre über die Rotorgesamtlänge hinweg ein Volumen mit stark vergrößerter Oberfläche, da die Überlappung der Flusssperren zu einem treppenartigen Verlauf der Innenwandung in Axialrichtung führt. Zu sehen ist dies beispielsweise in der Darstellung gemäß den Figuren 3 und 4. Die Variante gemäß Figur 3 zeigt die Verwendung von Blechschnitten gemäß der Geometrie B, während die Abbildung der Figur 4 auf Blechschnitte mit der Geometrie C zurückgreift. Erkennbar bei beiden Beispielen B, C ist hier, dass der Abstand der Flusssperren 10, 10', 10'' zur Wellenbohrung 13 über die axiale Länge L variiert. Die gilt sowohl für die sich überlappenden innersten Flusssperren 10, die mittleren Flusssperren 10' sowie die äußeren Flusssperren 10''.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel hat jeder zweite Blechschnitt Flusssperren 10, 10', 10'' mit identischem Abstand zur Wellenbohrung 13, wohingegen unmittelbar benachbarte Blechschnitte abweichende Abstände zur Wellenbohrung 13 aufweisen. Durch diese Vorgehensweise ergibt sich eine deutliche Oberflächenvergrößerung der Innen-

wandung der Flusssperren 10, 10', 10'', die durch die angrenzenden Flussleitabschnitte 16, 16', 16'', 16''' gebildet ist. Werden die Flusssperren 10, 10', 10'' über die axiale Länge L mit einem Füllmaterial, z. B. per Aludruckguss, ausgefüllt, so entsteht eine Verbindung der einzelnen Flussleitflächen 16, 16', 16'', 16''' mit dem Füllmaterial.

5

Beim Verguss eines konventionellen Rotors mit den Blechschnitten A wäre die Kontaktfläche zwischen Flussleitfläche und Vergussmaterial sehr gering und die resultierende Kontaktfläche würde rein auf Zug beansprucht. Die in diesem Fall durch Adhäsion übertragbaren Kräfte sind vergleichsweise gering. Bei der modifizierten Rotorvariante gemäß Fig. 3 ist die Kontaktfläche aufgrund des stufenförmigen Verlaufs stark vergrößert und es entstehen neue Bereiche, welche durch Scherkräfte belastet werden können, was den Verbund des Rotors deutlich stärkt. Der ausgefüllte Rotor kann so höhere Drehzahlen aushalten, da die Übertragung der Fliehkräfte nicht mehr allein durch die inneren und äußeren Rippen erfolgen muss.

10

Durch die Modifikation des Rotorbleches und den Ausguss ist es möglich auf die inneren und äußeren Rippen teilweise oder gegebenenfalls komplett zu verzichten.

Zudem benötigt das erfindungsgemäße Rotorpaket keine zusätzlichen Distanz- Fixierungs- oder Abschlusscheiben bzw. Kurzschlussringe zur Gewährleistung der Rotorstabilität. Es spricht jedoch nichts gegen die Einbringungen solcher Elemente, insbesondere dann, wenn das Rotorpaket in einem Line-Start Synchronreluktanzmotor eingesetzt werden soll und ein notwendiger Anlaufkäfig integriert wird.

25 Das vorliegende Rotorpaket kann mit einer unveränderten Einzelpulenwicklung aber auch mit verteilter Wicklung betrieben werden.

Bei der Verwendung der Blechschnittgeometrie C sind ebenfalls die Bohrungen 17 in den Flussleitabschnitten 16, 16', 16'', 16''' zu erkennen. Die Bohrungen erstrecken sich 30 in die Flusssperre 10 des benachbarten Blechschnittes C, so dass durch das Einfüllen des Füllmaterials die Flussleitabschnitte gleichzeitig mit der eingefüllten Trägersubstanz

verbunden werden. Durch diese Bohrungen wird die Belastbarkeit des Rotors durch Fliehkräfte weiter erhöht.

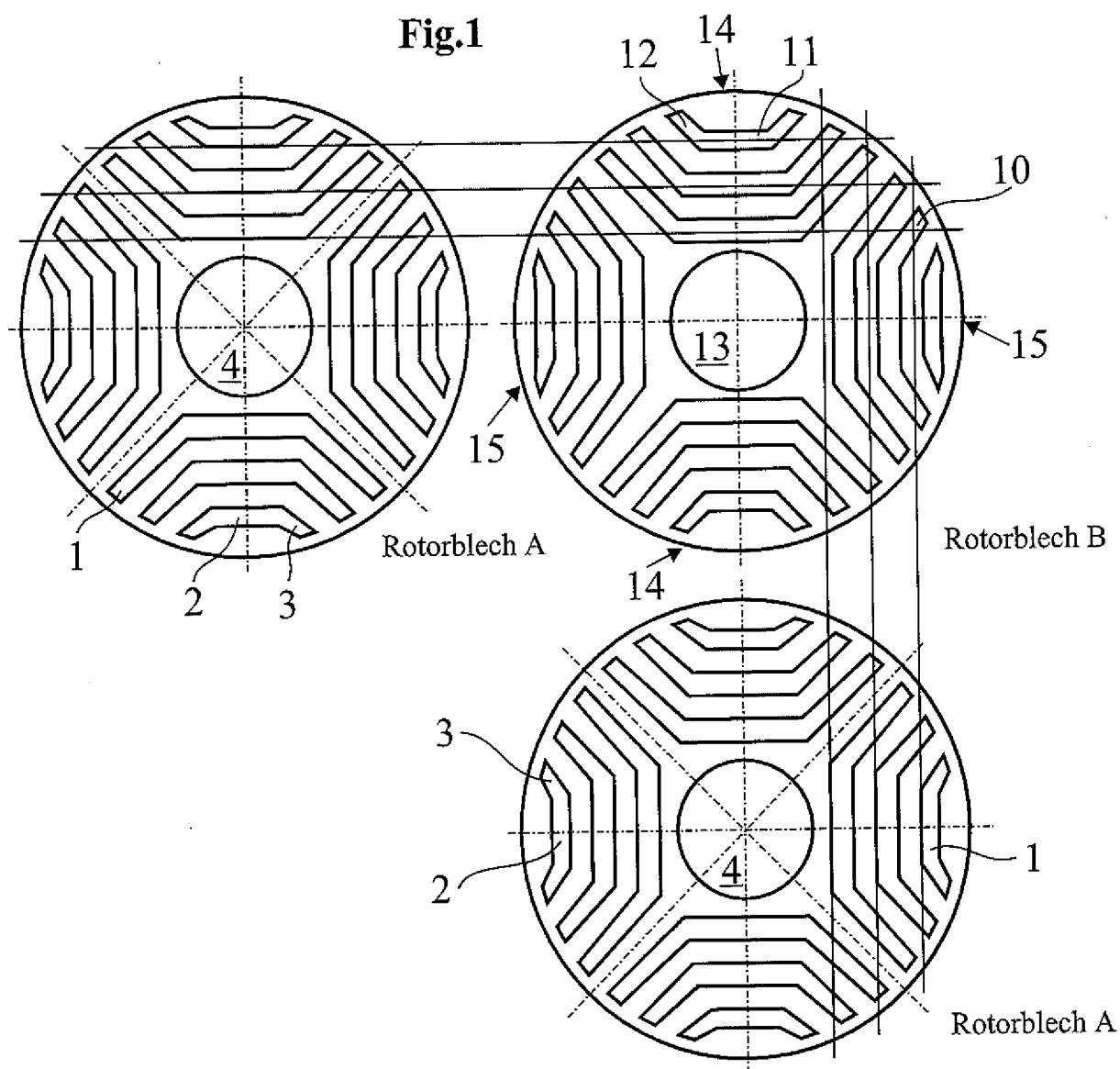
Die Ausführungsbeispiele der Figuren 1 bis 4 offenbaren einen Versatz der Flusssperren benachbarter Polsegmente. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die gegenüberliegenden Polsegmente mit einem entsprechenden Versatz der korrespondierenden Flusssperren auszustatten und beim nachfolgenden Stapeln benachbarte Blechschnitte um 180° zu verdrehen. Auch ist es nicht erforderlich, dass unmittelbar benachbarte Polsegmente den entsprechenden Versatz der Flusssperren aufweisen, der Versatz kann 10 auch zwischen einem Polsegment und beispielsweise dem übernächsten bzw. einem diesem nachfolgenden Polsegment vorgesehen sein. Die Blechschnitte müssen in diesem Fall vor dem Stapeln um zwei oder mehrere Polsegmente zueinander verdreht werden, so dass die den Versatz aufweisenden Polsegmente schlussendlich übereinander liegen.

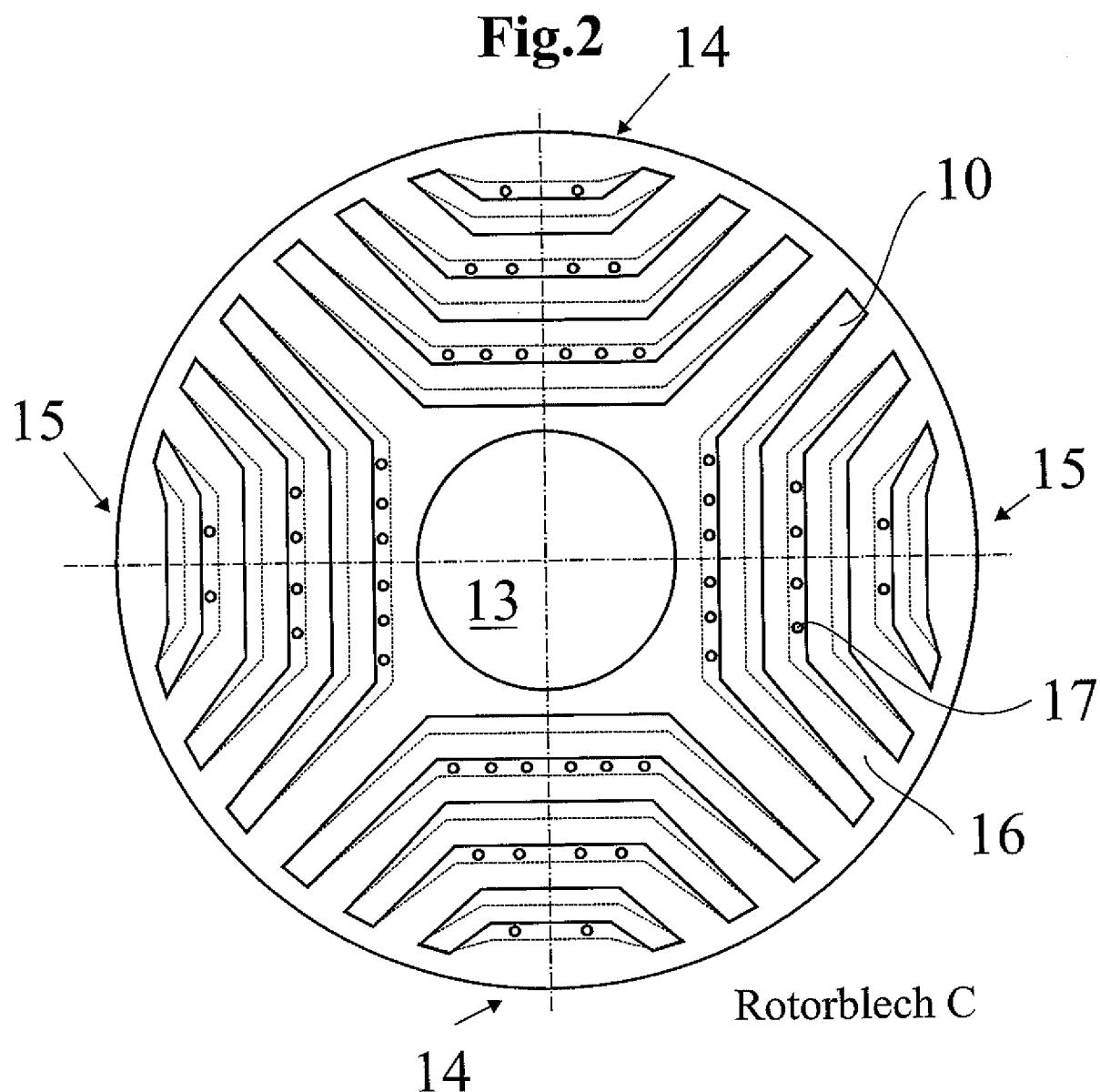
Patentansprüche

- 10 1. Rotorpaket für eine Synchronreluktanzmaschine bestehend aus einer Vielzahl an gestapelten Blechschnitten (B, C) mit Flusssperren (10, 10', 10'') zur Ausbildung ausgeprägter Rotorpole, wobei aufeinander liegende Flusssperren (10, 10', 10'') benachbarter Blechschnitte eine in axialer Rotorrichtung durchgehende Ausnehmung bilden,
- 15 dadurch gekennzeichnet,
dass sich bei zumindest einem Teil der aufeinander liegenden Flusssperren (10, 10', 10'') wenigstens zwei Flusssperren (10, 10', 10'') benachbarter Blechschnitte (B, C) zumindest bereichsweise gegenseitig überlappen.
- 20 2. Rotorpaket nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aufeinander liegenden Flusssperren (10, 10', 10'') in Form und Größe zueinander ähnlich sind, jedoch zumindest bereichsweise zueinander versetzt liegen, so dass sich diese gegenseitig überlappen, wobei insbesondere die Form und/oder Größe wenigstens einer Flusssperre (10, 10', 10'') zu wenigstens einer benachbarten Flusssperre (10, 10', 10'') verzerrt ist.
- 25
3. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Flusssperren (10, 10', 10'') ein quer zur q-Achse verlaufendes Mittelteil (11) und vorzugsweise dazu abgewinkelte Enden (12) umfassen, wobei zumindest die Mittelteile (11) aufeinander liegender Flusssperren (10, 10', 10'') in radialer Richtung zueinander versetzt liegen.
- 30

4. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zwischen zwei Blechschnitten (B, C) mit zwei deckungsgleich aufeinander liegenden Flusssperren (10, 10', 10'') wenigstens ein Blechschnitt (B, C) mit dazu versetzter bzw. überlappender Anordnung der Flusssperre (10, 10', 10'') liegt.
5. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest pro Polsegment (14, 15) wenigstens eine überlappende Anordnung von Flusssperren (10, 10', 10'') benachbarter Blechschnitte (B, C) vorgesehen ist, idealerweise sind Überlappungen bei allen aufeinander liegenden Flusssperren (10, 10', 10'') eines Polsegmentes (14, 15) vorgesehen.
10. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Paket zumindest teilweise aus identischen Blechschnitten (B, C) gestapelt ist, wobei die Flusssperren (10, 10', 10'') benachbarter Polsegmente (14, 15) mit unterschiedlichem Radialabstand zur Wellenbohrung (13) angeordnet sind, insbesondere die Flusssperren (10, 10', 10'') unmittelbar benachbarter Polsegmente (14, 15), und benachbarte Blechschnitte (B, C) um ein oder mehrere Polsegmente (14, 15) zueinander verdreht gestapelt sind.
15. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine durch die Flusssperren (10, 10', 10'') gebildete in Axialrichtung durchgehende Ausnehmung zumindest bereichsweise mit einem diamagnetischen oder paramagnetischen Material gefüllt ist/sind.
20. Rotorpaket nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Material per Spritzguss bzw. Druckguss oder per Thixomolding eingebracht ist, wobei das Material vorzugsweise Aluminium ist oder dieses umfasst.
25. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Blechschnitte (B, C) ein oder mehrere Bohrungen (17) in mindestens einem Flussleitabschnitt (16, 16', 16'', 16''') umfasst, wobei vorzugsweise zumindest eine Bohrung (17) in eine Flusssperre (10, 10', 10'') eines benachbarten Blechschnittes (B, C) mündet.

10. Rotorpaket nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechschnitte (B, C) keine inneren und/oder äußeren Rippen umfassen.
11. Synchronreluktanzmaschine mit einem Rotorpaket gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.
5
12. Synchronreluktanzmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine einen Stator in Einzelpulenwicklung oder mit mehreren verteilten Wicklungen umfasst.
10
13. Verfahren zur Herstellung eines Rotorpaketes, vorzugsweise gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Blechschnitte (B, C) aus einem elektromagnetischen Blech geschnitten bzw. gestanzt werden, deren Flusssperren (10, 10', 10'') benachbarter Polelemente (14, 15) in alternierender radialer Richtung zueinander versetzt sind, und nachfolgend Blechschnitte (B, C) um ein oder mehrere Polelemente (14, 15) gegenüber dem vorhergehenden Blechschnitt (B, C) des Rotorpaketes verdreht gestapelt werden.
15
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Flusssperren (10, 10', 10'') mit einem Füllmaterial gefüllt werden, vorzugsweise per Druckgussverfahren oder per Thixomolding, wobei als Füllmaterial beispielsweise Aluminium zum Einsatz kommt.
20
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Flussleitabschnitte (16, 16', 16'', 16''') ein oder mehrere Polelemente (14, 15) mit Bohrungen (17) versehen werden, die nachfolgend mit dem Füllmaterial gefüllt werden.
25

Fig.1



3/4

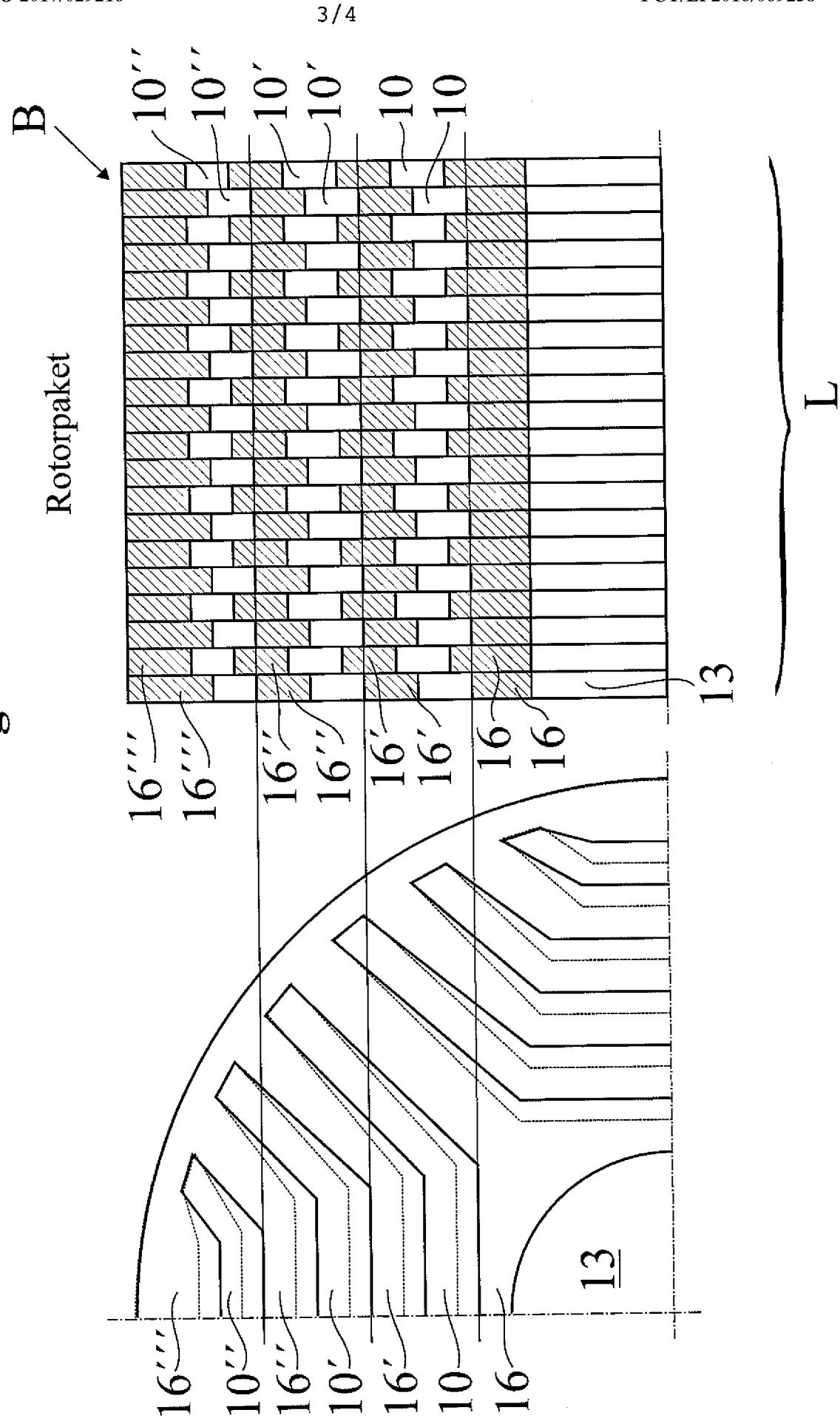
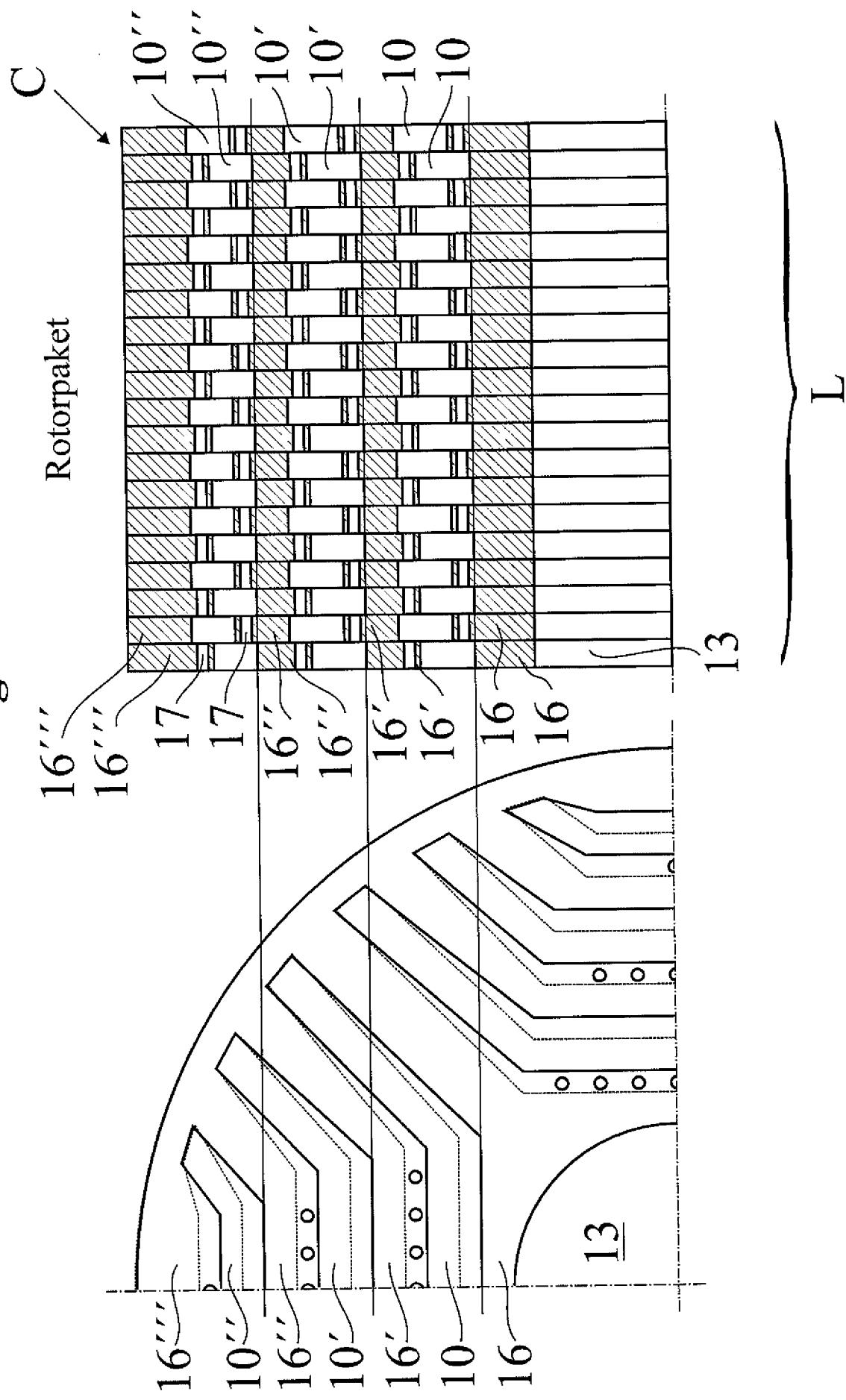
Fig.3

Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/069238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K1/24
ADD. H02K15/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002 095227 A (HITACHI LTD) 29 March 2002 (2002-03-29) Paragrafen 1, 12, 28, 44-46; figure 8 -----	1-5,9-15
X	EP 2 506 271 A2 (UNIV FRIEDRICH ALEXANDER ER [DE]) 3 October 2012 (2012-10-03) Paragraf 11; figure 2 -----	1,6
X	DE 690 541 C (SIEMENS AG) 27 April 1940 (1940-04-27) Seite 1, Zeilen 25-27, 32, 44-48 Seite 2, Zeilen 1-16; figures 1-5 -----	1,6-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

28 September 2016

07/10/2016

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jabri, Tarak

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/069238

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002095227	A 29-03-2002	NONE	
EP 2506271	A2 03-10-2012	DE 102011015761 A1 EP 2506271 A2	04-10-2012 03-10-2012
DE 690541	C 27-04-1940	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/069238

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K1/24
 ADD. H02K15/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2002 095227 A (HITACHI LTD) 29. März 2002 (2002-03-29) Paragrafen 1, 12, 28, 44-46; Abbildung 8 -----	1-5,9-15
X	EP 2 506 271 A2 (UNIV FRIEDRICH ALEXANDER ER [DE]) 3. Oktober 2012 (2012-10-03) Paragraf 11; Abbildung 2 -----	1,6
X	DE 690 541 C (SIEMENS AG) 27. April 1940 (1940-04-27) Seite 1, Zeilen 25-27, 32, 44-48 Seite 2, Zeilen 1-16; Abbildungen 1-5 -----	1,6-8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28. September 2016

07/10/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jabri, Tarak

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/069238

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2002095227	A 29-03-2002	KEINE	
EP 2506271	A2 03-10-2012	DE 102011015761 A1 EP 2506271 A2	04-10-2012 03-10-2012
DE 690541	C 27-04-1940	KEINE	