

(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
3. August 2017 (03.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/129407 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 3/487 (2006.01) H02K 17/16 (2006.01)
H02K 15/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/050499

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Januar 2017 (11.01.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 201 048.4
26. Januar 2016 (26.01.2016) DE

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN
AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Berliner Ring 2,
38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: **SHAGHAGHI, Arash**; Rosa-Luxemburg-Ring
10B, 34253 Lohfelden (DE). **THACKWELL, Cleef**;
Vinner Strasse 9, 47441 Moers (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, DJ, 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, KH,
KN, KP, KR, KW, 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) Title: ROTOR, ELECTRICAL MACHINE AND METHOD FOR PRODUCING A ROTOR

(54) Bezeichnung : ROTOR, ELEKTRISCHE MASCHINE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ROTORS

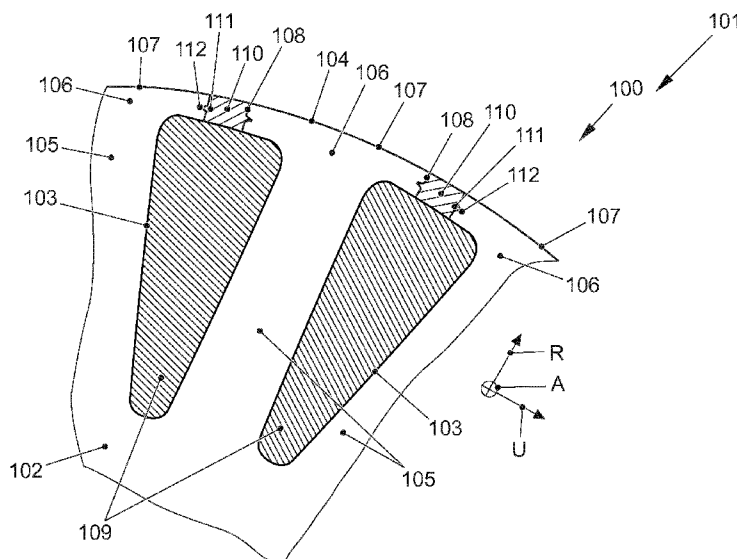


FIG. 3

(57) Abstract: According to the invention, in order to construct a rotor (100) of an electrical machine (101) in a simple and cost-effective manner and, in the process, achieve low skin effect losses and a high tilting moment using low tooth tip distribution, the rotor (100) is to be constructed with a substantially cylindrical laminated core (102) comprising axially (A) layered metal sheets, wherein substantially axially (A) extending grooves (103) are formed in the laminated core (102) along a circumferential surface (104) of the laminated core (102), of which grooves some are configured to be open to the circumferential surface (104) via a respective scattering slit (108) extending radially (R) outwards from the groove (103) to said circumferential surface (104), and wherein the electrically and magnetically non-conductive closure elements (110) are accommodated in the scattering slits (108), extending in the axial direction (A) thereof and at least partially interlocking the grooves (103) to the circumferential surface (104). The invention also relates to an electrical machine (101) comprising a rotor (100) of this type and a method for producing a rotor (100) of this type.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Um einen Rotor (100) einer elektrischen Maschine (101) einfach und kostengünstig aufzubauen und dabei geringe Stromverdrängungsverluste und ein hohes Kippmoment durch geringe Zahnkopfstreuung zu erreichen, wird vorgeschlagen, den Rotor (100) mit einem im wesentlichen zylinderförmigen Blechpaket (102) mit axial (A) geschichteten Blechen auszubilden, wobei im Blechpaket (102) entlang einer Umfangsfläche (104) des Blechpakets (102) im wesentlichen axial (A) sich erstreckende Nuten (103) ausgenommen sind, von denen wenigstens einige durch je einen sich radial (R) von der Nut (103) nach außen bis zur Umfangsfläche (104) hin erstreckenden Streuschlitz (108) zu dieser Umfangsfläche (104) hin offen ausgebildet sind, und wobei in den Streuschlitz (108) in deren axialer Richtung (A) sich erstreckend und wenigstens teilweise formschlüssig die Nuten (103) zur Umfangsfläche (104) hin abschließend elektrisch und magnetisch nichtleitende Verschlusselemente (110) aufgenommen sind. Vorgeschlagen werden ferner eine elektrische Maschine (101) mit einem derartigen Rotor (100) und ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Rotors (100).

Beschreibung

ROTOR, ELEKTRISCHE MASCHINE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ROTORS

Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine elektrische Maschine. Die Erfindung betrifft weiterhin eine elektrische Maschine mit einem derartigen Rotor. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Rotors bzw. einer elektrischen Maschine mit einem derartigen Rotor.

Stand der Technik

Aus der Druckschrift DE 10 2005 030 797 A1 ist ein Käfigläufer einer Induktionsmaschine bekannt, der zum Erhöhen der Umfangsgeschwindigkeit der Induktionsmaschine mit in Nuten des Käfigläufers befindlichen Formstäben, die hohl ausgeführt sind und stirnseitig axial überstehen, ausgebildet ist. Pro Nut können mehrere Formstäbe vorhanden sein, die ineinandergesteckt sind. Die Formstäbe, zumindest an ihren axial überstehenden Enden, oder der Hohlraum zwischen zwei Formstäben, kann in einem Druckgussverfahren mit Kupfer oder Aluminium gefüllt werden mit gleichzeitigem Angießen von Kurzschlussringen an die axial überstehenden Enden der Formstäbe. Durch die hohlen Formstäbe reduzieren sich Masse und Massenträgheit des Käfigläufers und damit die darin auftretenden Fliehkräfte. Die Nuten können mit radial nach außen gewandten Nutschlitzern ausgebildet, also halboffen, sein. Die Formstäbe können mit axial verlaufenden Schlitzern versehen sein, der gestattet, dass beim Gießvorgang die Nutschlitz mit vergossen werden können. Die Formstäbe können aber auch geschlossen ausgebildet sein, so dass der Nutschlitz beim Ausgießen der Formstäbe frei bleibt.

Aus der Druckschrift DE 10 2010 043 384 A1 ist eine Asynchronmaschine mit einem zylinderförmigen Kurzschlussläufer mit einem Blechpaket das axial geschichtete Bleche aufweist, bekannt, wobei in dem Blechpaket im wesentliche axial verlaufende Nuten vorhanden sind. Die Nuten verjüngen sich vorzugsweise jeweils zur Achse hin, und zumindest einige der Nuten sind radial nach außen offen und weisen einen Streuschlitz auf. Im radial äußeren Bereich der Nuten sind Stäbe vergleichsweise hoher elektrischer Leitfähigkeit, insbesondere Kupferstäbe, eingesetzt, deren Querschnitt zumindest abschnittsweise dem Querschnitt der Nut angepasst ist. Dadurch soll eine radiale Abdichtung eines zwischen Nutgrund und Unterseite eines Kupferstabes befindlichen Volumens stattfinden, in das zur Herstellung eines mit

Kupferstäben und Aluminiumdruckguss versehenen Kurzschlussläufers ein vergleichsweise elektrisch gut leitfähiges Material, d.h. Aluminium, unter wahlweise zusätzlicher Ausbildung eines Kurzschlussringes eingegossen wird. Damit soll bei einem Druckgussprozess, über den dieses Volumen gefüllt werden soll, eine Abdichtung nach außen geschaffen werden, so dass keine zusätzlichen Einrichtungen notwendig sind, den Streuschlitz abzudichten. Durch diesen Streuschlitz, der vom Luftspalt der Maschine bis zur Nut reicht, wird die Zahnkopfstreuung verringert, dadurch die Streuinduktivität des Kurzschlussläufers maßgeblich beeinflusst und kann damit das Betriebsverhalten der Maschine positiv beeinflusst, insbesondere das Kippmoment gesteigert werden.

Die Herstellung eines Kurzschlusskäfigs für einen Kurzschlussläufer der vorbeschriebenen Art erfordert somit, insbesondere, wenn der Läufer mit einem Blechpaket mit radial nach außen hin offenen Nuten ausgebildet werden soll und diese offenen Nuten, d.h. durchgängig zwischen den Nuten und einer Umfangsfläche des Läufers sich erstreckenden Streuschlitze, im Blechpaket frei von Leitermaterial bleiben sollen, gemäß den vorgenannten Druckschriften stets ein zweistufiges Verfahren, bei dem in einem ersten Schritt ein Teil des Leitermaterials als Formstäbe in die Nuten eingebracht werden muss und erst im zweiten Schritt gegossen werden kann. Dabei muss beim Einsetzen der Formstäbe, insbesondere Kupferstäbe, besondere Sorgfalt auf die Abdichtung verwandt werden, da das Druckgussmaterial, hier Aluminium, mit hohem Druck vergossen wird und dabei auch in kleine Zwischenräume eindringen kann. Zwar wird durch eine Füllung der Streuschlitze mit Leitermaterial, z.B. Kupfer oder Aluminium, deren magnetische Leitfähigkeit nicht beeinflusst, doch werden bei Vorhandensein elektrischer Leiter im Bereich der Streuschlitze beim Betrieb der Maschine elektrische Ströme dort aufgrund der Stromverdrängung besonders konzentriert und führen zu erhöhten elektrischen Verlustleistungen im Kurzschlusskäfig des Kurzschlussläufers.

Darstellung der Erfindung: Aufgabe, Lösung, Vorteile

Die Erfindung hat die Aufgabe, einen Rotor einer elektrischen Maschine derart weiterzubilden, dass er einfach und kostengünstig herstellbar ist und dabei geringe Stromverdrängungsverluste und ein hohes Kippmoment durch geringe Zahnkopfstreuung aufweist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Rotor für eine elektrische Maschine, ausgebildet mit einem im wesentlichen zylinderförmigen Blechpaket mit axial geschichteten Blechen, wobei im Blechpaket entlang einer Umfangsfläche des Blechpakets im Wesentlichen axial sich

erstreckende Nuten ausgenommen sind, von denen wenigstens einige durch je einen sich radial von der Nut nach außen bis zur Umfangsfläche hin erstreckenden Streuschlitz zu dieser Umfangsfläche hin offen ausgebildet sind, und wobei in den Streuschlitz in deren axialer Richtung sich erstreckend und wenigstens teilweise formschlüssig die Nuten zur Umfangsfläche hin abschließend elektrisch und magnetisch nichtleitende Verschlusselemente aufgenommen sind.

Dabei ist unter einer zylinderförmigen Gestaltung bevorzugt eine kreiszylindrische Gestaltung, d.h. eine Gestaltung in Art und Form eines Kreiszylinders, verstanden. Eine im wesentlichen zylinderförmige Gestaltung bezeichnet dabei eine Gestaltung mit einer Kontur, die von einer exakten Zylinderform keine oder nur geringfügige Abweichungen aufweist. Als geringfügig sind solche Abweichungen bezeichnet, die gegenüber einer radialen und/oder axialen Abmessung des Rotors im Sinne des mathematischen Begriffs klein sind, z.B. Ausnehmungen, deren Abmessungen um wenigstens einen Faktor 5, bevorzugt um wenigstens einen Faktor 10, geringer sind als die radiale und/oder axiale Abmessung des Rotors. Daneben soll hier unter den Begriff eines im wesentlichen zylinderförmigen Blechpakets auch ein Blechpaket mit einer Kegelstumpfform fallen, auch, wenn bei dieser zwischen ihrem größten und kleinsten Radius eine Differenz auftritt, die größer ist als ein Zehntel eines der Radien. Die Radien sind dabei stets von einer Rotationsachse des Rotors aus bemessen.

Die Erstreckungsrichtung der Rotationsachse gibt dabei eine axiale Richtung des Rotors vor. Bei exakt kreiszylinderförmiger Gestalt des Rotors erstreckt sich auch dieser Kreiszylinder mit seiner Mantelfläche einerseits in axialer Richtung, andererseits in dazu rechtwinkliger, entlang der Mantelfläche tangentialer Umfangsrichtung des Rotors. Vereinfacht ist hier auch dann der Begriff einer axialen Richtung benutzt, wenn diese Richtung entlang einer Mantelfläche eines Kegelstumpfs sich erstreckt. In dieser Bedeutung sind weiterhin als axial sich erstreckende, d.h. axiale, Nuten solche Nuten bezeichnet, die in der vorstehend festgelegten Bedeutung des Begriffs im Wesentlichen in axialer Richtung oder mit einem Drall in Umfangsrichtung der Maschine ausgerichtet sind. Die Nuten im Blechpaket des Rotors erstrecken sich bevorzugt genau in axialer Richtung, d.h. parallel zur Rotationsachse des Rotors. In einer Abwandlung erstrecken sich die Nuten mit einem Drall um diese Rotationsachse, bevorzugt mit konstantem radialem Abstand von der Rotationsachse. Im in Bezug auf eine axiale Abmessung des Rotors ist der Drall, d.h. die Verdrehung der Nuten entlang der Umfangsrichtung des Rotors über die gesamte Länge des Rotors, jedoch gering, bevorzugt um wenigstens einen Faktor 5, besonders

bevorzugt um eine Größenordnung, d.h. um wenigstens einen Faktor 10, geringer. In einer anderen Abwandlung erstrecken sich die Nuten entlang der Mantelfläche eines Kegelstumpfs. Der Einfachheit halber ist nachfolgend auch bei mit einem solchen Drall ausgebildeten oder entlang der Mantelfläche eines Kegelstumpfs sich erstreckenden Nuten deren Längsausrichtung stets als in der axialen Richtung verlaufend bezeichnet. Demgemäß sind als axiale Enden des Rotors oder des Blechpakets deren Enden in der axialen Richtung, d.h. in der Richtung der Rotationsachse, bezeichnet.

Der Vollständigkeit halber ist noch einmal hervorgehoben, dass die radiale Richtung des Rotors rechtwinklig von der Rotationsachse weg sich erstreckt. Die Umfangsrichtung ist diejenige Richtung, in der sich ein am Rotor fest angenommener Punkt bei Drehung des Rotors um die Rotationsachse bewegt. Als Umfangsfläche ist die exakt oder im Wesentlichen durch eine Mantelfläche eines Zylinders, insbesondere Kreiszylinders, oder eines Kegelstumpfs beschriebene Oberfläche des Rotors bzw. des Blechpaketes bezeichnet.

Bei dem erfindungsgemäß ausgebildeten Rotor trennt je einer der Streuschlitzes zwei zwischen je zwei der Nuten sich in axialer und radialer Richtung erstreckende, im Blechpaket geformte Rotorzähne mit radial endseitigen, d.h. entlang der Umfangsfläche des Rotors belegenen und die Rotorzähne endseitig abschließenden, d.h. berandenden, Polschuhen voneinander.

Mit dem Begriff des formschlüssigen Abschließens der Verschlusselemente ist hier deren an Berandungen, d.h. Wandungen, der Streuschlitzes abdichtendes Angrenzen umschrieben. Dabei ist bevorzugt, jedoch nicht erforderlich, dass die Verschlusselemente an die Wandungen der Streuschlitzes entlang einer gesamten Erstreckung dieser Wandungen angrenzen, d.h. die gesamten Wandungen bedecken. Die Verschlusselemente haben die Aufgabe, die Nuten in radialer Richtung zu verschließen, und erfüllen diese Aufgabe je nach Ausbildung auch, wenn ein Teil der Wandungen nicht bedeckt ist, insbesondere, wenn die Wandungen der Streuschlitzes eine größere radiale Abmessung bzw. Erstreckung aufweisen als die Verschlusselemente bei bestimmungsgemäßem Einbau.

Im Gegensatz zu den Blechen des Rotors, die bevorzugt mit magnetisch sehr gut leitendem Werkstoff gefertigt sind, sind die Verschlusselemente mit magnetisch nichtleitendem Werkstoff ausgebildet. Damit wird im Betrieb des Rotors bzw. einer damit ausgestatteten Maschine eine Konzentration des magnetischen Flusses in den Streuschlitzes vermieden, der magnetische

Fluss vielmehr aus den Streuschlitzten ab- und von den Rotorzähnen unmittelbar in gegenüberliegende Statorzähne der Maschine gelenkt, wodurch die von der Maschine aufbringbare Kraft und damit ihr Kippmoment erhöht werden. Die Maschine mit dem erfindungsgemäßen Rotor ist somit zur Abgabe höherer Drehmomente und Leistungen eingerichtet.

Die Verschlusselemente sind aber auch elektrisch nichtleitend ausgebildet, so dass sie im Betrieb keinen elektrischen Strom aus in den Nuten angeordneten Leitern des Rotors übernehmen können. Die Verschlusselemente sind in einem räumlichen Bereich des Rotors nahe dessen Umfangsfläche angeordnet, in dem sich in dort sich erstreckenden Leitern aufgrund des Stromverdrängungseffekts die elektrischen Ströme besonders bündeln. Dort tritt dann eine besonders hohe Verlustleistung auf. Dies wird durch die elektrisch isolierenden Verschlusselemente verhindert.

Die Erfindung ermöglicht es somit, einen Rotor einer elektrischen Maschine einfach und kostengünstig aufzubauen und dabei geringe Stromverdrängungsverluste und ein hohes Kippmoment durch geringe Zahnkopfstreuung zu erreichen. Wie nachfolgend, insbesondere auch anhand bevorzugter Ausgestaltungen der Erfindung, noch näher dargestellt ist, ermöglicht es die Erfindung in besonders vorteilhafter Weise, einen Rotor mit diesen Eigenschaften zu fertigen, der mit gegossenen, insbesondere unmittelbar in den Nuten druckgegossenen, Leitern ausgebildet ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Rotors sind die Verschlusselemente kraftschlüssig mit Berandungen, auch als Wandungen bezeichnet, der Streuschlitzte verbunden. Die Verschlusselemente sind insbesondere kraftschlüssig in den Streuschlitzten aufgenommen; besonders bevorzugt füllen die Verschlusselemente die Streuschlitzte dabei wenigstens nahezu vollständig aus. Zum Ausbilden des Kraftschlusses sind die Verschlusselemente vorteilhaft mit wulst-, falz- oder winkelartigen oder -förmigen Halteelementen ausgestaltet, die in bestimmungsgemäß montiertem Zustand in zu diesen Halteelementen wenigstens nahezu komplementäre Aufnahmeelemente eingefügt sind, insbesondere eingreifen, eingeschoben sind oder dergleichen. Insbesondere sind diese Halteelemente und die komplementär gestalteten Aufnahmeelemente für ein Einbringen der

Verschlusselemente in die Streuschlitze und für ein dabei auszuführendes Einschieben, Eingreifenlassen oder dergleichen zumindest im Wesentlichen in axialer Richtung ausgebildet. Beispielsweise sind die Verschlusselemente mit wenigstens einem Haltewulst und/oder Haltefalz oder dergleichen und sind die Wandungen der Streuschlitze mit dazu komplementär angepassten Ausnehmungen, bevorzugt in wenigstens nahezu axialer Richtung sich erstreckend, ausgestaltet. Dieser wenigstens eine Haltewulst und/oder Haltefalz oder dergleichen bildet außer einer kraftschlüssigen Verbindung auch eine Abdichtung der Nut, kombiniert also vorteilhaft Form- und Kraftschluss miteinander. Der Kraftschluss ist insbesondere im Hinblick auf eine bevorzugte Herstellung der Leiter in den Nuten durch ein Metallgussverfahren, insbesondere Metallocdruckguss, wie nachfolgend noch erläutert, dimensioniert, um vor allem während der Herstellung des Rotors einwirkenden Drücken, aber auch im Betrieb des Rotors einwirkenden Fliehkräften standzuhalten.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors sind die Verschlusselemente mit temperaturfestem und/oder wärmeleitendem, bevorzugt wenigstens nahezu Metallen gleichwertig wärmeleitendem, Werkstoff ausgebildet. Die Temperaturfestigkeit des Werkstoffs der Verschlusselemente muss derart gewählt werden, dass die Verschlusselemente mindestens den während Herstellung und Betrieb des Rotors einwirkenden Temperaturen standzuhalten vermögen. Insbesondere ist die Temperaturfestigkeit im Hinblick auf eine bevorzugte Herstellung der Leiter in den Nuten durch ein Metallgussverfahren, wie nachfolgend noch erläutert, gewählt, d.h. die Einsatztemperatur des Werkstoffs der Verschlusselemente entspricht wenigstens der Druckgusstemperatur. Eine bevorzugt Metallen vergleichbare Wärmeleitfähigkeit, besonders bevorzugt eine Wärmeleitfähigkeit, die derjenigen des Blechpakets wenigstens nahezu gleichkommt, ermöglicht bei einer Herstellung der Leiter in den Nuten durch ein Metallgussverfahren eine rundum wenigstens nahezu gleichmäßige Abfuhr der Prozesswärme aus dem gegossenen Leiter und somit dessen gleichmäßige Abkühlung, wodurch Wärmespannungen verringert und Rissbildungen vermieden werden. Auch im Betrieb des Rotors wird dadurch eine Abfuhr im Rotor auftretender Verlustleistung insbesondere über einen Luftspalt zum Stator hin verbessert.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Rotors sind die Verschlusselemente mit einem keramischen Werkstoff ausgebildet. Ein solcher Werkstoff vereinigt in besonders günstiger Weise hervorragende elektrische und magnetische Isoliereigenschaften mit mechanischer und thermischer Festigkeit und Formstabilität sowie

guter Wärmeleitfähigkeit, ist einfach und kostengünstig herstellbar und sehr gut in Großserie zu verarbeiten. Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Rotors sind die Verschlusselemente mit einem Aluminiumoxid enthaltenden Werkstoff als keramischem Werkstoff ausgebildet, wobei sich besondere Kostenvorteile durch das einfach und kostengünstig beschaff- und verarbeitbare Material ergeben.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors sind in den Nuten elektrische Leiter aus einem gegossenen Leiterwerkstoff aufgenommen; insbesondere sind die elektrischen Leiter in den Nuten wenigstens nahezu formschlüssig aufgenommen; bevorzugt sind die elektrischen Leiter durch einen Gießvorgang, besonders bevorzugt durch einen Druckgussvorgang, in den Nuten geformt. Durch Gießen lassen sich vielfältige Leitergestaltungen bilden, die unterschiedlichsten Nutquerschnitten anpassbar sind, so dass sich ein hoher Nutfüllfaktor erzielen lässt. Bevorzugt werden die Leiter durch Metallgussverfahren, besonders bevorzugt Metalldruckgussverfahren, unmittelbar in die Nuten des Blechpakets gegossen, wobei Nuten und Verschlusselemente zusammen eine Gussform, besonders bevorzugt eine Druckgussform, bilden. Dafür ist eine hohe mechanische und thermische Festigkeit des Blechpakets und der Verschlusselemente sowie deren Verbindung miteinander und Abdichtung gegeneinander bedeutsam. Insbesondere die Verschlusselemente und die wulst-, falz- oder winkelförmigen oder -förmigen Halteelemente, mit denen sie ausgestaltet sind, sowie auch die zu diesen Halteelementen wenigstens nahezu komplementären Aufnahmeelemente im Blechpaket, in die die Halteelemente eingefügt sind, sind für diese hohe mechanische und thermische Festigkeit auszulegen. Auch ist besonders vorteilhaft, wenn die Verschlusselemente eine mit dem Blechpaket vergleichbare Wärmeleitfähigkeit aufweisen, da dies beim bzw. nach dem Gießvorgang eine rundum möglichst gleichmäßige Abfuhr der mit dem für das Gießen erwärmten Leiterwerkstoff eingebrachten Prozesswärme, d.h. eine rundum möglichst gleichmäßige Abkühlung der gegossenen Leiter, ermöglicht, wie bereits erläutert wurde. Damit wird thermischen Spannungen und durch sie verursachten Rissbildungen vorgebeugt und die Qualität des Werkstücks, d.h. hier der Leiter, gesteigert.

In einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Rotors sind in den Nuten elektrische Leiter aufgenommen, die zum Bilden eines für einen Einsatz in einer Asynchronmaschine bestimmten und ausgebildeten Leiterkäfigs bestimmt und ausgebildet sind. Die einfache Gestaltung eines solchen Leiterkäfigs einer Asynchronmaschine ist besonders

vorteilhaft in der vorbeschriebenen, erfindungsgemäßen Weise ausbildbar. Dabei können, insbesondere bei durch Guss oder Druckguss gefertigten Leitern in den Nuten, auch die Kurzschlussringe einfach mitgefertigt sein, bevorzugt mit demselben Guss- bzw. Druckgussvorgang, mit dem die Leiter angefertigt sind, d.h. Leiter und Kurzschlussringe sind in einem gemeinsamen Fertigungsschritt zusammen in einem Stück gefertigt.

Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine elektrische Maschine, insbesondere Asynchronmaschine, gekennzeichnet durch einen Rotor der vorbeschriebenen, erfindungsgemäßen Art, insbesondere durch einen als Kurzschlussläufer ausgebildeten Rotor. Damit lassen sich Aufbau und Fertigung der Maschine vereinfachen und kostengünstiger gestalten, und zugleich werden die elektrischen und magnetischen Eigenschaften verbessert, d.h. die Leistung erhöht, die Verlustleistung verringert und – insbesondere bei einer Asynchronmaschine – deren Kippmoment vergrößert.

Die oben genannte Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines nach der vorbezeichneten Art ausgebildeten Rotors, insbesondere für eine elektrische Maschine der vorbezeichneten Art, umfassend folgende Verfahrensschritte:

- Herstellen eines im wesentlichen zylinderförmigen Blechpakets mit axial geschichteten Blechen, wobei im Blechpaket entlang einer Umfangsfläche des Blechpakets im Wesentlichen axial sich erstreckende Nuten ausgenommen sind, von denen wenigstens einige durch je einen sich radial von der Nut nach außen bis zur Umfangsfläche hin erstreckenden Streuschlitz zu dieser Umfangsfläche hin offen ausgebildet sind,
- Einsetzen, insbesondere in wenigstens nahezu axialer Richtung, wenigstens eines Verschlusselements in wenigstens einen der Streuschlitz wenigstens einer der Nuten,
- Vergießen, insbesondere mittels eines Metalldruckgussverfahrens, der wenigstens einen durch Einsetzen des wenigstens einen Verschlusselements in den wenigstens einen Streuschlitz verschlossenen Nut mit einem elektrisch leitenden Werkstoff, insbesondere einem metallisch leitenden Werkstoff, bevorzugt mit einem Aluminium und/oder Kupfer enthaltenden Werkstoff.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine Fertigung eines Rotors einer elektrischen Maschine mit den zuvor beschriebenen, vorteilhaften Betriebseigenschaften auf einfache, kostengünstige Weise. Vorteilhaft werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren außerdem einstückige, die Konturen des Nutquerschnitts vollständig formschlüssig ausfüllende Leiter hergestellt, die einen hohen Nutfüllfaktor aufweisen. Die Einstückigkeit ermöglicht auch eine besonders einfache Fertigung. Insbesondere kann ein Vorab-Einsetzen von Formstäben oder dergleichen in die Nuten entfallen. Durch die Verschlusselemente wird nicht nur der Herstellungsvorgang vereinfacht, sondern werden auch günstige elektrische und magnetische Eigenschaften des Rotors und damit der elektrischen Maschine erhalten. Die Vereinfachung der Herstellung begünstigt auch eine Automatisierung des Fertigungsvorgangs, insbesondere auch dadurch, dass alle vorbeschriebenen Fertigungsschritte in einer axialen Montagerichtung ausführbar sind, in der nacheinander das Schichten der Bleche, das Einsetzen der Verschlusselemente sowie das Einbringen des Gusswerkstoffs erfolgen. Bevorzugt können alle Fertigungsschritte z.B. in einer einzigen Werkstückaufnahme durchgeführt werden, in der zuerst die Bleche geschichtet und justiert, dann die Verschlusselemente montiert und zuletzt das Gießen der Leiter vorgenommen wird; besonders bevorzugt kann diese Werkstückaufnahme durch ein Guss- bzw. Druckgusswerkzeug bzw. einen Teil desselben gebildet sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

In der Zeichnung, in der übereinstimmende Elemente in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen sind und zu der auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird, zeigen:

- Figur 1 eine grob schematische Darstellung eines Ausbruchs aus einem Querschnitt durch einen Rotor einer elektrischen Maschine entlang einer rechtwinklig zur Rotationsachse sich erstreckenden Schnittebene, wiedergegeben für ein Beispiel eines Rotors einer Asynchronmaschine mit Leitern in offenen Nuten,
- Figur 2 eine grob schematische Darstellung eines Ausbruchs aus einem Querschnitt durch eine elektrische Maschine mit einem Rotor und einem Stator entlang einer rechtwinklig zur Rotationsachse sich erstreckenden Schnittebene, wiedergegeben für ein Beispiel eines Rotors einer Asynchronmaschine mit Leitern in geschlossenen Nuten, und

Figur 3 eine grob schematische Darstellung eines Ausbruchs aus einem Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Rotors einer elektrischen Maschine entlang einer rechtwinklig zur Rotationsachse sich erstreckenden Schnittebene, wiedergegeben für ein Beispiel eines Rotors einer Asynchronmaschine mit Leitern in offenen, durch Verschlusselemente geschlossenen Nuten.

Die in der Zeichnung wiedergegebenen Darstellungen und das Ausführungsbeispiel der Erfindung werden im nachfolgenden näher beschrieben.

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

In Figur 1 ist mit dem Bezugszeichen 52 ein Blechpaket eines Rotors 51 einer elektrischen Maschine 50, insbesondere einer Asynchronmaschine, bezeichnet, wiedergegeben in grob schematischer Darstellung eines Ausbruchs aus einem Querschnitt durch den Rotor 51 entlang einer rechtwinklig zu einer nicht dargestellten, außerhalb des wiedergegebenen Ausbruchs befindlichen Rotationsachse des Rotors 51 sich erstreckenden Schnittebene. Das Blechpaket 52 des Rotors 51 ist aus in Richtung A der Rotationsachse, d.h. aus in einer rechtwinklig in die Zeichenebene hineinweisenden axialen Richtung, geschichteten Blechen zusammengesetzt. Die Bleche des Blechpakets 52 erstrecken sich parallel zu der vorgenannten Schnittebene, d.h. allseitig in einer rechtwinklig von der Rotationsachse des Rotors 51 wegführenden radialen Richtung R des Rotors 51. Im Blechpaket 52 sind in der axialen Richtung A und damit im Wesentlichen rechtwinklig zur Zeichenebene, d.h. Schnittebene, sich erstreckende, in der radialen Richtung R des Rotors 51 offene Nuten 53 ausgenommen, die im Rotor 51 unterhalb einer Umfangsfläche 54, d.h. innerhalb einer durch diese, um die Rotationsachse rotationssymmetrisch und wenigstens nahezu kreiszylindrisch mit entlang einer Umfangskoordinate U des Rotors 51 wenigstens nahezu konstantem Radius gebildeten Berandung des Blechpakets 52, entlang der Umfangskoordinate U gleichmäßig verteilt angeordnet sind. Zwischen den Nuten 53 sind durch das Blechpaket 52 Rotorzähne 55 mit Polschuhen 56 ausgebildet, deren Polflächen 57 sich entlang der Umfangsfläche 54 des Rotors 51 erstrecken und diese aufspannen. Zwischen je zwei einander unmittelbar benachbarten Polschuhen 56 befindet sich je ein Streuschlitz 58, in den die zwischen den zugehörigen Rotorzähnen 55 sich erstreckende Nut 53 mündet. Die Nut 53 und der Streuschlitz 58 sind mit einem Leiter 59 gefüllt, hier insbesondere einem stabförmigen Leiter 59 eines Läuferkäfigs einer Asynchronmaschine. Sich in den Streuschlitzen 58 erstreckende Abschnitte 60 der Leiter

59 befinden sich dabei in Bereichen mit im Betrieb der elektrischen Maschine 50 durch den Effekt der Stromverdrängung entstehender hoher elektrischer Stromdichte. Dadurch tritt in diesen Abschnitten 60 eine hohe Verlustleistung auf, die den Wirkungsgrad der Maschine 50 beeinträchtigt.

Figur 2 zeigt eine grob schematische Darstellung eines Ausbruchs aus einem Querschnitt durch eine elektrische Maschine 70, insbesondere eine Asynchronmaschine, mit einem Rotor 71 und einem Stator 81 entlang einer rechtwinklig zu einer nicht abgebildeten Rotationsachse sich erstreckenden Schnittebene, d.h. die Rotationsachse und damit die axiale Richtung A steht wieder rechtwinklig auf der Zeichenebene. Der Rotor 71 weist wieder ein Blechpaket 72 auf, das aus in der axialen Richtung A geschichteten Blechen zusammengesetzt ist, wobei sich die Bleche des Blechpakets 72 parallel zu der Schnittebene, d.h. allseitig in einer rechtwinklig von der Rotationsachse des Rotors 71 wegführenden radialen Richtung R des Rotors 71 erstrecken. Im Blechpaket 72 des Rotors 71 sind in der axialen Richtung A und damit im Wesentlichen rechtwinklig zur Zeichen- bzw. Schnittebene sich erstreckende, nun jedoch in der radialen Richtung R des Rotors 71 allseits geschlossene Nuten 73 ausgenommen. Die Nuten 73 sind im Rotor 71 unterhalb einer Umfangsfläche 74, d.h. innerhalb einer durch diese, um die Rotationsachse rotationssymmetrisch und wenigstens nahezu kreiszylindrisch mit entlang einer Umfangskoordinate U des Rotors 71 wenigstens nahezu konstantem Radius gebildeten Berandung des Blechpakets 72, entlang der Umfangskoordinate U gleichmäßig verteilt angeordnet. Zwischen den Nuten 73 sind durch das Blechpaket 72 Rotorzähne 75 mit Polschuhen 76 ausgebildet, deren Polflächen 77 sich entlang der Umfangsfläche 74 des Rotors 71 erstrecken und diese aufspannen.

Jede der Nuten 73 ist mit je einem Leiter 79 gefüllt, hier insbesondere einem stabförmigen Leiter 79 eines Läuferkäfigs einer Asynchronmaschine. Da die Nuten 73 auch zur Umfangsfläche 74 des Rotors 71 hin geschlossen sind, gehen die Polschuhe 76 und deren Polflächen 77 unmittelbar nahtlos ineinander über, so dass zwischen den Nuten 73 und der Umfangsfläche 74 des Rotors 71 Abschnitte 80 des Blechpakets 72 gebildet sind, die nicht von den Leitern 79 umfasst sind, d.h. elektrisch nicht leiten. In diesen Abschnitten 80 kann somit im Betrieb der elektrischen Maschine 70 durch den Effekt der Stromverdrängung kein elektrischer Strom hervorgerufen werden, erst recht keine erhöhte elektrische Stromdichte. Damit tritt in diesen Abschnitten 80 des Blechpakets 72 und damit des Rotors 71 keine Verlustleistung auf, und der Wirkungsgrad der Maschine 70 wird insoweit nicht beeinträchtigt.

Durch die unmittelbar nahtlos ineinander übergehenden Polschuhe 76 und deren Polflächen 77 werden jedoch in den Abschnitten 80 des Blechpakets 72 und damit des Rotors 71 zwischen den Nuten 73 und der Umfangsfläche 74 des Rotors 71 magnetisch leitende Verbindungen gebildet. In diesen Abschnitten 80 kann somit im Betrieb der elektrischen Maschine 70 ein magnetischer Streufluss auftreten, auch als Zahnkopfstreuung bezeichnet, durch den das Kippmoment der Maschine 70, insbesondere Asynchronmaschine, verringert wird. Zu dessen Darstellung ist in Figur 2 auch ein Ausbruch aus einem Querschnitt durch den Stator 81 der elektrischen Maschine 70, insbesondere Asynchronmaschine, entlang der bezeichneten, rechtwinklig zur nicht abgebildeten Rotationsachse sich erstreckenden Schnittebene abgebildet. Der Stator 81 weist ein Blechpaket 82 auf, das vergleichbar dem Blechpaket 72 des Rotors 71 aus in der axialen Richtung A geschichteten Blechen zusammengesetzt ist, wobei sich die Bleche des Blechpakets 82 des Stators 81 ebenfalls parallel zur Schnitt- bzw. Zeichenebene, d.h. allseitig in der radialen Richtung R des Rotors 71 erstrecken, die insoweit auch radiale Richtung des Stators 81 ist. Im Blechpaket 82 des Rotors 81 sind in der axialen Richtung A und damit im Wesentlichen rechtwinklig zur Zeichen- bzw. Schnittebene sich erstreckende, in der radialen Richtung R dem Rotor 71 zugekehrt offene Nuten 83 ausgenommen. Die Nuten 83 sind im Stator 81 der Umfangsfläche 74 des Rotors 71 gegenüberliegend und von ihr durch einen Luftspalt 84 getrennt entlang der Umfangskoordinate U gleichmäßig am Umfang des Stators 81 verteilt angeordnet. Zwischen den Nuten 83 sind durch das Blechpaket 82 Statorzähne 85 mit Polschuhen 86 ausgebildet, deren Polflächen 87 der Umfangsfläche 74 des Rotors 71 gegenüberliegend sich entlang des Umfangs des Stators 81 erstrecken. In den Nuten 83 des Stators 81 sind Leiter 89 von Statorwicklungen angeordnet.

In die Darstellung nach Figur 2 sind grob schematisch Kraftlinien 90 des magnetischen Flusses eingetragen, wie er sich im Betrieb der Maschine 70 ausbildet. Die Kraftlinien 90 durchsetzen die Statorzähne 85 und treten durch deren Polschuhe 86 entlang deren Polflächen 87 über den Luftspalt 84 in den Rotor 71 hinüber und dort entlang der Polflächen 77 der Polschuhe 76 des Rotors 71 in die Rotorzähne 75. Dabei wird ein Teil des magnetischen Flusses bzw. dessen Kraftlinien 90 durch die magnetisch leitende Verbindungen bildenden Abschnitte 80 des Blechpakets 72 des Rotors 71 zwischen den Nuten 73 und der Umfangsfläche 74 gelenkt. Dieser Teil des magnetischen Flusses bzw. dessen Kraftlinien, mit dem Bezugszeichen 91 bezeichnet, bilden den die Abschnitte 80 durchsetzenden magnetischen Streufluss, auch als Zahnkopfstreuung bezeichnet, durch den das von der Maschine 70 in der abgebildeten Bauform

maximal erzielbare Drehmoment, bei Asynchronmaschinen als Kippmoment bezeichnet, verringert wird.

In Figur 3 ist nun ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben, abgebildet in einem Ausbruch aus einem Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Rotor 100 einer elektrischen Maschine 101 entlang einer rechtwinklig zu einer wiederum nicht eingezeichneten Rotationsachse sich erstreckenden Schnittebene, in grob schematischer Darstellung. Insbesondere zeigt Figur 3 das Beispiel eines Rotors 100 einer Asynchronmaschine 101. Der Rotor 100 ist mit einem zylinderförmigen Blechpaket 102 ausgebildet, das mit axial geschichteten Blechen, d.h. in axialer Richtung A, d.h. rechtwinklig zur Zeichen- bzw. Schnittebene, aufeinander geschichteten Blechen, ausgebildet ist, so dass die Bleche in der Zeichenebene oder parallel dazu sich erstrecken. Im Blechpaket sind entlang einer Umfangsfläche 104, das ist hier eine kreiszylindrische Mantelfläche des Rotors 100 bzw. des Blechpakets 102, die rechtwinklig zur Zeichenebene ausgerichtet ist, im Wesentlichen axial sich erstreckende Nuten 103 ausgenommen. Die Nuten 103 sind durch je einen sich in radialer Richtung R von der Nut 103 nach außen, d.h. von der Rotationsachse weg, bis zur Umfangsfläche 104 hin erstreckenden Streuschlitz 108 zu dieser Umfangsfläche 104 hin offen ausgebildet. Durch je zwei entlang einer zur axialen Richtung A rechtwinkligen und entlang der Umfangsfläche 104 tangentialen Umfangsrichtung U des Rotors 100 benachbarte Nuten 103 ist je ein Rotorzahn 105 des Rotors 100 bzw. Blechpakets 102 berandet. An jedem Rotorzahn 105 ist zwischen je zwei Streuschlitzen 108 ein Polschuh 106 ausgebildet. Polflächen 107 der Polschuhe 106 erstrecken sich entlang der Umfangsfläche 104 des Rotors 100 und spannen diese auf.

In den Streuschlitzen 108 in deren axialer Richtung A sich erstreckend und zu den Polschuhen 106 kraftschlüssig sowie hier insbesondere vollständig formschlüssig die Nuten 103 zur Umfangsfläche 104 hin abschließend sind elektrisch und magnetisch nichtleitende Verschlusselemente 110 aufgenommen. Sowohl der Kraftschluss als auch der Formschluss zwischen den Verschlusselementen 110 und den Polschuhen 106 wird durch wulstartige Halteelemente 111 hergestellt, die in axialer Richtung sich erstreckend an den Verschlusselementen 110 angeformt sind. Die Halteelemente 111 greifen in rillenartige, zu den Halteelementen 111 komplementär gestaltete Aufnahmeelemente 112, die in den Streuschlitzen 108 zugekehrten Berandungen der Polschuhe 106, d.h. Wandungen der Streuschlitze 108, ausgenommen sind. Durch die axiale Ausrichtung der Halteelemente 111

und der Aufnahmeelemente 112, d.h. hier der Wülste und Rillen, sind die Verschlusselemente 110 zur Montage einfach in axialer Richtung A in die Streuschlitz 108 einschiebbar, verschließen diese sowie damit die Nuten 103 in radialer Richtung R vollständig form- und kraftschlüssig und bilden auf diese Weise zur Umfangsfläche 104 hin einen stabilen Abschluss der Nuten 103. Wahlweise kann auch eine falzartige Verbindung oder dergleichen zwischen den Halteelementen 111 und den Aufnahmeelementen 112 vorgesehen sein, soweit diese Verbindung dazu ausgebildet ist, einen vollständigen Abschluss der Nuten 103 zur Umfangsfläche 104 hin zu gewährleisten und radial gerichtete Kräfte aufzunehmen.

In jeder der Nuten 103 ist ein Leiter 109 angeordnet, der diese Nut 103 formschlüssig füllt. Die Leiter sind dazu durch ein Metallgussverfahren, insbesondere Druckguss, bevorzugt aus kupfer- und/oder aluminiumhaltigen Werkstoffen, unmittelbar in den durch die Verschlusselemente 110 verschlossenen Nuten 103 hergestellt. Der kombinierte Form- und Kraftschluss der Halteelemente 111 und Aufnahmeelemente 112 miteinander ist im Hinblick auf diese bevorzugte Herstellung der Leiter 109 in den Nuten 103 durch ein Metallgussverfahren, insbesondere Metalldruckguss, dimensioniert, um während des Herstellungsvorgangs auftretenden Drücken standhalten zu können. Außerdem sind die Verschlusselemente 110 mit temperaturfestem Werkstoff gebildet, insbesondere mit einem Keramikwerkstoff, bevorzugt Aluminiumoxid, das kostengünstig, wärmebeständig und mechanisch fest ist.

Die Verschlusselemente 110 ermöglichen es somit, die Leiter 109 in den Nuten 103 zu gießen, ohne dabei Leiterwerkstoff in die Streuschlitz 108 einzutragen. Die Streuschlitz 108 bleiben bei dieser Ausbildung und diesem Herstellungsverfahren der Leiter 109 elektrisch und magnetisch nichtleitend, wodurch die Maschine 101 im Betrieb geringe Verluste und ein hohes Kippmoment aufweist. Insbesondere sind damit Leiterkäfige für Rotoren von Asynchronmaschinen sehr günstig herstellbar. Die Leiter sind sehr einfach einstückig aufgebaut, jedoch ist auch ein mehrstückiger Aufbau möglich, z.B. durch Einlegen von Leiterformteilen in die Nuten 103 vor dem Gießen. Die Herstellung und die verwendeten Werkstoffe sind einfach und kostengünstig verarbeitbar.

Bezugszeichenliste

50	Elektrischen Maschine
51	Rotor von 50
52	Blechpaket von 51
53	Nuten von 51 in 52
54	Umfangsfläche von 51, 52
55	Rotorzähne von 51, 52
56	Polschuhe von 55
57	Polflächen von 56
58	Streuschlitz in 52
59	Leiter in 53, 58
60	Abschnitte von 59 in 58
70	Elektrischen Maschine
71	Rotor von 70
72	Blechpaket von 71
73	Nuten von 71 in 72
74	Umfangsfläche von 71, 72
75	Rotorzähne von 71, 72
76	Polschuhe von 75
77	Polflächen von 76
79	Leiter in 73
80	Abschnitte von 72 zwischen 73 und 74
81	Stator von 70
82	Blechpaket von 81
83	Nuten von 81 in 82
84	Luftspalt zwischen 74 von 71 und 87 von 81
85	Statorzähne von 81, 82
86	Polschuhe von 85
87	Polflächen von 86
89	Leiter in 83
90	Kraftlinien des magnetischen Flusses in 71, 81
91	Zahnkopfsteuerung in 80

100	Rotor von 101
101	Elektrische Maschine
102	Blechpaket von 100
103	Nuten von 100 in 102
104	Umfangsfläche von 100, 102
105	Rotorzähne von 100, 102
106	Polschuhe von 105
107	Polflächen von 106
108	Streuschlitz in 102
109	Leiter in 103
110	Verschlusselemente in 108
111	Halteelemente von 110
112	Aufnahmeelemente in 102 in Wandungen von 108
A	Axiale Richtung von 51, 71, 100
R	Radiale Richtung von 51, 71, 100
U	Umfangsrichtung von 51, 71, 100

Ansprüche

1. Rotor (100) für eine elektrische Maschine (101), ausgebildet mit einem im wesentlichen zylinderförmigen Blechpaket (102) mit axial (A) geschichteten Blechen, wobei im Blechpaket (102) entlang einer Umfangsfläche (104) des Blechpakets (102) im wesentlichen axial (A) sich erstreckende Nuten (103) ausgenommen sind, von denen wenigstens einige durch je einen sich radial (R) von der Nut (103) nach außen bis zur Umfangsfläche (104) hin erstreckenden Streuschlitz (108) zu dieser Umfangsfläche (104) hin offen ausgebildet sind, und wobei in den Streuschlitzen (108) in deren axialer Richtung (A) sich erstreckend und wenigstens teilweise formschlüssig die Nuten (103) zur Umfangsfläche (104) hin abschließend elektrisch und magnetisch nichtleitende Verschlusselemente (110) aufgenommen sind.
2. Rotor (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusselemente (110) kraftschlüssig mit Berandungen der Streuschlitze (108) verbunden sind.
3. Rotor (100) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusselemente (110) mit temperaturfestem und/oder wärmeleitendem, bevorzugt wenigstens nahezu Metallen gleichwertig wärmeleitendem, Werkstoff ausgebildet sind.
4. Rotor (100) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusselemente (110) mit einem keramischen Werkstoff ausgebildet sind.
5. Rotor (100) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusselemente (110) mit einem Aluminiumoxid enthaltenden Werkstoff ausgebildet sind.
6. Rotor (100) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

in den Nuten (103) elektrische Leiter (109) aus einem gegossenen Leiterwerkstoff aufgenommen sind, insbesondere, dass die elektrischen Leiter (109) in den Nuten (103) wenigstens nahezu formschlüssig aufgenommen sind, bevorzugt, dass die elektrischen Leiter (109) durch einen Gießvorgang, besonders bevorzugt durch einen Druckgussvorgang, in den Nuten (103) geformt sind.

7. Rotor (100) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
in den Nuten (103) elektrische Leiter (109) aufgenommen sind, die zum Bilden eines für einen Einsatz in einer Asynchronmaschine (101) bestimmten und ausgebildeten Leiterkäfigs bestimmt und ausgebildet sind.
8. Elektrische Maschine (101), insbesondere Asynchronmaschine (101), gekennzeichnet durch
einen Rotor (100) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere durch einen als Kurzschlußläufer ausgebildeten Rotor (100).
9. Verfahren zum Herstellen eines nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7 ausgebildeten Rotors (100), insbesondere für eine nach Anspruch 8 ausgebildete elektrische Maschine (101), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
 - Herstellen eines im wesentlichen zylinderförmigen Blechpakets (102) mit axial (A) geschichteten Blechen, wobei im Blechpaket (102) entlang einer Umfangsfläche (104) des Blechpakets (102) im wesentlichen axial (A) sich erstreckende Nuten (103) ausgenommen sind, von denen wenigstens einige durch je einen sich radial (R) von der Nut (103) nach außen bis zur Umfangsfläche (104) hin erstreckenden Streuschlitz (108) zu dieser Umfangsfläche (104) hin offen ausgebildet sind,
 - Einsetzen, insbesondere in wenigstens nahezu axialer Richtung (A), wenigstens eines Verschlusselements (110) in wenigstens einen der Streuschlitz (108) wenigstens einer der Nuten (103),

- Vergießen, insbesondere mittels eines Metalldruckgussverfahrens, der wenigstens einen durch Einsetzen des wenigstens einen Verschlusselements (110) in den wenigstens einen Streuschlitz (108) verschlossenen Nut (103) mit einem elektrisch leitenden Werkstoff, insbesondere einem metallisch leitenden Werkstoff, bevorzugt mit einem Aluminium und/oder Kupfer enthaltenden Werkstoff.

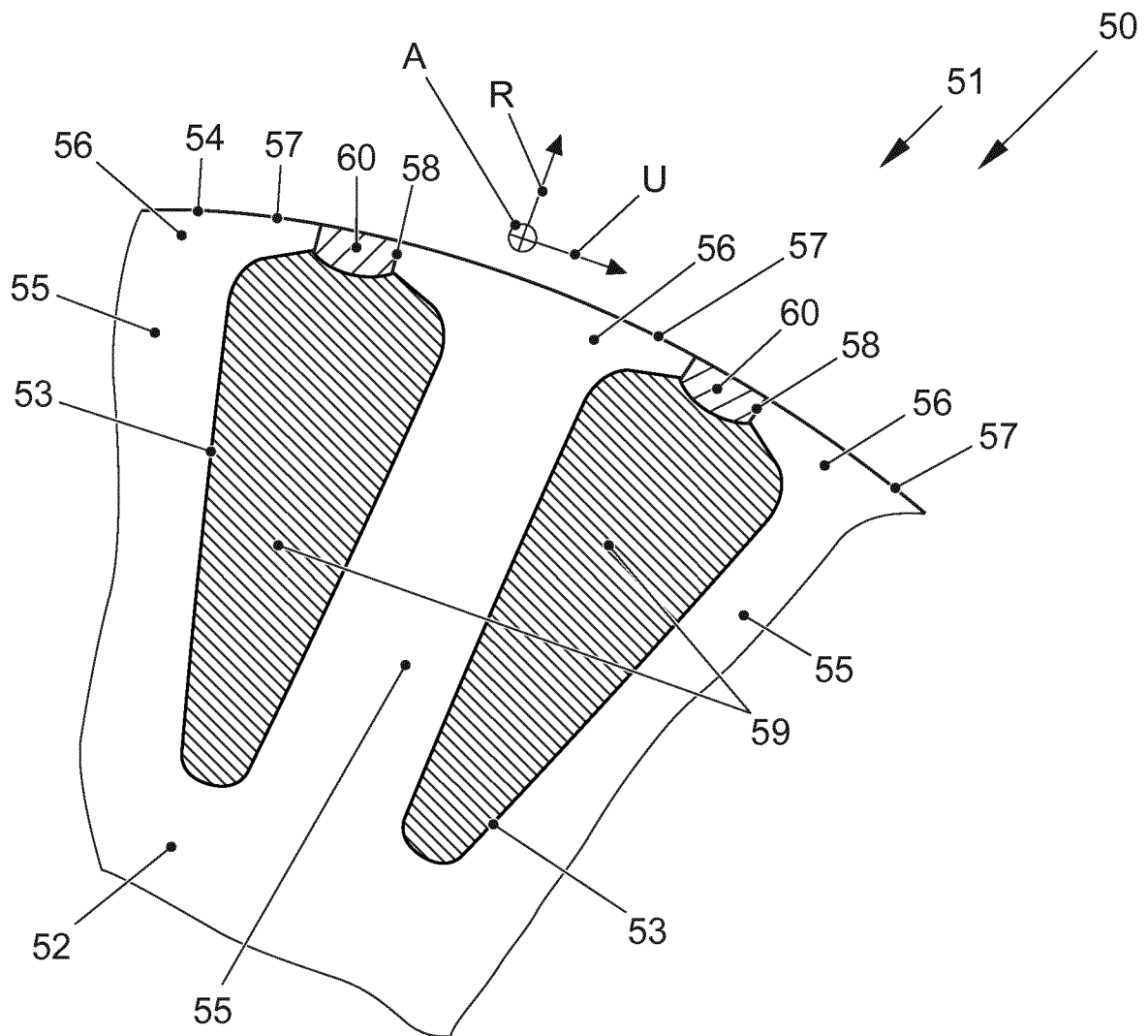


FIG. 1

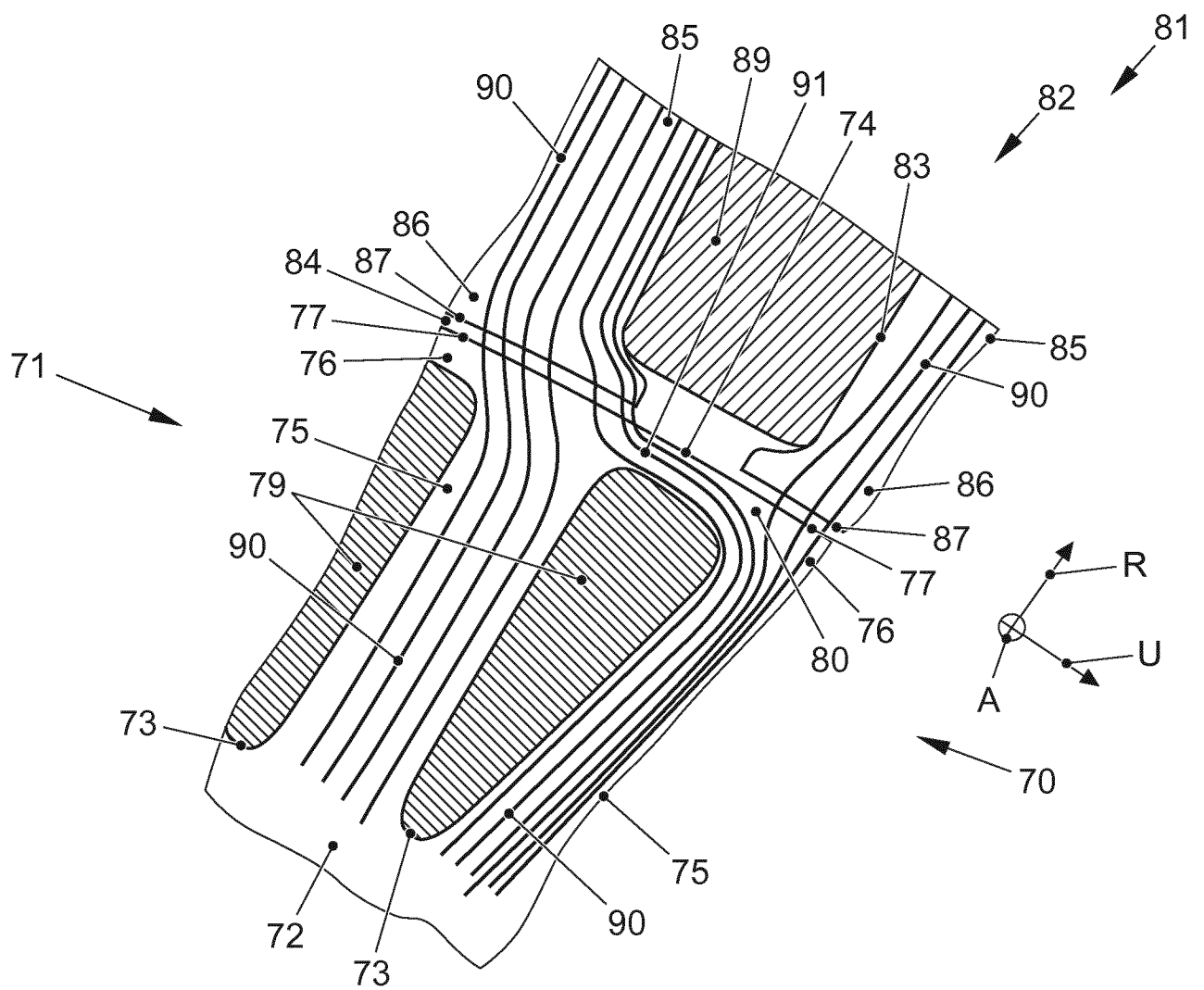


FIG. 2

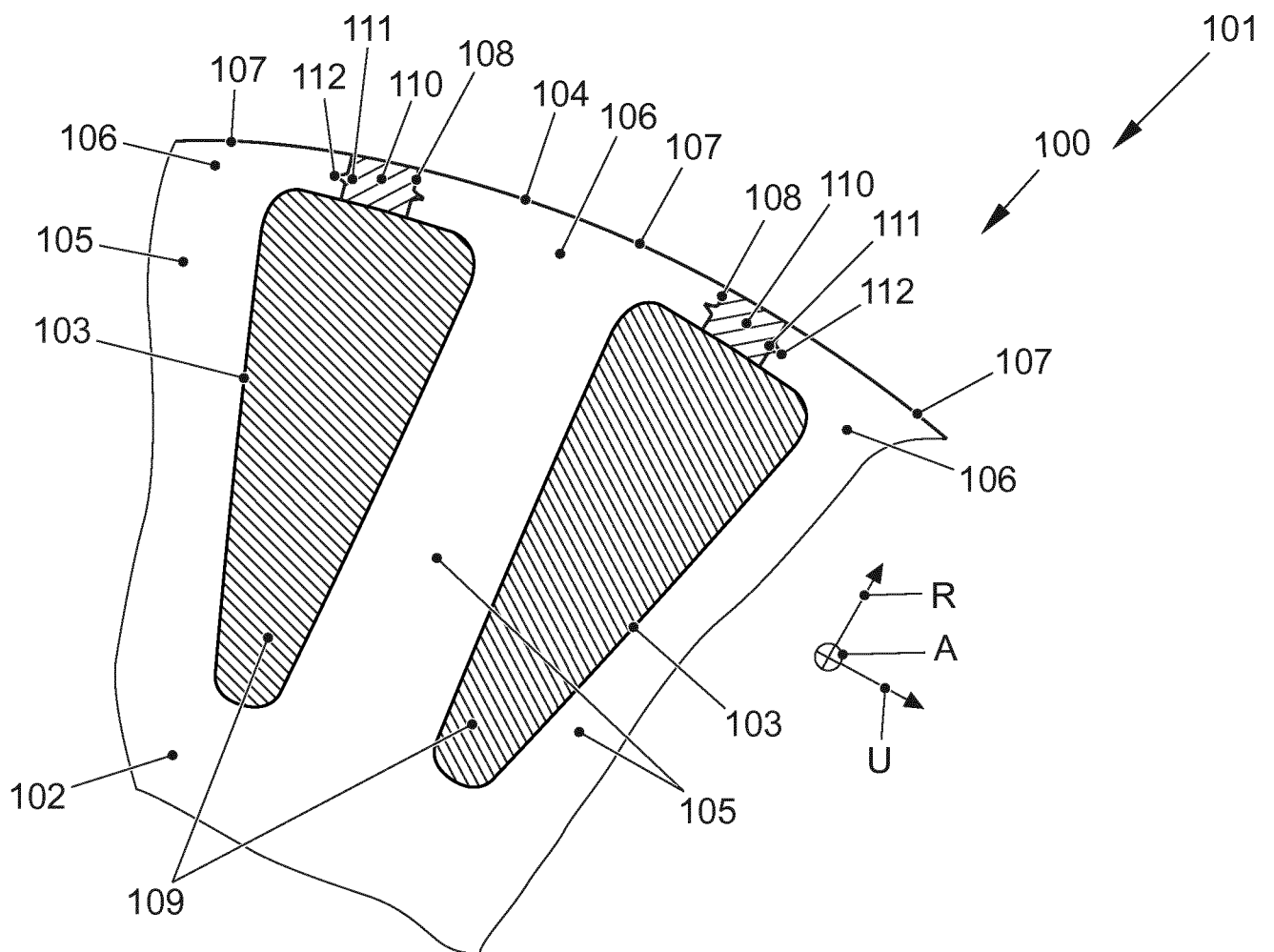


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/050499

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K3/487 H02K15/00 H02K17/16
ADD.

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	DE 711 184 C (AEG) 26 September 1941 (1941-09-26)	1,6-9
Y	the whole document	2-5
Y	----- WO 2012/167299 A2 (SEEWALD HANSJOERG [AT]) 13 December 2012 (2012-12-13) page 1, line 3 - line 4 page 1, line 20 - line 29; figures 1b, 1d, 1f ----- -/--	2



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

17 March 2017

Date of mailing of the international search report

27/03/2017

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

Moyaerts, Laurent

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/050499

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BACHER J ET AL: "A field plot of a turbogenerator with a massive rotor on the basis of the actual current distributions during a sudden short circuit", CONFERENCE PROCEEDINGS / IEEE CCECE 2002 CCGÉI, CANADIAN CONFERENCE ON ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, MAY 12 TO 15, 2002, HOTEL FORT GARRY, WINNIPEG, MANITOBA, CANADA, IEEE SERVICE CENTRE, PISCATAWAY, NJ, vol. 1, 12 May 2002 (2002-05-12), pages 166-171, XP010707408, DOI: 10.1109/CCECE.2002.1015193 ISBN: 978-0-7803-7514-7 paragraph [0169]; figure 5 -----	1,2
Y	RASMUSSEN P O ET AL: "Structural stator spacers-the key to silent electrical machines", CONFERENCE RECORD OF THE 2001 IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE. 36TH IAS ANNUAL MEETING . CHICAGO, IL, SEPT. 30 - OCT. 4, 2001; [CONFERENCE RECORD OF THE IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE. IAS ANNUAL MEETING], NEW YORK, NY : IEEE, US, 30 September 2001 (2001-09-30), pages 33-39vol.1, XP032142718, DOI: 10.1109/IAS.2001.955389 ISBN: 978-0-7803-7114-9 abstract page 34, left-hand column, paragraph 3 Letzter Absatz; page 35, left-hand column page 37, left-hand column, paragraph 2 page 39, left-hand column, lines 1-6, paragraph 1 -----	3-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/050499

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 711184	C	26-09-1941	NONE

WO 2012167299	A2	13-12-2012	AT 12977 U1 15-03-2013
			CN 103858320 A 11-06-2014
			EP 2719061 A2 16-04-2014
			FI 10598 U1 28-08-2014
			HU 4697 U 28-02-2017
			WO 2012167299 A2 13-12-2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K3/487 H02K15/00 H02K17/16 ADD.														
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC														
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie*</th> <th>Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile</th> <th>Betr. Anspruch Nr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>DE 711 184 C (AEG)</td> <td>1,6-9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>26. September 1941 (1941-09-26) das ganze Dokument</td> <td>2-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>----- WO 2012/167299 A2 (SEEWALD HANSJOERG [AT]) 13. Dezember 2012 (2012-12-13) Seite 1, Zeile 3 - Zeile 4 Seite 1, Zeile 20 - Zeile 29; Abbildungen 1b, 1d, 1f ----- -/-</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	X	DE 711 184 C (AEG)	1,6-9	Y	26. September 1941 (1941-09-26) das ganze Dokument	2-5	Y	----- WO 2012/167299 A2 (SEEWALD HANSJOERG [AT]) 13. Dezember 2012 (2012-12-13) Seite 1, Zeile 3 - Zeile 4 Seite 1, Zeile 20 - Zeile 29; Abbildungen 1b, 1d, 1f ----- -/-	2
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.												
X	DE 711 184 C (AEG)	1,6-9												
Y	26. September 1941 (1941-09-26) das ganze Dokument	2-5												
Y	----- WO 2012/167299 A2 (SEEWALD HANSJOERG [AT]) 13. Dezember 2012 (2012-12-13) Seite 1, Zeile 3 - Zeile 4 Seite 1, Zeile 20 - Zeile 29; Abbildungen 1b, 1d, 1f ----- -/-	2												
☒ 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												
17. März 2017		27/03/2017												
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 Moyaerts, Laurent												

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	BACHER J ET AL: "A field plot of a turbogenerator with a massive rotor on the basis of the actual current distributions during a sudden short circuit", CONFERENCE PROCEEDINGS / IEEE CCECE 2002 CCGÉI, CANADIAN CONFERENCE ON ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, MAY 12 TO 15, 2002, HOTEL FORT GARRY, WINNIPEG, MANITOBA, CANADA, IEEE SERVICE CENTRE, PISCATAWAY, NJ, Bd. 1, 12. Mai 2002 (2002-05-12), Seiten 166-171, XP010707408, DOI: 10.1109/CCECE.2002.1015193 ISBN: 978-0-7803-7514-7 Absatz [0169]; Abbildung 5 -----	1,2
Y	RASMUSSEN P O ET AL: "Structural stator spacers-the key to silent electrical machines", CONFERENCE RECORD OF THE 2001 IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE. 36TH IAS ANNUAL MEETING . CHICAGO, IL, SEPT. 30 - OCT. 4, 2001; [CONFERENCE RECORD OF THE IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE. IAS ANNUAL MEETING], NEW YORK, NY : IEEE, US, 30. September 2001 (2001-09-30), Seiten 33-39vol.1, XP032142718, DOI: 10.1109/IAS.2001.955389 ISBN: 978-0-7803-7114-9 Zusammenfassung Seite 34, linke Spalte, Absatz 3 Letzter Absatz; Seite 35, linke Spalte Seite 37, linke Spalte, Absatz 2 Seite 39, linke Spalte, Zeilen 1-6, Absatz 1 -----	3-5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/050499

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 711184	C	26-09-1941	KEINE

WO 2012167299	A2	13-12-2012	AT 12977 U1 15-03-2013
			CN 103858320 A 11-06-2014
			EP 2719061 A2 16-04-2014
			FI 10598 U1 28-08-2014
			HU 4697 U 28-02-2017
			WO 2012167299 A2 13-12-2012
