

(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
10. September 2020 (10.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/177964 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 1/27 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/052797

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Februar 2020 (05.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 105 570.9
05. März 2019 (05.03.2019) DE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) Erfinder: BORCHARDT, Norman; Mittenheimer Straße
22, 85764 Oberschleißheim (DE).

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

(54) Title: ROTOR FOR A PERMANENTLY ENERGISED ELECTRICAL MACHINE, WITH A SUPPORT STRUCTURE

(54) Bezeichnung: ROTOR FÜR EINE PERMANENTERREGTE ELEKTRISCHE MASCHINE MIT STÜTZSTRUKTUR

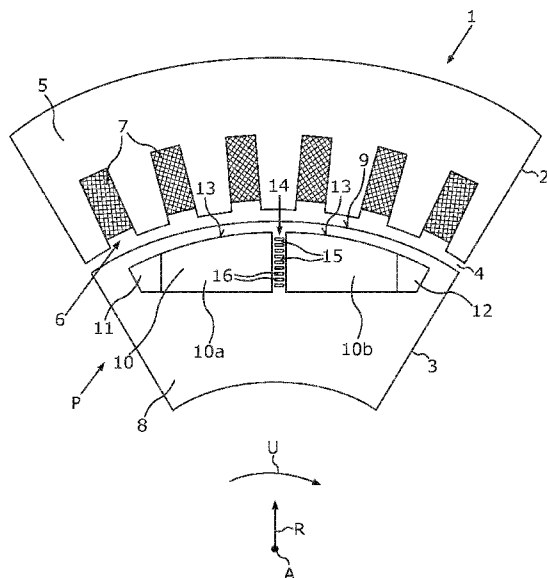


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a rotor (3) for a permanently energised electrical machine (1) comprising: at least two rotor poles (P) arranged next to one another in the circumferential direction (U); a rotor iron core (8); and a permanent magnet assembly embedded in the rotor iron core (8), for generating a magnetic air-gap flux density, the assembly having at least one permanent magnet (10) per rotor pole (P) and said permanent magnet being divided into at least two permanent magnet parts (10a, 10b), wherein a crosspiece (14) is arranged between the at least two permanent magnet parts (10a, 10b) of a permanent magnet (10), which crosspiece separates two hollow spaces (11, 12) for receiving the permanent magnet parts (10a, 10b) and has magnetically conductive support sections (15) for increasing a mechanical stiffness of the rotor iron core (8) and for discharging external magnetic fluxes in the event of an active short circuit introduced into the electrical machine (1), and magnetically insulating flux-blocking sections (16) for reducing magnetic leakage fluxes. The invention also relates to an electrical machine and to a motor vehicle.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor (3) für eine permanentterregte elektrische Maschine (1) mit zumindest zwei, in Umfangsrichtung (U) benachbart angeordneten Rotorpolen (P), aufweisend - ein Rotoreisen (8), - eine in das Rotoreisen (8) eingebettete Permanentmagnetanordnung zur Erzeugung einer magnetischen Luftspaltflussdichte, welche pro Rotorpol (P) zumindest einen, in zumindest zwei Permanentmagnetteile (10a, 10b) geteilten Permanentmagneten (10) aufweist, wobei zwischen den zumindest zwei Permanentmagnetteilen (10a, 10b) eines Permanentmagneten (10) ein Steg (14) angeordnet ist, welcher zwei Hohlräume (11, 12) zum



WO 2020/177964 A1

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)

Aufnehmen der Permanentmagnetteile (10a, 10b) separiert und welcher magnetisch leitfähige Stützabschnitte (15) zur Erhöhung einer mechanischen Steifigkeit des Rotoreisens (8) und zur Ableitung äußerer magnetischer Flüsse im Falle eines in die elektrische Maschine (1) eingeleiteten aktiven Kurzschlusses und magnetisch isolierende Flussperrabschnitte (16) zur Reduzierung von magnetischen Streuflüssen aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem eine elektrische Maschine sowie ein Kraftfahrzeug.

Rotor für eine permanenterregte elektrische Maschine mit Stützstruktur

Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine permanenterregte elektrische Maschine mit zumindest zwei, in Umfangsrichtung benachbart angeordneten Rotorpolen. Der Rotor weist ein Rotoreisen sowie eine in das Rotoreisen eingebettete Permanentmagnetanordnung zur Erzeugung einer magnetischen Luftspaltflusssdichte in einem an die Außenseite des Rotoreisens angrenzenden Luftspalt der elektrischen Maschine auf. Die Permanentmagnetanordnung weist pro Rotorpol zumindest einen, in zwei Permanentmagnetteile geteilten Permanentmagneten auf. Die Erfindung betrifft außerdem eine permanenterregte elektrische Maschine sowie ein Kraftfahrzeug.

Vorliegend richtet sich das Interesse auf permanenterregte elektrische Maschinen für Kraftfahrzeuge. Solche Maschinen können beispielsweise als Antriebsmaschinen für elektrisch antreibbare Kraftfahrzeuge, also Elektro- oder Hybridfahrzeuge, eingesetzt werden. Permanenterregte elektrische Maschinen weisen einen ortsfest gelagerten Stator mit bestrombaren Statorwicklungen sowie einen bezüglich des Stators drehbar gelagerten Rotor mit einer Permanentmagnetanordnung auf. Die Permanentmagnetanordnung kann beispielsweise Oberflächenmagnete, welche an einer Außenseite eines Rotoreisens des Rotors angeordnet sind, oder eingebettete bzw. vergrabene Permanentmagnete, welche in Hohlräumen des Rotoreisens angeordnet sind, aufweisen.

Eine Abmessung, insbesondere eine Breite, von eingebetteten Permanentmagneten wird maßgeblich durch eine Stützwirkung des Rotoreisens bestimmt. Bei hochdrehenden Rotoren kann eine horizontale, tangential Anordnung der Permanentmagnete oft nicht gewählt werden, da die Steifigkeit des Rotoreisens nicht ausreichend ist, um die Permanentmagnete entsprechend zu stützen, wodurch es zum Bruch eines der Permanentmagnete kommen kann. Um dies zu verhindern, können die Permanentmagnete einerseits in einer V-Anordnung angeordnet werden. Dies hat jedoch zur Folge, dass bei gleichen Permanentmagnetabmessungen ein resultierendes Drehmoment, aufgrund einer geringeren magnetischen Flusssdichte im Luftspalt, geringer

ausfällt. Andererseits können die Permanentmagnete in Permanentmagnetteile geteilt und durch einen mit Luft gefüllten Hohlraum bzw. Luftsteg oder durch einen massiven Eisensteg aus Rotoreisenmaterial voneinander getrennt werden. Massive Eisenstege zwischen den Permanentmagnetteilen verursachen jedoch eine Zunahme von magnetischen Streuflüssen in dem Rotoreisenmaterial und somit eine Reduzierung des Drehmoments. Um diesen Drehmomentverlust auszugleichen, müssten die Permanentmagnete mit mehr Magnetmaterial ausgebildet werden, was höhere Kosten und ein höheres Massenträgheitsmoment zur Folge hat. Dadurch werden die Wirtschaftlichkeit und die dynamischen Eigenschaften, wie beispielsweise das Beschleunigungsvermögen, der elektrischen Maschine negativ beeinflusst. Luftstege zwischen den Permanentmagnetteilen führen zwar zu einer Reduzierung der magnetischen Streuflüsse, haben jedoch zur Folge, dass magnetische Flüsse bzw. Feldstärken im Falle eines in die elektrische Maschine eingeleiteten aktiven Kurzschlusses nur unzureichend abgeleitet werden können. Außerdem sorgen Luftstege für eine ungünstige Verteilung von mechanischen Spannungen im Rotoreisen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine besonders einfach realisierbare Lösung zur Bereitstellung eines streuflussarmen und gleichzeitig stabilen Rotors für eine permanenterregte elektrische Maschine bereitzustellen, welcher zudem magnetische Flüsse in Fall eines aktiven Kurzschlusses ableiten kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Rotor, eine permanenterregte elektrische Maschine sowie ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung sowie der Figur.

Ein erfindungsgemäßer Rotor für eine permanenterregte elektrische Maschine umfasst zumindest zwei, in Umfangsrichtung benachbart angeordnete magnetische Rotorpole. Der Rotor weist ein Rotoreisen sowie eine in das Rotoreisen eingebettete Permanentmagnetanordnung zur Erzeugung einer magnetischen Luftspaltflussdichte in einem an die Außenseite des Rotoreisens angrenzenden Luftspalt der elektrischen Maschine auf. Die Permanentmagnetanordnung weist pro Rotorpol zumindest einen, in zumindest zwei Permanentmagnetteile geteilten Permanentmagneten auf. Zwischen den zumindest zwei Permanentmagnetteilen eines Permanentmagneten ist ein Steg angeordnet, welcher zumindest zwei Hohlräume zum Aufnehmen der Permanentmagnetteile und damit die in den Hohlräumen angeordneten Permanentmagnetteile eines Permanentmagneten separiert. Der Steg weist magnetisch

leitfähige Stützabschnitte zur Erhöhung einer mechanischen Steifigkeit des Rotoreisens und zur Ableitung äußerer magnetischer Flüsse im Falle eines in die elektrische Maschine eingeleiteten aktiven Kurzschlusses auf. Außerdem weist der Steg magnetisch isolierende Flusssperrabschnitte zur Reduzierung von magnetischen Streuflüssen auf.

Die Erfindung betrifft außerdem eine permanenterregte elektrische Maschine mit einem Stator und einem bezüglich des Stators drehbar gelagerten erfindungsgemäßen Rotor, wobei zwischen dem Rotor und dem Stator ein Luftspalt ausgebildet ist. Der Luftspalt liegt also entlang einer radialen Richtung zwischen dem Rotor und dem Stator.

Die elektrische Maschine kann beispielsweise als Traktionsmaschine für ein elektrisch antreibbares Kraftfahrzeug verwendet werden. Die elektrische Maschine ist insbesondere eine Innenläufer-Maschine. Die elektrische Maschine weist den Stator auf, welcher ein Statoreisen bzw. Statorblechpaket mit in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Nuten aufweist. In den Nuten, welche dem Luftspalt zwischen Stator und Rotor zugewandt sind, sind bestrombare Statorwicklungen angeordnet. Im Falle der permanenterregten Innenläufer-Maschine ist das Statorblechpaket hohlzylinderförmig ausgebildet, wobei in einem durch das hohlzylinderförmige Statorblechpaket umschlossenen Innenraum der Rotor drehbar gelagert ist. Zwischen einer dem Innenraum zugewandten, die Nuten aufweisenden Innenseite des Stators und der Außenseite des Rotoreisens ist der Luftspalt ausgebildet.

Das Rotoreisen bzw. Rotorblechpaket ist insbesondere ebenfalls hohlzylinderförmig ausgebildet und weist eine der Rotationsachse zugewandte Innenseite und die dem Luftspalt zugewandte Außenseite auf. Die Innenseite umschließt eine sich axial entlang der Rotationsachse erstreckende Rotorwelle, welche drehfest mit dem Rotor verbunden ist. Der Rotor weist zumindest zwei magnetische Rotorpole auf, wobei jedem Rotorpol ein Sektor des Rotoreisens zugeordnet ist. Zwei benachbarte Rotorpole in Form von einem Südpol und einem Nordpol bilden ein Rotorpolpaar aus. Dabei ist in jedem Sektor zumindest ein Permanentmagnet angeordnet. Die Permanentmagnete der Rotorpole sind dabei geteilte und vergrabene bzw. eingebettete Permanentmagnete. Dazu ist in dem Rotoreisen für jeden Permanentmagnetteil eines Permanentmagneten ein Hohlraum ausgebildet, welcher sich axial durch das Rotoreisen hindurch erstreckt und in welchem der Permanentmagnetteil angeordnet ist. Dabei liegt in radialer Richtung zwischen einem jeweiligen Hohlraum und der dem Luftspalt zugewandten Außenseite des Rotoreisens und damit zwischen dem in dem Hohlraum angeordneten Permanentmagnetteil und dem Luftspalt Rotoreisenmaterial. Dieses Rotoreisenmaterial bildet jeweilige Brücken in

radialer Richtung über den Permanentmagnetteilen bzw. oberhalb der Permanentmagnetteile aus, welche sich entlang der Umfangsrichtung erstrecken. Über diese Brücken werden die magnetischen Flüsse der Permanentmagnetteile zwischen dem Luftspalt, den Permanentmagnetteilen und dem Stator geleitet und erzeugen im Luftspalt der elektrischen Maschine die Luftspaltflusssdichte.

In Umfangsrichtung zwischen zwei Permanentmagnetteilen eines magnetischen Rotorpols befindet sich jeweils ein Steg, welcher die zwei Hohlräume der Permanentmagnetteile voneinander separiert und welcher sich im Wesentlichen in radialer Richtung erstreckt. Eine Breite des Stegs in Umfangsrichtung ist insbesondere deutlich geringer als eine Breite der Permanentmagnetteile. Eine Länge des Stegs in radialer Richtung entspricht dabei insbesondere einer radialen Höhe der an den Steg angrenzenden Hohlräume. Dieser Steg ist zum einen dazu vorgesehen, die mechanische Steifigkeit der permanenterregten elektrischen Maschine bei elastischen Verformungen, welche insbesondere bei hohen Drehzahlen der elektrischen Maschine auftreten, zu gewährleisten und äußere magnetische Flüsse bzw. magnetische Feldstärken bei einem aktiven Kurzschluss (AKS) abzuleiten.

Ein aktiver Kurzschluss kann zum Vermeiden von Schäden bei zu hohen elektrischen Spannungen an der elektrischen Maschine und somit zum Bereitstellen eines sicheren Betriebsmodus für die elektrische Maschine gezielt herbeigeführt werden. Beispielsweise können Anschlussleitungen durch einen der elektrischen Maschine vorgeschalteten Wechselrichter zum Durchführen des aktiven Kurzschlusses kurzgeschlossen werden. Bei einem solchen aktiven Kurzschluss werden jedoch magnetische Flüsse bzw. Feldstärken von der Statorwicklung in das Rotoreisen eingeleitet, welche die Permanentmagnetteile durchdringen und damit entmagnetisieren könnten. Um diese magnetischen Feldstärken an den Permanentmagnetteilen vorbei zu leiten und damit abzuleiten, weist der Steg eine Stützstruktur aus den magnetisch leitfähigen Stützabschnitten auf, welche zudem eine Stabilität des Rotoreisens erhöht. Diese Stützstruktur lässt also in vorteilhafter Weise größere elastische Verformungen bei hohen Drehzahlen des Rotors unter Last zu, sodass insbesondere großvolumige Permanentmagnetteile verwendet werden können. Außerdem ergibt sich durch eine solche Stützstruktur ein Gestaltungsfreiraum hinsichtlich der Anordnungsmöglichkeiten der Permanentmagnetteile im Blechpaket, was eine gezielte Optimierung, beispielsweise hinsichtlich Abmessungen und Formen der Permanentmagnetteile, ermöglicht.

Zum anderen ist der Steg dafür vorgesehen, magnetische Streuflüsse, welche insbesondere an Rändern der Permanentmagnetteile entstehen, zu verringern. Magnetische Streuflüsse können eine nutzdrehmomentbildende, sinusförmige Grundharmonische der Luftspaltflussdichte durch harmonische Oberwellen überlagern, welche verantwortlich sind für eine zusätzliche Verlustleistung in dem Rotoreisen und damit für eine zusätzliche Erwärmung der elektrischen Maschine. Außerdem verursachen die harmonischen Oberwellen zusätzliche Welligkeiten bzw. Ungleichförmigkeiten im Drehmoment. Zum Reduzieren der magnetischen Streuflüsse weist der Steg eine magnetische Flussperrstruktur aus den magnetisch isolierenden Flussperrabschnitten auf. Die magnetischen Flussperrabschnitte weisen eine im Vergleich zu den magnetisch leitfähigen Stützabschnitten deutlich größere Reluktanz bzw. einen deutlich größeren magnetischen Widerstand auf. Vorzugsweise sind die magnetischen Flussperrabschnitte zusätzlich auch elektrisch isolierend ausgebildet. Die magnetischen Flussperrabschnitte wirken dabei als Barrieren für den magnetischen Streufluss. Durch die magnetischen Flussperrabschnitte können die magnetischen Streuflüsse gezielt gesteuert werden, was zur Folge hat, dass gegenüber einer Struktur mit einem massiven Eisensteg eine Drehmomentausbeute verbessert wird und Drehmomentwelligkeiten reduziert werden.

Die mechanische Stützstruktur und die magnetische Flussperrstruktur, aus welchen der Steg besteht, bilden somit eine elektromagnetisch-mechanische Struktur in dem Rotoreisen, durch welche in vorteilhafter Weise sowohl ein mechanischer Kraftfluss als auch ein elektromagnetischer Fluss zum Bereitstellen einer verlustarmen und stabilen elektrischen Maschine gezielt gesteuert werden kann.

Insbesondere sind die Permanentmagnetteile tangential bezüglich einer Rotationsachse des Rotors orientiert und horizontal nebeneinander angeordnet. Eine Magnetlängsachse der Permanentmagnetteile ist also tangential zur Rotationsachse und tangential zur Außenseite des Rotoreisens orientiert. Eine Magnetisierungsrichtung der Permanentmagnetteile ist insbesondere senkrecht zur Magnetlängsachse orientiert. Dabei sind die Permanentmagnetteile horizontal nebeneinander liegend, mit einem Winkel von 180° , angeordnet. Der sich in radialer Richtung erstreckende Steg weist dadurch über seine radiale Länge insbesondere eine konstante Breite auf. Diese horizontale Anordnung der Permanentmagnetteile, welche insbesondere bei hohen Drehzahlen der elektrischen Maschine eine hohe mechanische Stabilität des Rotoreisens erfordert, ist aufgrund der eine Stützwirkung des Rotoreisens verbessernden Stützstruktur des Stegs möglich. Eine solche horizontale Anordnung der Permanentmagnetteile resultiert im Vergleich zu einer V-Anordnung mit einem Winkel von kleiner 180° in einer

höheren magnetischen Luftspaltflussdichte im Luftspalt und damit in einem höheren Drehmoment.

Es erweist sich als vorteilhaft, wenn Oberflächen der Permanentmagnetteile, welche der Außenseite des Rotoreisens zugewandt sind, konvex gewölbt sind und die Hohlräume eine zu der konvex gewölbten Oberfläche korrespondierende konkav gewölbte Innenseite aufweisen. Die konkave Oberfläche der Permanentmagnetteile ist beispielsweise anliegend an der konkaven Innenseite des Hohlraums angeordnet. Durch die konkave Innenseite des Hohlraums, welche sich insbesondere parallel zu der Außenseite des Rotoreisens erstreckt, werden die Brücken zwischen den Hohlräumen und der Außenseite des Rotoreisens bogenförmig ausgebildet und weisen in Umfangsrichtung eine konstante radiale Dicke auf. Durch diese Form der Permanentmagnete kann die erwünschte Sinusform der Grundharmonischen des magnetischen Luftspaltflussdichteverlaufs in vorteilhafter Weise begünstigt werden.

Besonders bevorzugt sind die magnetischen Flussperrabschnitte als Kavitäten in dem Rotoreisen ausgebildet und die Stützabschnitte sind als an die Kavitäten angrenzendes Rotoreisenmaterial ausgebildet. Die magnetisch isolierende Flussperrstruktur ist also als eine Kavitätenstruktur ausgebildet. Die Stegabschnitte aus Rotoreisenmaterial bilden dabei die Stützstruktur aus, welche bei dem aktiven Kurzschluss die äußeren magnetischen Feldstärken an den Permanentmagnetteilen teilweise vorbeileitet. Der Steg ist also durch die Kavitäten bereichsweise als ein Luftsteg und durch die Abschnitte aus Rotoreisenmaterial bereichsweise als ein massiver Eisensteg ausgebildet. Es werden also die Vorteile des massiven Eisenstegs, welcher die mechanische Steifigkeit erhöht und äußere magnetische Flüsse bei einem AKS ableitet, und des Luftstegs, welcher magnetische Streuflüsse im Rotoreisen reduziert, kombiniert. Außerdem können als Kavitäten ausgebildete magnetische Flussperrabschnitte besonders einfach in dem Rotoreisen hergestellt werden. Diese Kavitäten sorgen darüber hinaus für eine günstige Verteilung von mechanischen Spannungen im Rotoreisen und verringern ein Volumen sowie ein Gewicht des Rotoreisens. Hierdurch können in vorteilhafter Weise Kosten gespart werden. Zusätzlich kann die Kavitätenstruktur in vorteilhafter Weise zur aktiven oder passiven Kühlung des Rotors verwendet werden.

Insbesondere sind die magnetischen Flussperrabschnitte, beispielsweise die Kavitäten, in radialer Richtung beabstandet zueinander angeordnet, sodass in dem Steg in radialer Richtung abwechselnd magnetische Flussperrabschnitte und mechanische Stützabschnitte angeordnet sind. Die magnetischen Flussperrabschnitte können

beispielsweise äquidistant oder nicht äquidistant zueinander beabstandet sein. Die magnetischen Flusssperrabschnitte können außerdem unterschiedliche oder gleiche Geometrien bzw. Formen aufweisen.

Auch kann vorgesehen sein, dass die Kavitäten mit elektrisch und magnetisch isolierendem Stützmaterial zur weiteren Erhöhung einer mechanischen Stabilität des Rotoreisens aufgefüllt sind. Ein solches Stützmaterial kann beispielsweise ein Kunststoff sein. Durch ein solches Stützmaterial kann die mechanische Steifigkeit des Rotors weiter erhöht werden, ohne dabei die magnetischen Streuflüssen in dem Rotoreisen zu erhöhen.

Zur Erfindung gehört außerdem ein Kraftfahrzeug mit einer erfindungsgemäßen permanenterregten elektrischen Maschine. Das Kraftfahrzeug ist insbesondere ein Elektro- oder Hybridfahrzeug und weist die elektrische Maschine als elektrische Traktionsmaschine bzw. Antriebsmaschine auf.

Die mit Bezug auf den erfindungsgemäßen Rotor vorgestellten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für die erfindungsgemäße elektrische Maschine sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der Figur und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in der Figur alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar.

Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigt die einzige Figur Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Sektors einer Ausführungsform einer elektrischen Maschine.

Die in Fig. 1 gezeigte permanenterregte elektrische Maschine 1 kann beispielsweise als elektrische Traktionsmaschine eines hier nicht gezeigten, elektrisch antreibbaren Kraftfahrzeugs ausgebildet sein. Die elektrische Maschine 1 umfasst einen Stator 2 und einen bezüglich des Stators 2 um eine Rotationsachse A drehbar gelagerten Rotor 3. Der Stator 2 und der Rotor 3 sind unter Ausbildung eines Luftspaltes 4 beabstandet zueinander angeordnet. Der Stator 2 weist ein Statorblechpaket 5 mit einer Vielzahl von

in Umfangsrichtung U verteilt angeordneten Nuten 6 auf, in welchen bestrombare Wicklungen 7 des Stators 2 zur Erzeugung eines Drehfelds angeordnet sind. Durch dieses Drehfeld kann der Stator 3 zur Drehung um die Rotationsachse A angeregt werden.

Der Rotor 3 weist zumindest zwei Rotorpole P auf, wobei hier beispielsweise ein Rotorpol P in Form von einem magnetischen Nordpol gezeigt ist. An den magnetischen Nordpol angrenzend folgt ein hier nicht gezeigter Rotorpol P in Form von einem magnetischen Südpol. Der Rotor 3 weist ein Rotoreisen 8 bzw. Blechpaket auf, welcher bzw. welches eine dem Luftspalt 4 zugewandte Außenseite 9 aufweist. Außerdem weist jeder Rotorpol P zumindest einen Permanentmagneten 10 auf, welcher als ein in zwei Permanentmagnetteile 10a, 10b geteilter Permanentmagnet ausgebildet ist. Ein erster Permanentmagnetteil 10a ist in einem ersten Hohlraum 11 des Rotoreisens 8 angeordnet und ein zweiter Permanentmagnetteil 10b ist in einem zweiten Hohlraum 12 des Rotoreisens 8 angeordnet. Die Hohlräume 11, 12 erstrecken sich in einer axialen, entlang der Rotationsachse A orientierten Richtung durch das Rotoreisen 8 hindurch. Der hier gezeigte geteilte Permanentmagnet 10 bildet mit den geteilten Permanentmagneten 10 der anderen Rotorpole P des Rotors 3 eine eingebettete Permanentmagnetanordnung aus. Diese eingebettete Permanentmagnetanordnung erzeugt in dem Luftspalt 4 eine magnetische Flussdichte bzw. Luftspaltflussdichte, deren Verlauf einen Betrieb der elektrischen Maschine 1 beeinflusst. Insbesondere beeinflusst der Verlauf der Luftspaltflussdichte eine Größe und eine Welligkeit des Drehmoments der elektrischen Maschine 1 sowie Verlustleistungen der elektrischen Maschine 1.

Die Permanentmagnetteile 10a, 10b sind hier tangential, sich in Umfangsrichtung U erstreckend und horizontal nebeneinander angeordnet und weisen eine entlang der radialen Richtung R orientierte Magnetisierung auf. Die Permanentmagnetteile 10a, 10b weisen hier außerdem eine konvexe, in Richtung des Luftspaltes 4 gewölbte Oberfläche 13 auf. Durch diese konvexe Oberfläche 13 kann im Luftspalt 4 ein sinusförmiger Verlauf der Luftspaltflussdichte begünstigt werden. Bei einer tangentialen Anordnung der Permanentmagnetteile 10a, 10b muss gewährleistet werden, dass das Rotoreisen 8 auch bei hohen Drehzahlen der elektrischen Maschine 1 ausreichend stabil ist, um die Permanentmagnetteile 10a, 10b entsprechend zu stützen und einen Bruch der Permanentmagnetteile 10a, 10b zu verhindern. Daher ist in Umfangsrichtung U zwischen den Permanentmagnetteilen 10a, 10b ein sich in radialer Richtung R erstreckender Steg 14 angeordnet, welcher Stützabschnitte 15 aufweist, die eine mechanische Stabilität bzw. Steifigkeit des Rotoreisens 8 erhöhen. Die Stützabschnitte 15 sind aus

Rotoreisenmaterial gebildet und sind daher magnetisch leitfähig. Durch diese magnetisch leitfähigen Stützabschnitte 15 können äußere magnetische Feldstärken im Falle eines in der elektrischen Maschine 1 aktiv herbeigeführten Kurzschlusses an den Permanentmagnetteilen 10a, 10b vorbei geführt und damit abgeleitet werden. Durch die Stützabschnitte 15 kann also verhindert werden, dass die Permanentmagnetteile 10a, 10b durch die äußeren magnetischen Flüsse bei dem aktiven Kurzschluss entmagnetisiert werden.

Außerdem weist der Steg 14 magnetische Flussperrabschnitte 16 auf, welche das Rotoreisenmaterial in axialer Richtung durchsetzen und welche magnetisch isolierend ausgebildet sind. Durch die magnetisch isolierenden Flussperrabschnitte 16, welche hier als Kavitäten in dem Rotoreisen 8 ausgebildet sind, können magnetische Streuflüsse, welche an Rändern der Permanentmagnetteile 10a, 10b auftreten, reduziert werden. Diese magnetisch isolierenden Flussperrabschnitte 16 bilden nämlich Barrieren für magnetische Streuflüsse und steuern diese somit gezielt, wodurch im Luftspalt 4 mehr magnetische Flussdichte für die elektromechanische Wandlung zur Verfügung steht. Durch die magnetischen Flussperrabschnitte 16 zwischen den Permanentmagnetteilen 10a, 10b kann die magnetische Flussdichte in diesem Steg 14 einerseits gezielt gebündelt und andererseits günstig verteilt werden. Hier sind die Kavitäten äquidistant zueinander angeordnet und weisen alle die gleiche Form auf. Zusammenfassend lässt sich durch eine definierte Gestaltung einer Struktur aus mechanischen Stützabschnitten 15 und magnetischen Flussperrabschnitten 16 zwischen den Permanentmagnetteilen 10a, 10b sowohl der mechanische Kraftfluss als auch die magnetischen Flüsse steuern und gezielt auf den Bedarf hin optimieren.

Bezugszeichenliste

1	Elektrische Maschine
2	Stator
3	Rotor
4	Luftspalt
5	Statorblechpaket
6	Nuten
7	Wicklungen
8	Rotoreisen
9	Außenseite
10	Permanentmagnet
10a, 10b	Permanentmagnetteile
11	Erster Hohlraum
12	Zweiter Hohlraum
13	Oberfläche
14	Steg
15	Stützabschnitte
16	Flusssperrabschnitte
R	Radiale Richtung
U	Umfangsrichtung
A	Rotationsachse

Patentansprüche

1. Rotor (3) für eine permanenterregte elektrische Maschine (1) mit zumindest zwei, in Umfangsrichtung (U) benachbart angeordneten Rotorpolen (P), aufweisend
 - ein Rotoreisen (8),
 - eine in das Rotoreisen (8) eingebettete Permanentmagnetanordnung zur Erzeugung einer magnetischen Luftspaltflussdichte in einem an die Außenseite (9) des Rotoreisens (8) angrenzenden Luftspalt (4) der elektrischen Maschine (1), wobei die Permanentmagnetanordnung pro Rotorpol (P) zumindest einen, in zumindest zwei Permanentmagnetteile (10a, 10b) geteilten Permanentmagneten (10) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den zumindest zwei Permanentmagnetteilen (10a, 10b) eines Permanentmagneten (10) ein Steg (14) angeordnet ist, welcher zwei Hohlräume (11, 12) zum Aufnehmen der Permanentmagnetteile (10a, 10b) separiert und welcher magnetisch leitfähige Stützabschnitte (15) zur Erhöhung einer mechanischen Steifigkeit des Rotoreisens (8) und zur Ableitung äußerer magnetischer Flüsse im Falle eines in die elektrische Maschine (1) eingeleiteten aktiven Kurzschlusses und magnetisch isolierende Flusssperrabschnitte (16) zur Reduzierung von magnetischen Streuflüssen aufweist.
2. Rotor (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetteile (10a, 10b) tangential bezüglich einer Rotationsachse (L) des Rotors (3) orientiert und horizontal nebeneinander liegend angeordnet sind.
3. Rotor (3) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Oberflächen (13) der Permanentmagnetteile (10a, 10b), welche der Außenseite (9) des Rotoreisens (8) zugewandt sind, konvex gewölbt sind und die Hohlräume (11,

- 12) eine zu der konvex gewölbten Oberfläche (13) korrespondierende konkav gewölbte Innenseite aufweisen.
4. Rotor (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Flusssperrabschnitte (16) als Kavitäten in dem Rotoreisen (8) ausgebildet sind und die Stützabschnitte (15) als an die Kavitäten angrenzendes Rotoreisenmaterial ausgebildet sind.
 5. Rotor (3) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kavitäten mit elektrisch und magnetisch isolierendem Stützmaterial zur weiteren Erhöhung einer mechanischen Steifigkeit des Rotoreisens (8) aufgefüllt sind.
 6. Rotor (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Flusssperrabschnitte (16) in radialer Richtung (R) beabstandet zueinander angeordnet sind, sodass in dem Steg (14) in radialer Richtung (R) abwechselnd Flusssperrabschnitte (16) und Stützabschnitte (15) angeordnet sind.
 7. Permanenterrregte elektrische Maschine (1) mit einem Stator (2) und einem bezüglich des Stators (2) drehbar gelagerten Rotor (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Rotor (3) und dem Stator (2) ein Luftspalt (4) ausgebildet ist.
 8. Kraftfahrzeug mit einer permanenterrregten elektrischen Maschine (1) nach Anspruch 7.

1/1

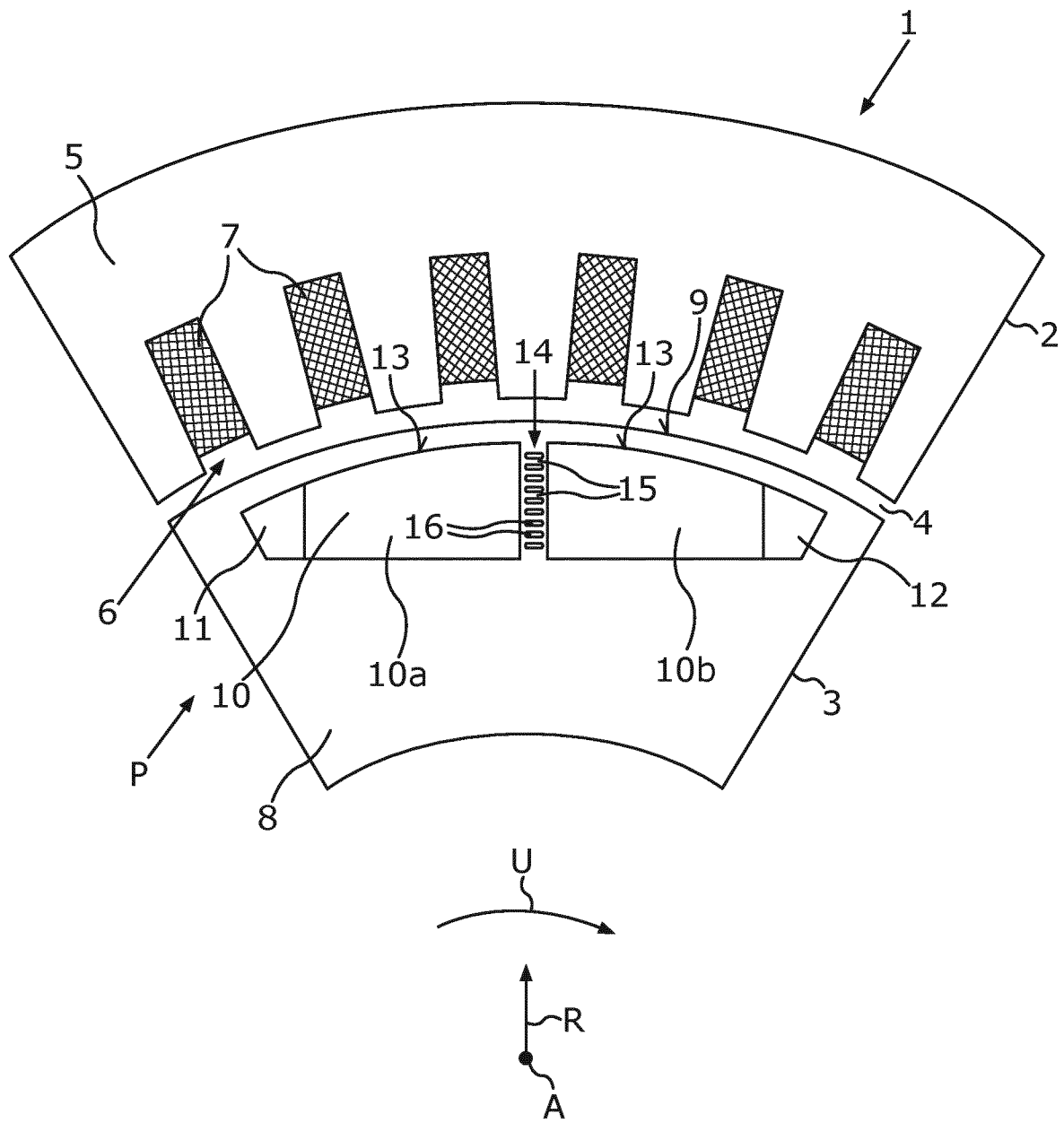


Fig.1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/052797

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/27**(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.
X	DE 102018111956 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 29 November 2018 (2018-11-29) abstract; figures 1,2,4,8 paragraph [0039]	1-8
A	EP 2709238 A1 (SIEMENS AG [DE]) 19 March 2014 (2014-03-19) figures 3,4	3
A	DE 102016209711 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 04 January 2018 (2018-01-04) abstract; figures 1,2	1-8
A	WO 2018099541 A1 (L 3 COMMUNICATIONS MAGNET MOTOR GMBH [DE]) 07 June 2018 (2018-06-07) abstract; figures 1,2	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 April 2020

Date of mailing of the international search report

15 April 2020

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

Güvener, Cem

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/052797

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102018111956	A1	29 November 2018	CN	108933486	A	04 December 2018
				DE	102018111956	A1	29 November 2018
				US	2018342916	A1	29 November 2018
EP	2709238	A1	19 March 2014	CN	103683777	A	26 March 2014
				EP	2709238	A1	19 March 2014
				US	2014070655	A1	13 March 2014
DE	102016209711	A1	04 January 2018	CN	107465285	A	12 December 2017
				DE	102016209711	A1	04 January 2018
WO	2018099541	A1	07 June 2018	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K1/27
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.
X	DE 10 2018 111956 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 29. November 2018 (2018-11-29) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,4,8 Absatz [0039] -----	1-8
A	EP 2 709 238 A1 (SIEMENS AG [DE]) 19. März 2014 (2014-03-19) Abbildungen 3,4 -----	3
A	DE 10 2016 209711 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 4. Januar 2018 (2018-01-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1-8
A	WO 2018/099541 A1 (L 3 COMMUNICATIONS MAGNET MOTOR GMBH [DE]) 7. Juni 2018 (2018-06-07) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1-8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. April 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/04/2020

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

Güvener, Cem

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/052797

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102018111956 A1	29-11-2018	CN 108933486 A	04-12-2018
		DE 102018111956 A1	29-11-2018
		US 2018342916 A1	29-11-2018

EP 2709238 A1	19-03-2014	CN 103683777 A	26-03-2014
		EP 2709238 A1	19-03-2014
		US 2014070655 A1	13-03-2014

DE 102016209711 A1	04-01-2018	CN 107465285 A	12-12-2017
		DE 102016209711 A1	04-01-2018

WO 2018099541 A1	07-06-2018	KEINE	
