

(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. September 2021 (23.09.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/185403 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/02 (2006.01) H02K 15/03 (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01) H02K 21/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2021/100188

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Februar 2021 (25.02.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 107 162.0
16. März 2020 (16.03.2020) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **WITT, Holger**; An der Kiesgrube 5, 77815 Bühl (DE). **GRAMANN, Matthias**; Lilienweg, 77871 Renchen (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, IT, JO, 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,

(54) Title: ROTOR FOR AN AXIAL FLUX MACHINE, METHOD FOR PRODUCING A ROTOR FOR AN AXIAL FLUX MACHINE AND AXIAL FLUX MACHINE

(54) Bezeichnung: ROTOR FÜR EINE AXIALFLUSSMASCHINE, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ROTORS FÜR EINE AXIALFLUSSMASCHINE UND AXIALFLUSSMASCHINE

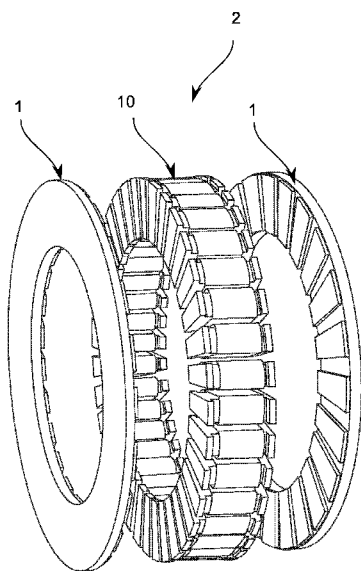


Fig. 1

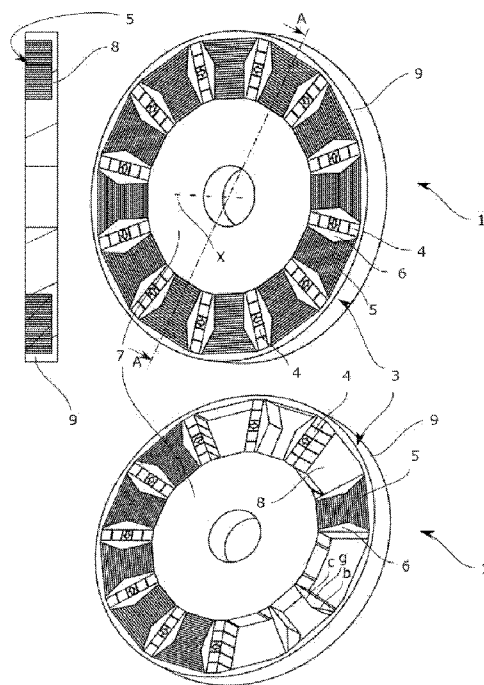


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a rotor (1) for an electrical axial flux machine (2) that can be operated as a motor and/or generator, said rotor comprising a support (3), a plurality of magnet elements (4) arranged against, on, or in the support (3) and running radially from the interior outwards, the magnet elements (4) being magnetized in a circumferential direction and being arranged individually or in groups in series around the circumference with alternating opposing magnetization directions, and a plurality of flux conduction elements (5) which conduct the magnetic flux and are arranged against, on, or in the support (3) and around the circumference, between the magnet elements (4). According to the invention, a flux distributing element (6) which distributes the magnetic flux

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

is arranged between at least one of the magnet elements (4) and a flux conduction element (5) that is arranged adjacently thereto in the circumferential direction.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor (1) für eine elektrische, motorisch und/oder generatorisch betreibbare Axialfluss-Maschine (2), umfassend einen Träger (3), eine Vielzahl von an, auf oder in dem Träger (3) angeordneten, sich radial von innen nach außen erstreckenden Magnetelementen (4), wobei die Magnetelemente (4) in Umfangsrichtung magnetisiert ausgebildet und einzeln oder in Gruppen umfänglich mit entgegengesetzter Magnetisierungsrichtung abwechselnd aufeinanderfolgend angeordnet sind, und eine Vielzahl von an, auf oder in dem Träger (3) angeordneten, umfänglich zwischen den Magnetelementen (4) angeordneten, den Magnetfluss leitenden Flussleitelementen (5). Erfindungsgemäß ist zwischen zumindest einem der Magnetelemente (4) und einem zu diesem in Umfangsrichtung benachbart angeordneten Flussleitelement (5) ein den Magnetfluss verteilendes Flussverteilerelement (6) angeordnet.

Rotor für eine Axialflussmaschine, Verfahren zur Herstellung eines Rotors für eine Axialflussmaschine und Axialflussmaschine

5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rotor für eine elektrische, motorisch und/oder generatorisch betreibbare Axialfluss-Maschine. Die Axialflussmaschine umfasst einen Träger, eine Vielzahl von an oder auf oder in dem Träger angeordneten, sich radial von innen nach außen erstreckenden Magnelementen sowie eine Vielzahl von an oder auf oder in dem Träger angeordneten, umfänglich
10 zwischen den Magnelementen angeordneten, den Magnetfluss leitenden Flussleitelementen. Die Magnelemente der Axialflussmaschine sind in Umfangsrichtung magnetisiert ausgebildet und einzeln oder in Gruppen umfänglich mit entgegengesetzter Magnetisierungsrichtung abwechselnd aufeinanderfolgend angeordnet.

15

Aus der DE 10 2013 218 829 A1 ist bereits ein Rotor für eine Axialflussmaschine bekannt. Bei diesem Rotor wird durch die Rotorbleche eine Art Rahmen gebildet, in welchen Inlays integriert werden. Die Rotorbleche weisen dabei einzelne Ausstanzungen sowohl für die Magnete als auch für die Inlays auf.

20

Weitere Aufbauten von Rotoren für Axialflussmaschinen bzw. von Axialflussmaschinen selbst sind unter anderem beschrieben durch die DE 10 2017 204 434 A1, die DE 10 2005 053 119 A1, die DE 10 2004 038 884 A1, die DE 10 2015 208 281 A1, die DE 10 2017127 157 A1 oder die WO 2018/015293 A1.

25

Der magnetische Fluss in einem als Axialflussmotor ausgebildeten Elektromotor ist im Luftspalt zwischen Stator und Rotor axial gerichtet. Ein geblechter Rotor für hohe Drehzahlen und Frequenzen ist in axialer Richtung geschichtet ausgebildet Für den axialen magnetischen Fluss wird oft weichmagnetisches Verbundmaterial – welches
30 auch als SMC-Material (soft magnetic components, soft mafnetic compounds / soft magnetic powder) bezeichnet wird - als Material für Flussleitelemente eingesetzt, da hier eine dreidimensionale Ausbreitung des magnetischen Flusses ohne

signifikante Wirbelströme möglich ist. Für kleinere Rotoren ist ein homogener SMC Rotor möglich, solange die mechanische Belastung die geringe Festigkeit des SMC nicht übersteigt. Der SMC-Werkstoff besteht in der Regel aus hoch reinem Eisenpulver, welches eine spezielle Oberflächenbeschichtung auf jedem einzelnen Partikel aufweist. Die dadurch realisierte elektrisch isolierende Oberfläche gewährleistet einen hohen elektrischen Widerstand, der auch nach einem Verpressen und einer Wärmebehandlung erhalten bleibt. Wirbelstromverluste sind daher praktisch vernachlässigbar.

- 10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Rotor für eine elektrische Axialflussmaschine, ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors für eine elektrische Axialflussmaschine sowie eine elektrische Axialflussmaschine bereitzustellen, wodurch die Menge des benötigten weichmagnetischen Verbundmaterials reduziert werden kann.

15

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Rotor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11 sowie durch eine Axialflussmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12.

- 20 Ein erfindungsgemäß ausgebildeter Rotor für eine elektrische, motorisch und/oder generatorisch betreibbare Axialfluss-Maschine umfasst einen Träger, eine Vielzahl von an oder auf oder in dem Träger angeordneten und sich im Wesentlichen radial von innen nach außen erstreckenden Magnelementen sowie eine Vielzahl von an oder auf oder in dem Träger angeordneten und umfänglich zwischen den
- 25 Magnelementen angeordneten, den Magnetfluss leitenden Flussleitelementen. Die Magnelemente der Axialflussmaschine sind in Umfangsrichtung magnetisiert ausgebildet und einzeln oder in Gruppen umfänglich mit entgegengesetzter Magnetisierungsrichtung abwechselnd aufeinanderfolgend angeordnet. Erfindungsgemäß ist zwischen zumindest einem der Magnelemente und einem zu
- 30 diesem in Umfangsrichtung benachbart angeordneten Flussleitelement ein den Magnetfluss verteilendes, bevorzugt räumlich verteilendes, Flussverteilerelement angeordnet. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass zur Bildung des Rotormagneten für eine Axialflussmaschine zum einen kostengünstiges Material für Flussleitelemente verwendet werden kann und nur an ausgewählten Stellen des

Rotors ein höherwertiges und teureres Material für den Übergangsbereich zwischen Magnetelementen und Flussleiterelementen eingebracht werden muss. Durch das erfindungsgemäße Design des Rotors wird zum einen die dreidimensionale Verteilung des Magnetflusses von den Magnetelementen zum Luftspalt

- 5 gewährleistet, als auch die Menge benötigten weichmagnetischen Verbundstoffmaterials reduziert.

Im Sinne der Erfindung wird unter der Richtungsangabe „im Wesentlichen radial“ verstanden, dass die in, an oder auf dem Träger angeordneten Magnetelemente und/oder die Flussleiterelemente und/oder die Flussverteilerelemente sich genau radial von innen nach außen erstrecken können, wobei die Mittelachsen ihrer jeweiligen Längserstreckung auch durch die zentrale Rotordrehachse verlaufend ausgebildet wären. Mit umfasst im Sinne der Erfindung sind jedoch auch solche Anordnungen, in denen die Mittelachsen der in, an oder auf dem Träger

10 angeordneten Magnetelemente, Flussleiterelemente oder Flussverteilerelemente schräg verlaufend angeordnet sind, so dass deren Mittelachsen nicht mehr die zentrale Rotordrehachse schneiden, sondern leicht gekippt ausgerichtet sind und etwas neben der zentralen Rotordrehachse sich erstreckend verlaufen.

- 20 Eine Gruppe von Magnetelementen umfasst im Sinne der Erfindung mindestens zwei umfänglich benachbart angeordnete Magnetelemente mit jeweils gleicher umfänglicher Magnetisierungsrichtung.

In Umfangrichtung magnetisiert ausgebildet bedeutet im Sinne der Erfindung, dass die Magnetelemente oder die Gruppen von Magnetelementen derart ausgebildet und umfänglich verteilt angeordnet sind, dass die Ausrichtung ihres Magnetfeldes nicht in axialer oder radialer Richtung, sondern eben in umfänglicher Richtung ausgerichtet ist. Dabei sind diese Richtungsangaben eher als grobe Richtungsangaben (eben im Unterschied zu axialer Richtung als Richtung in bzw. parallel zur Rotordrehachse und zu radialer Richtung als Richtung im Wesentlichen senkrecht zur Rotordrehachse) zu verstehen. Das von den Magnetelementen ausgehende Magnetfeld wird durch Magnetfeldvektoren bestimmt, die in ihrer Richtung tangential in Umfangsrichtung gerichtet oder eben um einen Streubereich davon abweichend ausgerichtet sind. Der Streubereich wird bevorzugt mit zirka

25
30

plus/minus 20° Winkelgrad angegeben – besonders bevorzugt mit etwa plus/minus 15° Winkelgrad veranschlagt.

Unter den obigen genannten unterschiedlichen Alternativen von „an“ oder „auf“ oder „in“ dem Träger sind folgende Ausführungen beispielhaft gemeint:

- „an“: Der Träger besteht z.B. aus einem innenliegenden Nabenkörper, wobei die Magnelemente und Flussleitelemente radial außen auf dem Nabenkörper befestigt sind und oder z.B. mittels einem Rings radial auf den Nabenkörper gehalten werden.
- „auf“: Der Träger hat einen scheibenförmigen Bereich oder radial rausragende Streben oder andere von innen radial nach außen ragende Tragelemente, auf dem oder auf denen oder zwischen denen die magnetisch aktiven Bauteile befestigt sind (z.B. durch Kleben und/oder ein umfängliches Faßringband).
- „in“: Der Träger und die Magnetleitelemente sind ähnlich den Figuren der Ausführungsbeispiele dieser Erfindung angeordnet.

Eine Axialflussmaschine im Sinne der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der im Luftspalt zwischen Rotor und Stator erzeugte Magnetfluss sich in axialer Richtung parallel zur Rotordrehachse der elektrischen Maschine erstreckt. Mit anderen Worten erfolgt die Ausdehnung des Luftspalts bzw erstreckt sich dessen Ebene in einer Ebene die senkrecht zur Rotationsachse des Rotors ausgebildet ist. Das Magnetflussleitmaterial ist bevorzugt aus Eisenpulver oder aus einer Mischung mit Eisenpulver gebildet. Besonders bevorzugt wird das vorstehend beschriebene SMC-Material verwendet.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Trägers weist dieser einen als Trägernabe ausgebildeten Innenring auf, über den der Rotor drehfest mit einer Welle verbindbar ist, und einen Trägeraußenring, der den Rotor in radialer Richtung nach außen begrenzt. Der Träger kann zwischen Trägernabe und Trägeraußenring eine als Bodenteil ausgebildete Trägerscheibe aufweisen, über welche die Trägernabe und der Trägeraußenring miteinander verbunden sind und welche gemeinsam mit der radialen Außenringfläche der Trägernabe und der radialen

Innenringfläche des Trägersaußenrings einen in Richtung Luftspalt offenen Aufnahmeraum für die Aufnahme der Magnetelemente und der Flussleitelemente des Rotors bildet.

- 5 Möglich ist auch eine Ausbildung des Trägers als Nabenkonstruktion, die sich bis zum Innenradius des Magnetkreises erstreckt und die mit aufgesetzten Dauermagneten und Flussleitstücken bestückt ausgebildet ist. Ein Faßringband hält dann die aufgesetzten Magnetelemente und Flussleitelemente in Position. In einer anderen Ausführungsform eines Trägers ist ein Träger ohne Außenring
- 10 vorgesehen und/oder ohne Bodenteil. Die Magnetelemente sowie die Flussleitelemente können durch eine Verklebung am Träger nach radial innen gehalten werden. Alternativ oder zusätzlich zu einer Verklebung können die Magnetelemente und die Flussleitelemente auch mechanisch durch Krallenelemente, welche dann mittels Streben am innenliegenden nabenartig
- 15 ausgebildeten Trägerkörper abgestützt werden, fixiert werden.

- Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das beziehungsweise jedes Flussleitverteilerelement in einer Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse gesehen einen dreieckigen Querschnitt aufweist,
- 20 wobei das Flussleitverteilerelement mit seiner Dreiecksgrundseite jeweils an einem benachbarten Magnetelement anliegt und wobei es mit den beiden verbleibenden Schenkelseiten mit dem benachbart angeordneten Flussleitelement magnetisch leitend in Kontakt stehend angeordnet ist. Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, dass durch diese herstellungstechnisch einfach zu realisierende Geometrie
- 25 eine annähernd optimale Flussverteilung zwischen Magnetelementen und Flussleitelementen gewährleistet wird.

- Es kann gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterentwicklung der Erfindung auch vorgesehen sein, dass das beziehungsweise jedes Flussleitverteilerelement in einer
- 30 Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse gesehen den Querschnitt eines spitzwinkligen Dreiecks (z.B. keilförmig) aufweist, wobei das Flussleitverteilerelement mit seiner kurzen Dreiecksgrundseite g an der Innenfläche des Trägersaußenrings und mit seinen verbleibenden Dreiecksschenkeln jeweils mit einem der Dreiecksschenkel an einem benachbarten Magnetelement und mit dem

anderen Dreiecksschenkel am Flussleitelement anliegt. Die Flussverteilerelemente sorgen für eine weitgehend gleichmäßig verteilte magnetische Flussdichte im Luftspalt, indem sie einen Teil des Magnetflusses der radial weiter innen liegenden Magnetelemente zu den radial weiter außen liegenden Bereichen des Luftspaltes leiten bzw. verteilen.

Alternativ zur Dreiecksform können die Flussleitelemente im Querschnitt gesehen auch in Form einer Parabel ausgebildet sein. Dies wäre herstellungstechnisch zwar etwas teurer, es könnte jedoch zusätzlich im Vergleich zur Dreieckform, teures weichmagnetisches Verbundmaterial eingespart werden.

Des Weiteren kann es gemäß einer ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, dass das beziehungsweise jedes Flussleitverteilerelement in einer Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse gesehen einen rechteckigen Querschnitt aufweist, wodurch die Fertigung und Montage des Rotors weiter vereinfacht werden kann.

Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass das beziehungsweise jedes Flussverteilerelement über die gesamte radiale Erstreckung dieselbe axiale Tiefe aufweist. Auch diese Ausgestaltung unterstützt weiter die Möglichkeit der Verwendung von Gleichteilen als auch eine weiter vereinfachte Montage des Rotors.

Des Weiteren kann die Erfindung auch dahingehend weiterentwickelt sein, dass zumindest eines der Flussverteilerelemente im Wesentlichen vollständig aus einem weichmagnetischen Verbundwerkstoff oder aus Ferritmaterial gebildet ist, wodurch die Flussleiteigenschaften des Flussverteilerelements optimiert werden.

In einer ebenfalls bevorzugten Ausgestaltungsvariante der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass zumindest eines der Flussleitelemente in Form eines Paketes aus laminierten Blechen gebildet ist, insbesondere aus Elektroblechen gebildet ist. Bevorzugt sind die Bleche derart ausgebildet, dass das Flussleitelement über seine gesamte radiale Erstreckung dieselbe axiale Tiefe aufweist. Hierdurch kann eine im Hinblick auf Materialkosten und Fertigung optimierte Ausgestaltung der Flussleitelemente gewährleistet werden.

Auch kann es vorteilhaft sein, die Erfindung dahingehend weiterzuentwickeln, dass die Magnetelemente als Permanentmagnete ausgebildet sind, und mit Vorteil aus einer Mehrzahl elektrisch gegeneinander isolierter Einzelmagnete gebildet sind und insbesondere über die gesamte radiale Erstreckung dieselbe axiale Tiefe aufweisen. Durch diese Ausgestaltung der Magnetelemente können standardisierte Gleichteile Verwendung finden und eine einfache Montage gewährleistet werden.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des Trägers weist dieser eine kreisringförmig ausgebildete Trägernabe, eine kreisringförmig ausgebildete Trägerscheibe sowie einen den Träger radial nach außen begrenzenden Trägeraußenring auf. Dabei ist zwischen der Trägernabe und dem Trägeraußenring ein ringtopfartiger Aufnahmebereich mit einem durch die Trägerscheibe gebildeten Topfboden zur Aufnahme der Magnetelemente, der Flussleitelemente und der Flussverteilerelemente gebildet. Hierdurch wird erreicht, dass ein einfach zu bestückender Rotorträger mit hoher mechanischer Festigkeit bereitgestellt ist.

Schließlich kann die Erfindung auch in vorteilhafter Weise dahingehend ausgeführt sein, dass die Trägernabe auf ihrer radialen Ringaußenfläche und/oder der Trägeraußenring auf seiner radialen Ringinnenfläche eine polygone Querschnittsform (Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse) aufweist/aufweisen. Dies gewährleistet zum einen eine Montagehilfe beim Bestücken des Rotorträgers und stellt zum anderen eine hohe Festigkeit des gesamten Rotors bezüglich wirkender Drehmomente sicher.

Darüber hinaus wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäß aufgebauten Rotors, umfassend die Verfahrensschritte: Bereitstellen eines Trägers, Bereitstellen von Magnetelementen und Einbringen der Magnetelemente an oder auf oder in den Träger; Bereitstellen von Flussleitelementen und Einbringen der Flussleitelemente an oder auf oder in den Träger; sowie Bereitstellen von Flussverteilerelementen und Einbringen der Flussverteilerelemente an oder auf oder in den Träger. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden in einem weiteren Verfahrensschritt die an

oder auf oder in dem Träger angeordneten Elemente durch ein umfängliches Fassringband gesichert.

Ferner wird die Aufgabe der Erfindung durch eine Axialflussmaschine mit einem
5 Stator und einem gemäß der Erfindung ausgebildeten Rotor gelöst.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Figuren ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens näher erläutert werden.

10

Es zeigen:

Figur 1 eine Axialflussmaschine gemäß dem Stand der Technik in schematischer Darstellung in einer Perspektivansicht,

15

Figur 2 den erfindungsgemäßen Rotor in einer möglichen Ausführungsform in unterschiedlichen Ansichten - oben links in einer Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie A-A der oben rechts dargestellten Perspektivansicht und unten eine Perspektivansicht des Rotors, wobei
20 dieser nur teilweise mit Magnetelementen, Flussleitelementen und Flussverteilerelementen bestückt ist,

20

Figur 3 den erfindungsgemäßen Rotor in einer zweiten möglichen Ausführungsform in unterschiedlichen Ansichten - oben in einer Perspektivansicht und unten in einer Perspektivansicht, wobei der
25 Rotor nur teilweise mit Magnetelementen, Flussleitelementen und Flussverteilerelementen bestückt ist, und

25

Figur 4 den erfindungsgemäßen Rotor in einer dritten möglichen Ausführungsform in unterschiedlichen Ansichten - oben in einer Perspektivansicht und unten in einer Perspektivansicht, wobei der
30

30

Rotor nur teilweise mit Magnetelementen, Flussleitelementen und Flussverteilerelementen bestückt ist.

Figur 1 zeigt eine Axialflussmaschine 2 gemäß dem Stand der Technik in schematischer Darstellung in einer Perspektivansicht. Die dargestellte Axialflussmaschine 2 umfasst einen zentralen Stator 10 sowie zwei beidseitig über jeweils einen Luftspalt beabstandete Rotoren 1.

Figur 2 zeigt den erfindungsgemäß aufgebauten Rotor 1 in einer möglichen Ausführungsform in unterschiedlichen Ansichten. Oben links ist der Rotor 1 in einer Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie A-A der oben rechts dargestellten Perspektivansicht des vollständig bestückten Rotors 1 gezeigt. Unten ist der Rotor 1 in einer weiteren Perspektivansicht dargestellt, wobei er nur teilweise mit Magnetelementen 4, Flussleitelementen 5 und Flussverteilerelementen 6 bestückt ist.

Der Rotor 1 ist in allen dargestellten Ausführungsformen ausgebildet für eine elektrische, motorisch und/oder generatorisch betreibbare Axialfluss-Maschine 2 und umfasst einen Träger 3, eine Vielzahl von in einer topfartig ausgebildeten Aufnahme des Trägers 3 angeordneten und sich radial von innen nach außen erstreckenden Magnetelementen 4 sowie eine Vielzahl von in der Aufnahme des Trägers 3 angeordneten, umfänglich zwischen den Magnetelementen 4 angeordneten und den Magnetfluss leitenden Flussleitelementen 5. Ferner ist zwischen jedem der Magnetelemente 4 und einem in Umfangsrichtung benachbart dazu angeordneten Flussleitelement 5 jeweils ein den Magnetfluss räumlich und insbesondere in radialer Richtung verteilendes Flussverteilerelement 6 angeordnet.

In der Schnittdarstellung oben links in Figur 2 ist gut der Aufbau des Trägers 3 mit seiner topfartigen Aufnahme zur Aufnahme der Magnetelemente 4, der Flussleitelemente 5 und der Flussverteilerelemente 6 zu erkennen. Der Träger 3 umfasst im Wesentlichen eine zentral angeordnete Trägernabe 7, einen umfänglich angeordneten Trägersaußenring 9 sowie eine zwischen der Trägernabe 7 und dem Trägersaußenring 9 ausgebildete, den Topfboden des Trägers 3 bildende

- Trägerscheibe 8. Auch ist gezeigt, dass die Flussleitelemente 5 als Blechpaket ausgebildet sind, wobei die Bleche des Blechpakets über ihre gesamte radiale Erstreckung die gleiche Tiefe (Breite in axialer Richtung) aufweisen. In der unteren Darstellung der Figur 2 ist darüber hinaus gut erkennbar dass jedes der im
- 5 Wesentlichen stabförmig ausgebildeten und sich von radial innen nach radial außen erstreckenden Magnetelemente 4 (als Einzelstab oder aufgebaut aus einer Mehrzahl gleichartiger Einzelmagnete) umfänglich beidseitig mit einem Flussverteilerelement 6 in magnetisch leitendem Kontakt stehend angeordnet ist.
- 10 Dabei sind die Flussverteilerelemente 6 in ihrem Querschnitt (in einer Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse bzw. in der Draufsicht auf die dem Stator 10 zugekehrte Seite des Rotors 1 gesehen) im Wesentlichen dreieckig ausgebildet, wobei die spitzwinklig ausgebildeten Ecken abgeschnitten sind und eine vorbestimmte Dicke aufweisen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Form
- 15 des Dreiecks die eines stumpfwinkligen und bevorzugt gleichschenkelig ausgebildeten Dreiecks. Die Flussverteilerelemente 6 liegen im Umfangsrichtung gesehen mit ihrer langen Grundseite g über die gesamte radiale Erstreckung des zugehörigen Magnetelements 4 an diesem vollflächig an. Mit ihrer durch die beiden verbleibenden Schenkelseiten b, c ausgebildeten Dreiecksspitze ragen die
- 20 Flussverteilerelemente 6, vom zentral zwischen ihnen angeordneten Magnetelement 4 in umfänglich entgegengesetzte Richtungen wegweisend, in das benachbarte Blechpaket des jeweils benachbarten Flussleitelements 5 hinein. Die Flussverteilerelemente 6, die ein Flussleitelement 5 zwischen sich einschließen, sind in der dargestellten Ausführungsform derart ausgebildet und angeordnet, dass
- 25 die Bleche des Blechpakets eines Flussleitelements 5 von radial innen bis zur Spitze des Dreiecks der Flussverteilerelemente 6 eine sich tangential zur Umfangsrichtung erstreckende gleiche Breite aufweisen. Die ab der Dreiecksspitze weiter radial nach Außen angeordneten Bleche werden immer breiter.
- 30 In einer nicht dargestellten Weiterbildung dieser Ausführungsform können die Flussverteilerelemente 6 derart ausgebildet sein, dass der von der Dreiecksspitze radial nach Außen weisende Schenkel des Dreiecks abgestuft ausgebildet ist bzw. durch eine Art Treppenabschnitt mit mindestens einer Stufe ersetzt wird. Hierdurch

kann die Anzahl von Blechen mit unterschiedlicher Breite, im Vergleich zur Ausführung ohne Stufen, weiter reduziert werden.

Figur 3 zeigt den erfindungsgemäßen Rotor 1 in einer zweiten möglichen Ausführungsform in unterschiedlichen Ansichten. In der Ansicht oben ist der Rotor 1 vollständig bestückt in einer Perspektivansicht dargestellt. In der Ansicht unten ist der Rotor 1 ebenfalls in einer Perspektivansicht gezeigt, wobei der Rotor 1 hier nur teilweise mit Magnelementen, Flussleitelementen und Flussverteilerelementen bestückt ist.

Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Figur 2 sind die zwischen den Magnelementen 4 und den Flussleitelementen 5 angeordneten Flussverteilerelemente 6 in Form von im Querschnitt gesehen spitzwinkligen Dreiecken ausgebildet, wobei die spitzwinklig ausgebildeten Ecken abgeschnitten sind und eine vorbestimmte Dicke aufweisen. Die Dreiecksform kann die eines spitzwinkligen insbesondere gleichschenkligen Dreiecks (mit abgeschnittenen spitzwinkligen Dreiecksspitzen) sein, wobei die Flussverteilerelemente 6 mit ihrer kurzen Grundseite g von innen gegen den Trägersaußenring 9 anliegen und sich mit ihrer spitzwinklig ausgebildeten durch die beiden verbleibenden Schenkelseiten b, c gebildeten Dreiecksspitze radial nach innen erstrecken und gegen ein benachbartes Magnelement 4 bzw. ein benachbartes Flussleitelement 5 anliegen. Gemäß der dargestellten Ausführungsform sind die Flussleitelemente 5 mit ihren Blechpaketen sowohl in ihrer Breite in „Umfangsrichtung“ (bzw. in ihrer tangential zur Umfangsrichtung sich erstreckenden Breite) über ihre gesamte radiale Erstreckung konstant ausgebildet als auch in ihrer axialen Tiefe (bzw. Breite in axialer Richtung).

Figur 4 zeigt den erfindungsgemäßen Rotor 1, analog zu den Darstellungen in den Figuren 2 und 3, in einer dritten möglichen Ausführungsform in unterschiedlichen Ansichten. In der oberen Darstellung ist der Rotor 1 wieder in einer Perspektivansicht vollständig bestückt dargestellt, während er in der Darstellung unten in einer Perspektivansicht nur teilweise mit Magnelementen 4, Flussleitelementen 5 und Flussverteilerelementen 6 bestückt ist.

Im Unterschied zu den Ausführungsformen gemäß Figur 2 und Figur 3 weisen die zwischen den Magnelementen 4 und den Flussleitelementen 5 angeordneten

Flussverteilerelemente 6 eine rechteckige Querschnittform auf. Gemäß der dargestellten Ausführungsform weisen die Bleche der Blechpakete der Flussleitelemente 5 eine in radialer Richtung von innen nach außen größer werdende Breite auf, während sie in ihrer axialen Tiefe konstant bzw. mit gleicher

5 Breite in axialer Richtung ausgebildet sind.

Allen Ausführungsformen der Figuren 2-4 ist ferner gemein, dass die Trägernabe 7 auf ihrer radialen Ringaußenfläche und/oder der Trägersaußenring 9 auf seiner radialen Ringinnenfläche eine polygone Querschnittsform aufweist/aufweisen.

10

Die Erfindung ist nicht auf die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Die vorstehende Beschreibung ist daher nicht als beschränkend, sondern als erläuternd anzusehen. Die nachfolgenden Patentansprüche sind so zu verstehen, dass ein genanntes Merkmal in zumindest einer Ausführungsform der

15 Erfindung vorhanden ist. Dies schließt die Anwesenheit weiterer Merkmale nicht aus. Sofern die Patentansprüche und die vorstehende Beschreibung 'erste' und 'zweite' Merkmal definieren, so dient diese Bezeichnung der Unterscheidung zweier gleichartiger Merkmale, ohne eine Rangfolge festzulegen.

Bezugszeichenliste

- 1 Rotor
- 2 Axialfluss-Maschine
- 5 3 Träger
- 4 Magnetelement
- 5 Flussleitelement
- 6 Flussverteilerelement
- 7 Trägernabe
- 10 8 Trägerscheibe
- 9 Trägeraußenring

- g Grundseite Dreieck (des im Querschnitt dreieckig ausgebildeten Flussverteilerelements)
- 15 a, b Schenkelseite Dreieck (des im Querschnitt dreieckig ausgebildeten Flussverteilerelements)
- X Rotordrehachse

Patentansprüche

1. Rotor (1) für eine elektrische, motorisch und/oder generatorisch betreibbare Axialfluss-Maschine (2), umfassend
 - 5 - einen Träger (3),
 - eine Vielzahl von an, auf oder in dem Träger (3) angeordneten, sich im Wesentlichen radial von innen nach außen erstreckenden Magnelementen (4), wobei die Magnelemente (4) in Umfangsrichtung magnetisiert ausgebildet und einzeln oder in Gruppen umfänglich mit entgegengesetzter
 - 10 Magnetisierungsrichtung abwechselnd aufeinanderfolgend angeordnet sind,
 - und eine Vielzahl von an, auf oder in dem Träger (3) angeordneten, umfänglich zwischen den Magnelementen (4) angeordneten, den Magnetfluss leitenden Flussleitelementen (5),
 - dadurch gekennzeichnet, dass**
 - 15 zwischen zumindest einem der Magnelemente (4) und einem zu diesem in Umfangsrichtung benachbart angeordneten Flussleitelement (5) ein den Magnetfluss verteilendes Flussverteilerelement (6) mit weichmagnetischem Verbundmaterial angeordnet ist.
- 20 2. Rotor (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das beziehungsweise jedes Flussleitverteilerelement (6) in einer Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse gesehen einen dreieckigen Querschnitt aufweist, wobei das Dreieck mit seiner Grundseite (g) jeweils an einem benachbarten
- 25 Magnelement (4) anliegt und wobei es mit den beiden verbleibenden Schenkelseiten (b, c) mit dem benachbart angeordneten Flussleitelement (5) in Kontakt ist.
3. Rotor (1) nach Anspruch 1,
30 dadurch gekennzeichnet, dass
das beziehungsweise jedes Flussleitverteilerelement (6) in einer Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse (X) gesehen einen dreieckigen Querschnitt aufweist, wobei das Dreieck mit seiner kurzen Grundseite (g) an einem

Trägeraußenring (9) des Trägers (3) anliegt, wobei es mit der einen verbleibenden Schenkelseite (b) an einem Magnelement (4) anliegt und wobei es mit der anderen verbleibenden Schenkelseite (c) am benachbart angeordneten Flussleitelement (5) anliegt.

5

4. Rotor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das beziehungsweise jede, Flussleitverteilelement (6) in einer Schnittebene senkrecht zur Rotordrehachse (X) gesehen einen rechteckigen Querschnitt aufweist.

10

5. Rotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das beziehungsweise jedes Flussverteilerelement (6) über die gesamte radiale Erstreckung dieselbe axiale Tiefe aufweist.

15

6. Rotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Flussverteilerelemente (6) aus weichmagnetischem Verbundmaterial oder aus Ferritmaterial gebildet ist.

20

7. Rotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Flussleitelemente (5) in Form von laminierten Blechen ausgebildet ist, insbesondere aus Elektroblech gebildet ist, und mit Vorteil über die gesamte radiale Erstreckung dieselbe axiale Tiefe aufweist.

25

8. Rotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnelemente (4) als Permanentmagnete ausgebildet sind, und mit Vorteil aus einer Mehrzahl elektrisch gegeneinander isolierter Einzelmagnete gebildet sind und insbesondere über die gesamte radiale Erstreckung dieselbe axiale Tiefe aufweisen.

30

9. Rotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (3) eine kreisringförmig ausgebildete Trägernabe (7), eine
kreisringförmig ausgebildete Trägerscheibe (8) sowie einen den Träger (3) radial
nach außen begrenzenden Trägersaußenring (9) aufweist, wobei zwischen der
Trägernabe (7) und dem Trägersaußenring (9) ein ringtopfartiger
Aufnahmebereich mit einem durch die Trägerscheibe (8) gebildeten Topfboden
zur Aufnahme der Magnetelemente (4), der Flussleitelemente (5) und der
Flussverteilerelemente (6) gebildet ist.

10. Rotor (1) nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Trägernabe (7) auf ihrer radialen Ringaußenfläche und/oder der
Trägersaußenring (9) auf seiner radialen Ringinnenfläche eine polygone
Querschnittsform aufweist/aufweisen.

11. Verfahren zur Herstellung eines Rotors (1) nach einem der vorstehenden
Ansprüche,
umfassen die folgenden Verfahrensschritte:
- Bereitstellen eines Trägers (3),
- Bereitstellen von Magnetelementen (4) und Einbringen der Magnetelemente
(4) an, auf oder in den Träger (3),
- Bereitstellen von Flussleitelementen (5) und Einbringen der Flussleitelemente
(5) an, auf oder in den Träger (3),
- Bereitstellen von Flussverteilerelementen (6) und Einbringen der
Flussverteilerelemente (6) an, auf oder in den Träger (3).

12. Axialflussmaschine (2),
dadurch gekennzeichnet, dass
die Axialflussmaschine (2) Stator (10) sowie einen gemäß einem der
vorstehenden Ansprüche 1-10 ausgebildeten Rotor (1) aufweist.

1/4

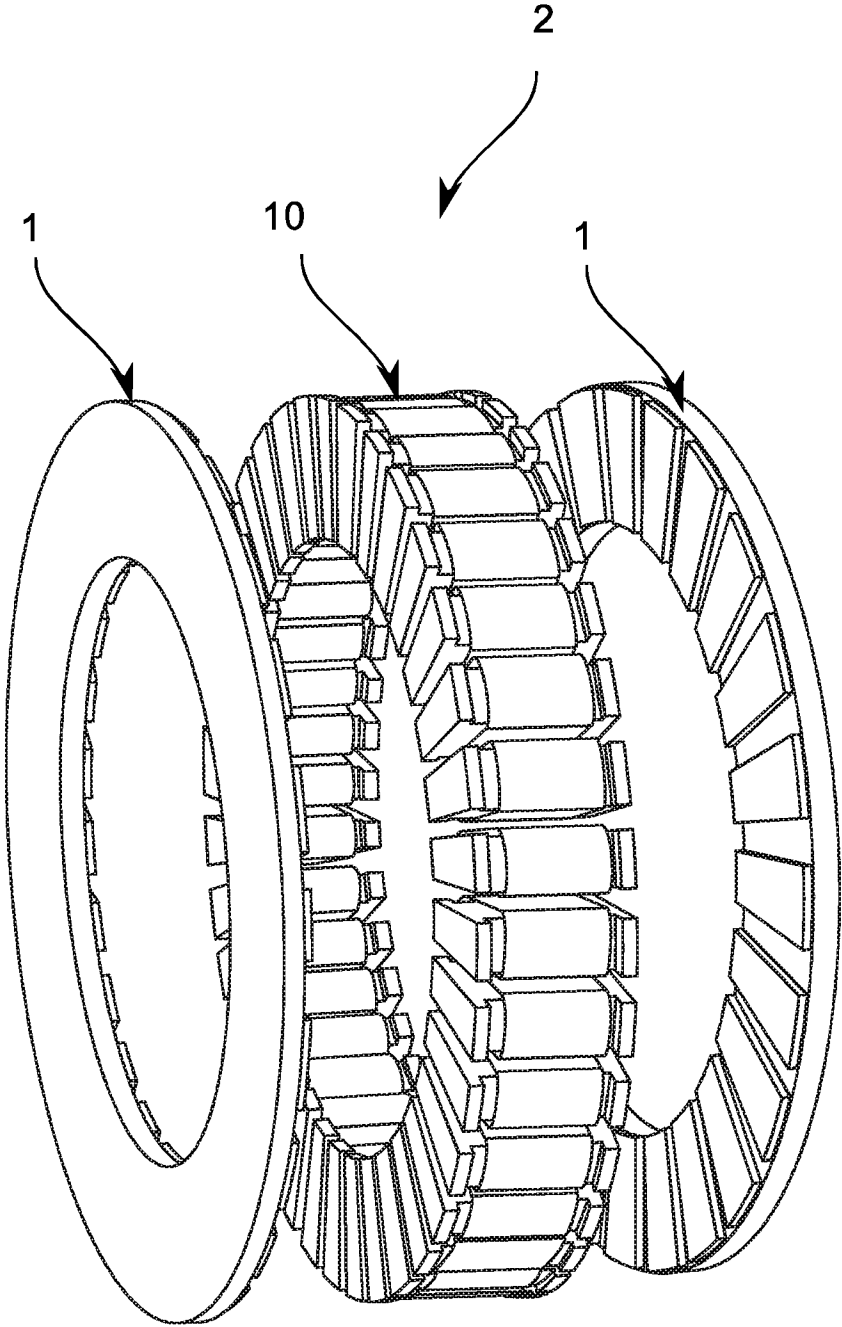


Fig. 1

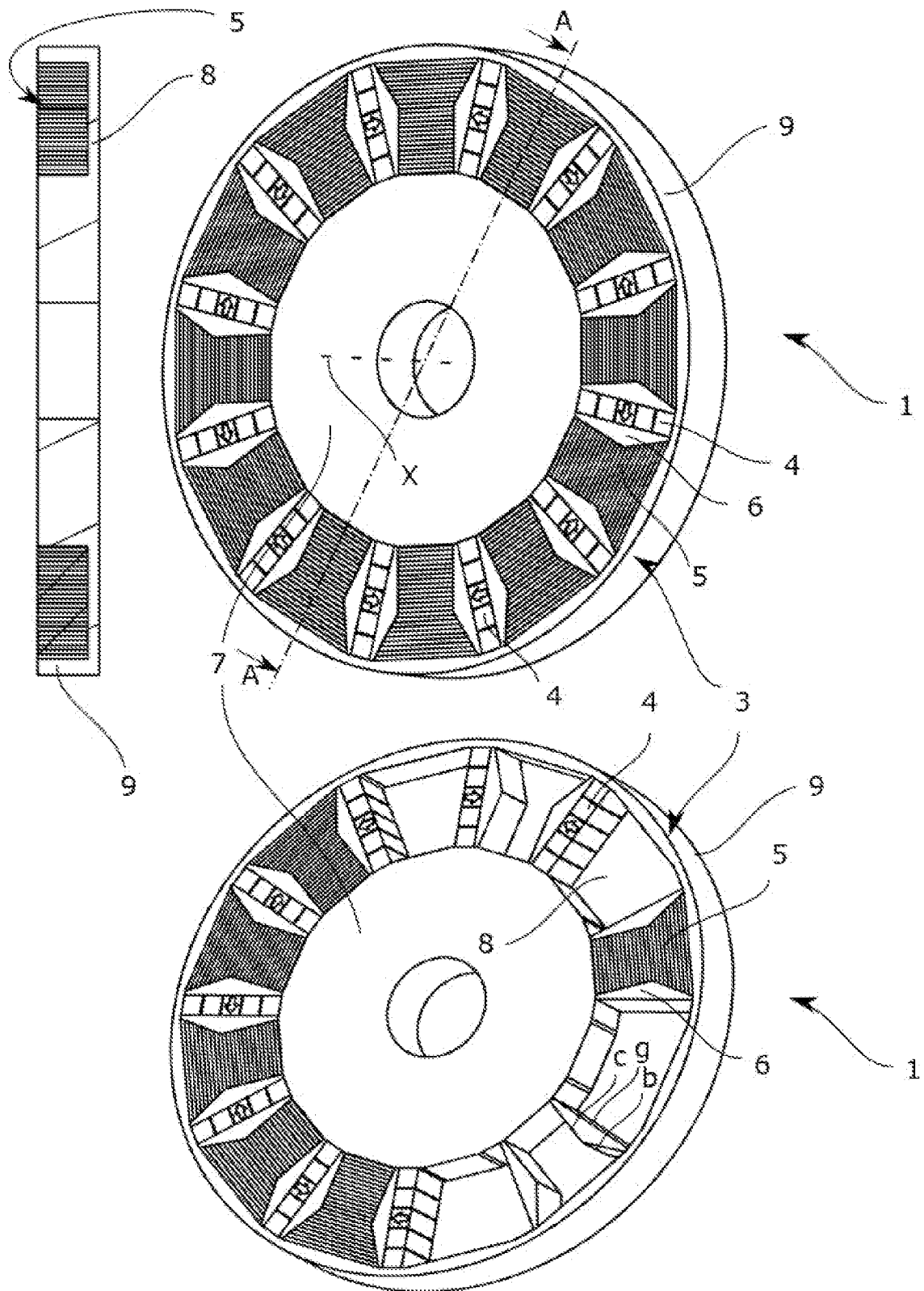


Fig. 2

3/4

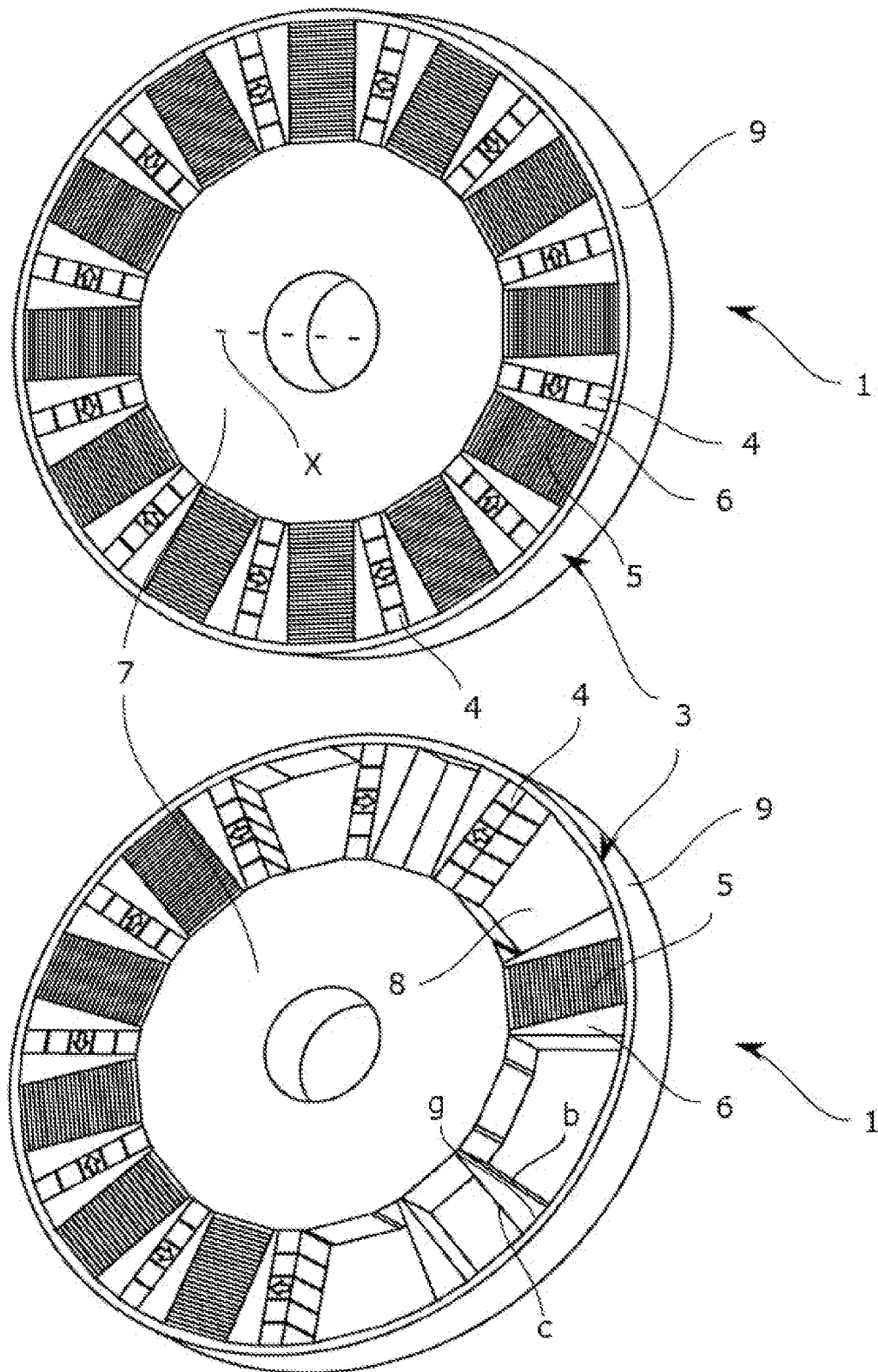


Fig. 3

4/4

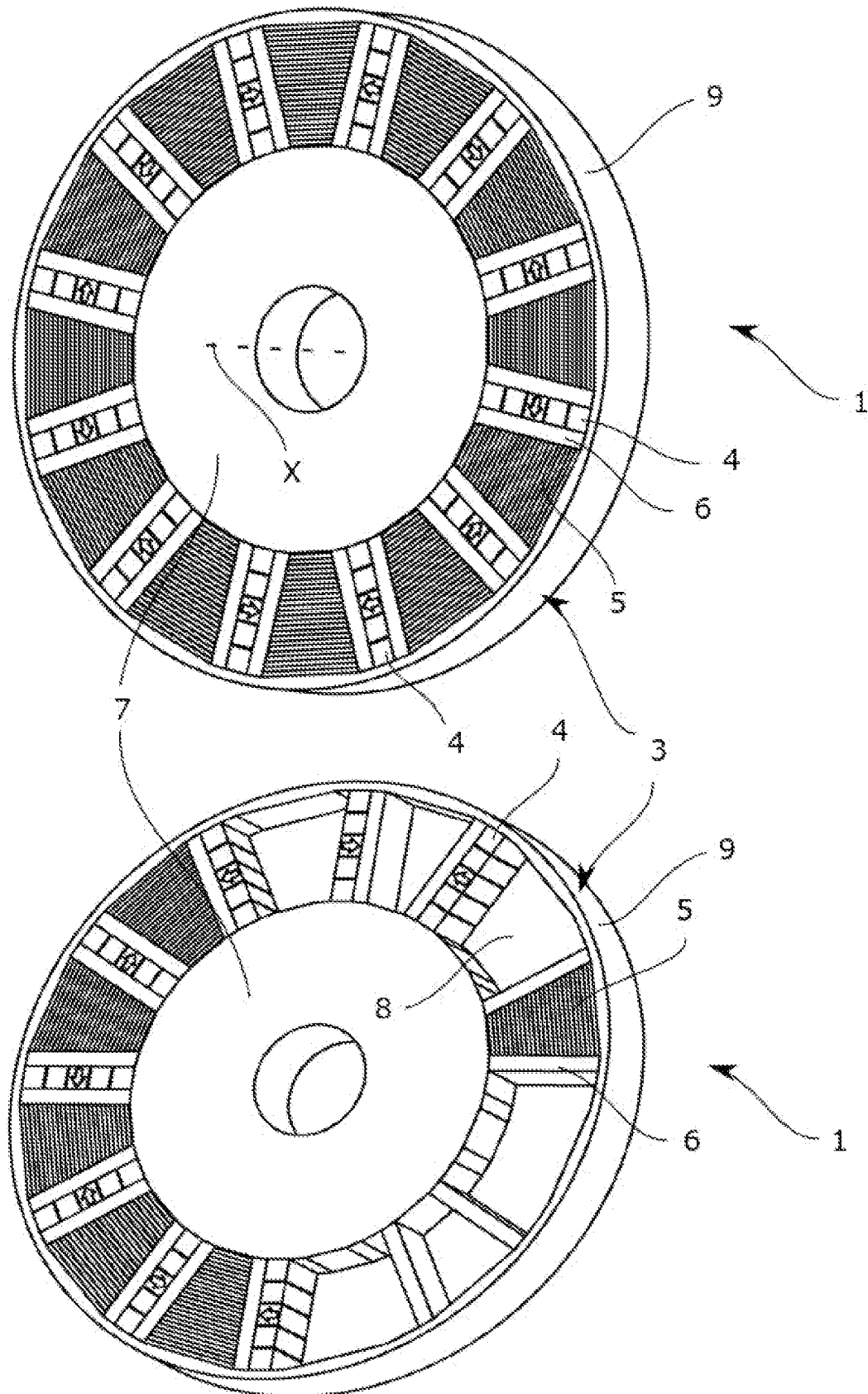


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2021/100188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/02**(2006.01)i; **H02K 1/27**(2006.01)i; **H02K 15/03**(2006.01)i; **H02K 21/24**(2006.01)i

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.
Y A	US 2005194855 A1 (HASEBE MASAHIRO [JP] ET AL) 08 September 2005 (2005-09-08) paragraph 109; figures 4,7,12	1,4-8,10-12 2,3
Y A	WO 2019110173 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 June 2019 (2019-06-13) page 7, lines 14-23, 31-37; page 8, lines 1-10; figure 2	1,4-12 2,3
Y	WO 2010061200 A2 (CUMMINS GENERATOR TECHNOLOGIES [GB]; ODVARKA ERIK [US] ET AL.) 03 June 2010 (2010-06-03) figures 23,24	1,4-12



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

26 May 2021

Date of mailing of the international search report

07 June 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Jabri, Tarak

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2021/100188

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2005194855	A1	08 September 2005	DE	102005009523	A1	06 October 2005
				US	2005194855	A1	08 September 2005
WO	2019110173	A1	13 June 2019	DE	102017222056	A1	06 June 2019
				WO	2019110173	A1	13 June 2019
WO	2010061200	A2	03 June 2010	CN	102301571	A	28 December 2011
				EP	2351195	A2	03 August 2011
				US	2011260566	A1	27 October 2011
				WO	2010061200	A2	03 June 2010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K1/02 H02K1/27 H02K15/03 H02K21/24 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		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y A	US 2005/194855 A1 (HASEBE MASAHIRO [JP] ET AL) 8. September 2005 (2005-09-08) Paragraph 109; Abbildungen 4,7,12	1,4-8, 10-12 2,3
Y A	WO 2019/110173 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13. Juni 2019 (2019-06-13) Seite 7, Zeilen 14-23, 31-37 Seite 8, Zeilen 1-10; Abbildung 2	1,4-12 2,3
Y	WO 2010/061200 A2 (CUMMINS GENERATOR TECHNOLOGIES [GB]; ODVARKA ERIK [US] ET AL.) 3. Juni 2010 (2010-06-03) Abbildungen 23,24	1,4-12
☐ 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
26. Mai 2021		07/06/2021
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/DE2021/100188

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005194855 A1	08-09-2005	DE 102005009523 A1	06-10-2005
		US 2005194855 A1	08-09-2005

WO 2019110173 A1	13-06-2019	DE 102017222056 A1	06-06-2019
		WO 2019110173 A1	13-06-2019

WO 2010061200 A2	03-06-2010	CN 102301571 A	28-12-2011
		EP 2351195 A2	03-08-2011
		US 2011260566 A1	27-10-2011
		WO 2010061200 A2	03-06-2010
