

(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
5. Januar 2017 (05.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/001105 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/27 (2006.01) H02K 21/14 (2006.01)
H02K 1/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/060830

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Mai 2016 (13.05.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 212 127.5 30. Juni 2015 (30.06.2015) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **KELLETER, Arndt**; Amselstrasse 20, 71729
Erdmannhausen (DE). **VOELZ, Karsten**; Aalener Strasse
8, 71229 Leonberg (DE). **KOL, Murat**; Haldenrainstr.
181, 70437 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PERMANENT-MAGNET ELECTRICAL MACHINE WITH OPTIMIZED GEOMETRY

(54) Bezeichnung : PERMANENT ERREGTE ELEKTRISCHE MASCHINE MIT OPTIMIERTER GEOMETRIE

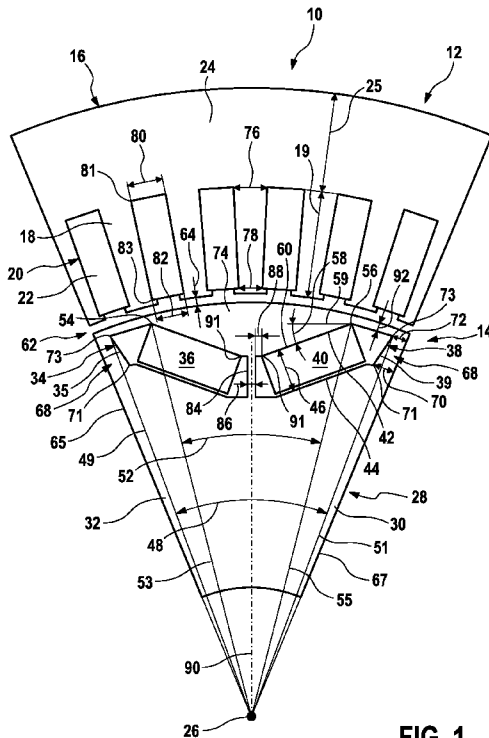


FIG. 1

(57) Abstract: The invention proposes a permanent-magnet electrical machine (10) which has a stator (16) with slots (20) which are arranged next to one another along a circumference of the stator (16) and are spaced apart from one another by a tooth (18) in each case. The electrical machine (10) further has a rotatably mounted rotor (28), wherein, for each pole (14) of the electrical machine (10), the rotor (28) has a first magnet pocket (34) with at least one first magnet element (36) arranged therein and a second magnet pocket (38) with at least one second magnet element (40) arranged therein and wherein the first magnet pocket (34) and the second magnet pocket (38) each have a magnet pocket height (46). The electrical machine according to the invention is characterised, in particular, in that a ratio of the magnet pocket height (46) to a common pole coverage (48) of the first magnet pocket (34) and the second magnet pocket (38) is between 0.03 mm/°el. and 0.041 mm/°el. As a result, the electrical machine (10) can be optimized, in particular with respect to a torque.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine permanent erregte elektrische Maschine (10) vorgeschlagen, welche einen Stator (16) mit entlang eines Umfangs des Stators (16) nebeneinander angeordneten und jeweils durch einen Zahn (18) voneinander beabstandeten Nuten (20) aufweist. Weiter weist die elektrische Maschine (10)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/001105 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

einen drehbar gelagerten Rotor (28) auf, wobei der Rotor (28) pro Pol (14) der elektrischen Maschine (10) jeweils eine erste Magnettasche (34) mit einem darin angeordneten wenigstens einen ersten Magnetelement (36) und eine zweite Magnettasche (38) mit einem darin angeordneten wenigstens einen zweiten Magnetelement (40) aufweist, wobei die erste Magnettasche (34) und die zweite Magnettasche (38) jeweils eine Magnettaschenhöhe (46) aufweisen. Die erfindungsgemäße elektrische Maschine zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass ein Verhältnis der Magnettaschenhöhe (46) zu einer gemeinsamen Polbedeckung (48) der ersten Magnettasche (34) und der zweiten Magnettasche (38) zwischen 0,03 mm/°el. und 0,041 mm/°el. beträgt. Dadurch kann die elektrische Maschine (10) insbesondere bezüglich eines Drehmoments optimiert sein.

Beschreibung

Permanent erregte elektrische Maschine mit optimierter Geometrie

5 Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, etwa einen Motor oder einen Generator. Insbesondere betrifft die Erfindung eine permanent erregte Synchronmaschine.

10

Stand der Technik

Elektrische Maschinen werden in einer Vielzahl von industriellen Anwendungen eingesetzt und zunehmend in der Automobilindustrie als Antrieb für Kraftfahrzeuge genutzt, etwa für Hybridkraftfahrzeuge oder für rein elektrisch angetriebene Kraftfahrzeuge.

15

In Kraftfahrzeugen eingesetzte elektrische Maschinen sind häufig als permanent erregte Synchronmaschinen ausgestaltet und weisen einen Stator sowie einen relativ zum Stator drehbar gelagerten Rotor auf.

20

Die Rotoren weisen in der Regel ein oder mehrere Lamellenpakete, auch Rotorpakete genannt, aus in Längserstreckungsrichtung des Rotors übereinander gestapelten Blechlamellen auf. In Umfangsrichtung des Rotors beabstandeten Ausnehmungen des Rotors, sogenannten Magnettaschen, sind Permanentmagnete angeordnet, deren Magnetfelder durch Wechselwirkung mit einem von dem Stator generierten Magnetfeld zum Antrieb des Rotors genutzt werden können. Häufig weisen permanent erregte elektrische Maschinen pro Pol der elektrischen Maschine zwei V-förmig zueinander und jeweils in einer Magnettasche angeordnete Permanentmagnete auf.

25

30

Insbesondere bei sogenannten SMG-Typen von elektrischen Maschinen (separater Motor-Generator, SMG) wird ferner häufig eine Ganzlochwicklung mit einer Lochzahl $q=2$ eingesetzt, wodurch in einem Luftspalt zwischen dem Rotor und dem Stator ein Magnetfeld mit geringem Oberwellenanteil bzw. geringem Oberfeldanteil entstehen kann. Dies kann ferner zur Folge haben, dass in den Permanentmagneten geringe Wirbelstromverluste bzw. Eisenverluste auftreten, so dass eine Temperatur der Permanentmagnete gering gehalten und eine

35

kostengünstige Klasse von Permanentmagneten eingesetzt werden kann. Mit steigender Lochzahl q können Eisenverluste und damit Gesamtverluste der elektrischen Maschine bei hohen Drehzahlen zunehmen.

5 Die DE 10 2012 219 055 A1 beschreibt eine drehende elektrische Maschine mit pro Pol der elektrischen Maschine jeweils zwei V-förmig in einem Rotor angeordneten Permanentmagneten. Die Permanentmagnete sind dabei in einem Magnetpol-Öffnungswinkel zueinander angeordnet, welcher einen Scheitelpunkt auf einer Rotorachse besitzt.

10

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

15 Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können in vorteilhafter Weise ermöglichen, eine bezüglich eines maximal erzeugbaren Drehmoments sowie bezüglich Verlusten, insbesondere Wirbelstromverlusten und/oder Eisenverlusten, optimierte elektrische Maschine bereitzustellen.

20 Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine permanent erregte elektrische Maschine, etwa eine permanent erregte Synchronmaschine, vorgeschlagen. Die elektrische Maschine weist einen Stator auf, welcher entlang eines Umfangs des Stators nebeneinander angeordnete und jeweils durch einen Zahn des Stators
25 voneinander beabstandete Nuten aufweist, in welchen Nuten jeweils eine Statorwicklung angeordnet ist. Weiter weist die elektrische Maschine einen um eine Drehachse relativ zum Stator drehbar gelagerten und konzentrisch zum Stator angeordneten Rotor auf, wobei der Rotor pro Pol der elektrischen Maschine jeweils eine erste Magnettasche mit einem darin angeordneten
30 wenigstens einen ersten Magnetelement und eine zweite Magnettasche mit einem darin angeordneten wenigstens einen zweiten Magnetelement aufweist. Die erste Magnettasche und die zweite Magnettasche weisen dabei jeweils eine Magnettaschenhöhe auf. Die erfindungsgemäße elektrische Maschine zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass ein Verhältnis der Magnettaschenhöhe zu einer gemeinsamen Polbedeckung der ersten Magnettasche und der zweiten
35 Magnettasche zwischen $0,03 \text{ mm}/^\circ\text{el.}$ und $0,041 \text{ mm}/^\circ\text{el.}$ beträgt. Vorzugsweise beträgt das Verhältnis der Magnettaschenhöhe zur gemeinsamen Polbedeckung der ersten Magnettasche und zweiten Magnettasche zwischen $0,0307 \text{ mm}/^\circ\text{el.}$ und $0,0409 \text{ mm}/^\circ\text{el.}$. Der Pol der elektrischen Maschine kann dabei einen

magnetischen Pol und/oder ein Segment der elektrischen Maschine bezeichnen. Der Winkel eines Segmentes kann dabei 360° mech. geteilt durch die Anzahl der magnetischen Pole der elektrischen Maschine entsprechen.

5 Der Rotor der elektrischen Maschine kann wenigstens ein Lamellenpaket aus in Längserstreckungsrichtung des Rotors übereinander gestapelten Blechlamellen aufweisen, in welchen die Magnettaschen, z.B. als Ausstanzungen, eingebracht sein können. Die einzelnen Magnettaschen können sich dabei im Wesentlichen über eine gesamte Länge des Rotors erstrecken und pro Magnettasche kann
10 eine Mehrzahl von Magnetelementen, z.B. in Form von Permanentmagneten, in Längserstreckungsrichtung des Rotors nebeneinander angeordnet und/oder übereinander gestapelt sein. Die einzelnen Magnettaschen können so im Wesentlichen quaderförmige Ausnehmungen in dem Rotor ausbilden, welche in einem Querschnitt durch den Rotor jeweils zwei im Wesentlich parallel
15 zueinander und parallel zur Drehachse des Rotors verlaufende Hauptflächen aufweisen, auf welchen die Magnetelemente abgestützt sein können. Mit anderen Worten können sich die Hauptflächen in Längserstreckungsrichtung bzw. in axialer Richtung der elektrischen Maschine erstrecken. Die
20 Magnettaschenhöhe kann dabei einen Abstand der beiden Hauptflächen der Magnettaschen bezeichnen. Die einzelnen Magnettaschen der elektrischen Maschine können im Wesentlichen identische Magnettaschenhöhen aufweisen.

Die gemeinsame Polbedeckung der ersten Magnettasche und der zweiten Magnettasche kann einen Winkel zwischen einer ersten Außenkante der ersten
25 Magnettasche und einer zweiten Außenkante der zweiten Magnettasche bezeichnen, wobei die erste und zweite Außenkante an zwei sich gegenüberliegenden Randbereichen des Pols der elektrischen Maschine angeordnet sein können. Mit anderen Worten kann die gemeinsame Polbedeckung einen Winkel zwischen einem ersten an der ersten Außenkante
30 der ersten Magnettasche anliegenden Schenkel und einem zweiten an der zweiten Außenkante der zweiten Magnettasche anliegenden Schenkel bezeichnen. Die Polbedeckung wird dabei typischerweise in Grad elektrisch ($^\circ$ el.) angegeben, welche über eine Polpaarzahl der elektrischen Maschine in mechanische Grad umgerechnet werden kann.

35 Durch die erfindungsgemäße Geometrie der elektrischen Maschine mit dem erfindungsgemäßen Verhältnis der Magnettaschenhöhe zur gemeinsamen Polbedeckung der ersten und zweiten Magnettasche kann in vorteilhafter Weise

ein Drehmoment der elektrischen Maschine optimiert und/oder maximiert sein. Insbesondere kann dadurch ein Reluktanzmoment der elektrischen Maschine optimiert und/oder maximiert sein, d.h. ein Drehmoment der elektrischen Maschine, welches aus einer Geometrie der elektrischen Maschine bzw. einem
5 Blechschnitt des Rotors unter Vernachlässigung eines auf den Magnetelementen basierenden magnetischen Drehmoments resultiert. Bei Maximierung des Reluktanzmoments kann ferner Magnetmaterial für die Magnetelemente eingespart werden, so dass Kosten für die elektrische Maschine eingespart werden können.

10

Ideen zu Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können unter anderem als auf den nachfolgend beschriebenen Gedanken und Erkenntnissen beruhend angesehen werden. Kenngrößen von elektrischen Maschinen, wie beispielsweise das Drehmoment und Verluste der elektrischen Maschine, insbesondere
15 Wirbelstromverluste und/oder Eisenverluste, können von einer Vielzahl von die Geometrie der elektrischen Maschine betreffenden Größen (geometrische Größen) und/oder Parametern abhängen. Ferner können Kenngrößen der elektrischen Maschine untereinander in Konkurrenz stehen, d.h. eine Optimierung einer Kenngröße kann eine Verschlechterung einer anderen
20 Kenngröße zur Folge haben. Entsprechend können die geometrischen Größen und/oder Parameter der elektrischen Maschine im Hinblick auf einen Kompromiss zwischen konkurrierenden Kenngrößen optimiert und/oder gewählt werden, was beispielsweise im Rahmen einer Multizieloptimierung bewerkstelligt werden kann. Die in dieser Erfindung vorgeschlagenen geometrischen Größen
25 der elektrischen Maschine können eine derartige Optimierung der elektrischen Maschine hinsichtlich des Drehmoments und/oder einer Leistung der elektrischen Maschine darstellen, wobei die geometrischen Größen insbesondere hinsichtlich einer Eisenlänge, Verlusten, einer Qualität und/oder einem Preis der Magnetelemente, einer Kupfermasse und/oder einer Drehmomentwelligkeit einen
30 optimalen Kompromiss darstellen können. Auch können die geometrischen Größen derart optimiert sein, dass beispielsweise eine Kenngröße optimiert ist bei gleichzeitiger Maximierung anderer Freiheitsgrade. Insbesondere kann die erfindungsgemäße elektrische Maschine derart optimiert sein, dass sie eine hohe Drehmomentdichte und/oder Leistungsdichte bei gleichzeitig geringen Verlusten,
35 kostengünstigen Magneten und einer geringen Drehmomentwelligkeit aufweisen kann.

5 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt eine Polbedeckung des ersten Magnetelements und des zweiten Magnetelements zwischen 104°el. und 120°el. , vorzugsweise zwischen $104,1^\circ\text{el.}$ und $119,5^\circ\text{el.}$. Die Polbedeckung des ersten und zweiten Magnetelements kann dabei eine gemeinsame Polbedeckung des ersten und zweiten Magnetelements bezeichnen. Die Polbedeckung kann einen Winkel zwischen einem ersten Schenkel, welcher an einer dem Stator am nächstgelegenen Kante des ersten Magnetelements anliegen kann, und einem zweiten Schenkel, welcher an einer dem Stator am nächstgelegenen Kante des zweiten Magnetelements anliegen kann, bemessen sein. Durch die erfindungsgemäß bemessene Polbedeckung des ersten und zweiten Magnetelements kann in vorteilhafter Weise ein Drehmoment der elektrischen Maschine optimiert und/oder maximiert sein.

15 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt die gemeinsame Polbedeckung der ersten Magnettasche und der zweiten Magnettasche zwischen 152°el. und 175°el. , vorzugsweise zwischen $152,7^\circ\text{el.}$ und $174,5^\circ\text{el.}$. Durch die erfindungsgemäß bemessene gemeinsame Polbedeckung der ersten und zweiten Magnettasche kann in vorteilhafter Weise ein Drehmoment der elektrischen Maschine optimiert und/oder maximiert sein.

20 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind das erste Magnetelement und das zweite Magnetelement V-förmig zueinander angeordnet, wobei ein V-Winkel des ersten Magnetelements und des zweiten Magnetelements jeweils zwischen 10°mech. (Grad mechanisch) und 29°mech. , vorzugsweise zwischen $11,0^\circ\text{mech.}$ und $28,3^\circ\text{mech.}$, beträgt. Die Magnetelemente können derart V-förmig zueinander angeordnet sein, dass die V-Form in Richtung des Stators geöffnet ist. Der V-Winkel kann dabei zwischen einer waagerechten Tangente an einer dem Stator am nächstgelegenen Kante eines Magnetelements und einer in Richtung des Stators gerichteten Hauptfläche des jeweiligen Magnetelements bemessen sein. Das erste und zweite Magnetelement können derart V-förmig zueinander angeordnet sein, dass ein Winkel zwischen einer Längserstreckungsrichtung des ersten und einer Längserstreckungsrichtung des zweiten Magnetelements einer Differenz von 180°mech. und dem doppelten Betrag des V-Winkels entsprechen kann.

35 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt ein Verhältnis eines Statorinnendurchmessers des Stators zu einem Statoraußendurchmesser des Stators zwischen 0,6 und 0,8, vorzugsweise zwischen 0,64 und 0,72. Dadurch

kann in vorteilhafter Weise ein Drehmoment der elektrischen Maschine weiter optimiert und/oder maximiert sein.

5 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die elektrische Maschine eine Lochzahl größer oder gleich eins auf. Insbesondere kann die elektrische Maschine eine Lochzahl gleich zwei aufweisen, wobei die Lochzahl eine Anzahl der Nuten pro Polzahl und Strang der elektrischen Maschine sein kann. Durch die erfindungsgemäße Wahl der Lochzahl können in vorteilhafter Weise
10 Oberwellen des Magnetfelds reduziert sein bzw. kann das Magnetfeld einen geringen Oberfeldanteil aufweisen, was sich wiederum vorteilhaft auf ein Drehmoment der elektrischen Maschine auswirken kann. Auch können dadurch Wirbelstromverluste gering gehalten werden, was zu einer verringerten Erwärmung der Magnetelemente während des Betriebs der elektrischen Maschine führen kann, so dass insbesondere kostengünstige Magnetelemente
15 eingesetzt werden können.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind der Stator und der Rotor in radialer Richtung der elektrischen Maschine über einen Luftspalt voneinander beabstandet, wobei ein Verhältnis einer in der radialen Richtung bemessenen
20 Luftspaltdicke des Luftspalts zu einem Statorinnendurchmesser des Stators zwischen 0,006 und 0,012, vorzugsweise zwischen 0,0065 und 0,0115, beträgt. Dadurch können in vorteilhafter Weise Oberfeldanteile gedämpft werden und Wirbelstromverluste und/oder Eisenverluste können gering gehalten werden. Auch kann dadurch ein Wirkungsgrad der elektrischen Maschine gesteigert
25 und/oder optimiert sein.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt ein
30 Statoraußendurchmesser des Stators zwischen 100 mm und 500 mm, vorzugsweise zwischen 110 mm und 500 mm.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt ein Verhältnis einer inneren
35 Pollückenbreite der elektrischen Maschine zu einer äußeren Pollückenbreite zwischen 0,3 und 4,0, vorzugsweise zwischen 0,3 und 3,7. Allgemein kann die Pollücke einen Abstand einer Außenkante einer der Magnetaschen zu einem Rand bzw. einer Berandung eines Pols der elektrischen Maschine bezeichnen. Die innere Pollückenbreite kann dabei einen Abstand einer radial innenliegenden Außenkante einer der V-förmig angeordneten Magnetaschen zum Rand des Pols bezeichnen, und die äußere Pollückenbreite kann einen Abstand einer

radial außenliegenden Außenkante der Magnettasche zum Rand des Pols bezeichnen. Die radial außenliegende Außenkante der Magnettasche liegt dabei in radialer Richtung näher am Stator als die radial innenliegende Außenkante. Das erfindungsgemäße Verhältnis der inneren zur äußeren Pollückenbreite kann sich vorteilhaft auf eine Stabilität der elektrischen Maschine sowie ein Drehmoment auswirken.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist eine kleinste in radialer Richtung bemessene Dicke eines Steges zwischen einer der ersten und zweiten Magnettaschen und einem Rotorausendurchmesser des Rotors kleiner oder gleich 1,2 mm, vorzugsweise kleiner oder gleich 1,1 mm. Auch dies kann sich vorteilhaft auf eine mechanische Stabilität und ein Drehmoment der elektrischen Maschine auswirken. Der Steg kann dabei einen Bereich zwischen den Magnettaschen und dem Rotorausendurchmesser bezeichnen, welcher die Magnettaschen in Umfangsrichtung des Rotors umlaufen kann.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt eine Polpaarzahl der elektrischen Maschine vier. Mit anderen Worten kann die elektrische Maschine vier Polpaare bzw. acht Pole aufweisen.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist der Stator radial außenliegend ein Joch auf, welches die Nuten und die Zähne des Stators in Umfangsrichtung umläuft, wobei ein Verhältnis einer in radialer Richtung bemessenen Dicke des Jochs zu einer in radialer Richtung bemessenen Zahnhöhe der Zähne des Stators zwischen 0,6 und 1,1, vorzugsweise zwischen 0,61 und 1,02, beträgt. Derart kann in vorteilhafter Weise eine magnetische Leitfähigkeit des Stators optimiert sein.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt ein Verhältnis einer mittleren Zahnbreite der Zähne zu einer in radialer Richtung bemessenen Zahnhöhe der Zähne des Stators zwischen 0,2 und 0,4, vorzugsweise zwischen 0,22 und 0,31. Die mittlere Zahnbreite kann dabei die Hälfte der Summe einer radial außenliegenden Breite eines Zahns und einer radial innenliegenden Breite des Zahns sein, wobei die jeweiligen Breiten orthogonal zur radialen Richtung bemessen sein können.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt ein Verhältnis einer äußeren Nutbreite zu einer inneren Nutbreite der Nuten des Stators zwischen 0,9

und 1,1. Die äußere Nutbreite kann eine Breite der Nut an einer radial außenliegenden Kante der Nut und die innere Nutbreite kann eine Breite der Nut an einer radial innenliegenden Kante der Nut bezeichnen. Die radial innenliegende Kante kann dabei der radial außenliegenden in radialer Richtung gegenüberliegen. Die Nutbreiten können jeweils orthogonal zur radialen Richtung bemessen sein. Dadurch kann das durch in den Nuten angeordnete Statorwicklungen erzeugte Statormagnetfeld in vorteilhafter Weise weiter optimiert sein. Ferner kann durch möglichst parallelfankige Nuten ein größerer Kupferfüllfaktor und damit eine verlustärmere elektrische Maschine bereitgestellt werden.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind die erste Magnettasche und die zweite Magnettasche in Umfangsrichtung der elektrischen Maschine über einen Mittelsteg und/oder eine Brücke des Rotors voneinander beabstandet, wobei eine Dicke des Mittelstegs kleiner oder gleich 1,2 mm, vorzugsweise kleiner oder gleich 1,1 mm, ist. Die Dicke des Mittelstegs kann dabei eine kleinste Dicke des Mittelstegs sein und einen kleinsten Abstand der V-förmig zueinander angeordneten Magnettaschen bezeichnen. Durch den geringen Abstand der beiden Magnettaschen kann sichergestellt sein, dass durch Vermeidung von magnetischen Kurzschlüssen ein Großteil des von den Magnetelementen erzeugten Magnetfeldes zum Antrieb des Rotors genutzt werden kann. Entsprechend kann dadurch ein Drehmoment weiter gesteigert sein.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt ein Abstand eines des ersten und zweiten Magnetelements zu dem Mittelsteg zwischen 0 mm und 2,3 mm, vorzugsweise zwischen 0,0 mm und 2,2 mm. Der Abstand kann dabei einen kleinsten Abstand eines der Magnetelemente zum Mittelsteg bezeichnen und etwa von einer dem Mittelsteg nächstgelegenen Kante des jeweiligen Magnetelements zu einer dieser Kante gegenüberliegenden Kante des Mittelstegs bemessen sein.

Es wird darauf hingewiesen, dass einige der möglichen Merkmale und Vorteile der elektrischen Maschine hierin mit Bezug auf unterschiedliche Ausführungsformen beschrieben sind. Ein Fachmann erkennt, dass die Merkmale in geeigneter Weise kombiniert, angepasst oder ausgetauscht werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Zeichnungen noch
5 die Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt eines Teils einer elektrischen Maschine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

10 Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in den Figuren gleiche oder gleichwirkende Merkmale.

Ausführungsformen der Erfindung

15

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt eines Teils einer elektrischen Maschine 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, wobei ein Segment 12 mit einem magnetischen Pol 14 der elektrischen Maschine 10 dargestellt ist. Die elektrische Maschine 10 weist eine Mehrzahl in Umfangsrichtung nebeneinander
20 angeordneter derartiger Segmente 12 auf. Die elektrische Maschine 10 kann etwa eine permanent erregte Synchronmaschine sein.

20

Die elektrische Maschine 10 weist einen Stator 16 auf. Der Stator 16 weist entlang eines Umfangs des Stators 16 nebeneinander angeordnete Nuten 20
25 auf, welche jeweils durch einen Zahn 18 des Stators 16 voneinander beabstandet und/oder getrennt sind. In den Nuten 20 ist jeweils eine Statorwicklung 22 angeordnet. Radial außenliegend weist der Stator 16 ferner ein Joch 24 auf, welches die Zähne 18 und Nuten 20 in Umfangsrichtung umläuft. Das Joch 24 kann somit einen Außenbereich des Stators 16
30 bezeichnen.

30

Weiter weist die elektrische Maschine 10 einen um eine Drehachse 26 relativ zum Stator 16 drehbar gelagerten und konzentrisch zum Stator 16 angeordneten Rotor 28 auf. Der Rotor 28 kann wenigstens ein Lamellenpaket 30 aufweisen,
35 welches aus einer Mehrzahl von in Längserstreckungsrichtung des Rotors 28 übereinander gestapelten Blechlamellen 32 bestehen kann. Pro Pol 14 der elektrischen Maschine 10 weist der Rotor 28 jeweils eine erste Magnettasche 34 mit einem darin angeordneten wenigstens einen ersten Magnetelement 36 und

eine zweite Magnettasche 38 mit einem darin angeordneten wenigsten einen zweiten Magnetelement 40 auf. Die Magnettaschen 34, 38 können z.B. als Ausstanzungen in das Lamellenpaket 30 bzw. in die Blechlamellen 32 eingebracht sein. Die Magnettaschen 34, 38 können sich dabei im Wesentlichen über eine gesamte Länge des Rotors 28 erstrecken und pro Magnettasche 34, 38 kann eine Mehrzahl von Magnetelementen 36, 40, etwa Permanentmagneten, in Längserstreckungsrichtung des Rotors 28 nebeneinander angeordnet sein. Die Magnettaschen 34, 38 können jeweils im Wesentlichen quaderförmige Ausnehmungen in dem Rotor 28 ausbilden, welche in einem Querschnitt durch den Rotor 28 jeweils zwei im Wesentlich parallel zueinander und parallel zur Drehachse 26 des Rotors 28 verlaufende Hauptflächen 42, 44 aufweisen, auf welchen die Magnetelemente 36, 40 abgestützt sein können. Ein Abstand der beiden Hauptflächen 42, 44 wird als Magnettaschenhöhe 46 einer Magnettasche 34, 38 bezeichnet. Die beiden Magnettaschen 34, 38 können sich ferner bezüglich einer Polmitte 90 in Umfangsrichtung gegenüberliegen. Die Magnetelemente 36, 40 können an den Hauptflächen 42, 44 anliegen oder von zumindest einer der Hauptflächen 42, 44 beabstandet sein, d.h. eine Höhe der Magnetelemente 36, 40 kann kleiner als die Magnettaschenhöhe 46 sein.

Die erste Magnettasche 34 und die zweite Magnettasche 38 weisen eine gemeinsame Polbedeckung 48 auf, welche über einen Winkel zwischen einer ersten Außenkante 35 der ersten Magnettasche 34 und einer zweiten Außenkante 39 der zweiten Magnettasche 38 gegeben ist. Die erste Außenkante 35 und die zweiten Außenkante 39 sind dabei an zwei sich gegenüberliegenden Randbereichen des Pols 14 der elektrischen Maschine 10 angeordnet. Mit anderen Worten kann die gemeinsame Polbedeckung 48 einen Winkel zwischen einem ersten an der ersten Außenkante 35 der ersten Magnettasche 34 anliegenden Schenkel 49 (bzw. einer ersten Tangente 49) und einem zweiten an der zweiten Außenkante 39 der zweiten Magnettasche 38 anliegenden Schenkel 51 (bzw. einer zweiten Tangente 51) bezeichnen. Die Polbedeckung 48 wird dabei typischerweise in Grad elektrisch ($^{\circ}\text{el.}$) angegeben, welche über eine Polpaarzahl der elektrischen Maschine 10 in mechanische Grad umgerechnet werden kann. Die gemeinsame Polbedeckung 48 der ersten Magnettasche 34 und der zweiten Magnettasche 38 beträgt zwischen 152°el. und 175°el. , vorzugsweise zwischen $152,7^{\circ}\text{el.}$ und $174,5^{\circ}\text{el.}$.

Weiter beträgt ein Verhältnis der Magnettaschenhöhe 46 zu der gemeinsamen Polbedeckung 48 der ersten Magnettasche 34 und der zweiten Magnettasche 38

zwischen 0,03 mm/°el. und 0,041 mm/°el.. Vorzugsweise beträgt das Verhältnis der Magnettaschenhöhe 46 zur gemeinsamen Polbedeckung 48 zwischen 0,0307 mm/°el. und 0,0409 mm/°el.. Dadurch kann in vorteilhafter Weise ein Drehmoment, insbesondere ein Reluktanzmoment, der elektrischen Maschine 10 optimiert und/oder maximiert sein.

Weiter weist die elektrische Maschine 10 eine gemeinsame Polbedeckung 52 des ersten Magnetelements 36 und des zweiten Magnetelements 40 zwischen 104 °el. und 120 °el., vorzugsweise zwischen 104,1°el. und 119,5 °el., auf. Die Polbedeckung 52 kann als Winkel zwischen einem ersten Schenkel 53 (bzw. einer ersten Tangente 53), welcher an einer dem Stator 16 am nächstgelegenen Kante 54 des ersten Magnetelements 36 anliegen kann, und einem zweiten Schenkel 55 (bzw. einer zweiten Tangente 55), welcher an einer dem Stator 16 am nächstgelegenen Kante 56 des zweiten Magnetelements 40 anliegen kann, bemessen sein.

Das erste Magnetelement 36 und das zweite Magnetelement 40 sind V-förmig zueinander angeordnet, wobei ein V-Winkel 58 des ersten Magnetelements 36 und des zweiten Magnetelements 40 jeweils zwischen 10 °mech. (Grad mechanisch) und 29 °mech., vorzugsweise zwischen 11,0 °mech. und 28,3°mech., beträgt. Der V-Winkel 58 kann dabei zwischen einer waagerechten Tangente 59 an der dem Stator 16 am nächstgelegenen Kante 54, 56 eines der Magnetelemente 36, 40 und einer in Richtung des Stators 16 gerichteten Hauptfläche 60 des jeweiligen Magnetelements 36, 40 bemessen sein.

Weiter beträgt ein Verhältnis eines Statorinnendurchmessers des Stators 16 zu einem Statoraußendurchmesser des Stators 16 zwischen 0,6 und 0,8, vorzugsweise zwischen 0,64 und 0,72. Der Statoraußendurchmesser des Stators 16 beträgt zwischen 100 mm und 500 mm, vorzugsweise zwischen 110 mm und 500 mm.

Die elektrische Maschine 10 weist ferner eine Lochzahl größer oder gleich eins auf. Insbesondere kann die elektrische Maschine 10 eine Lochzahl gleich zwei aufweisen. Eine Polpaarzahl der elektrischen Maschine 10 kann insbesondere vier betragen.

Der Stator 16 und der Rotor 28 der elektrischen Maschine 10 sind in radialer Richtung über einen Luftspalt 62 voneinander beabstandet, wobei ein Verhältnis

einer in der radialen Richtung bemessenen Luftspaltdicke 64 des Luftspalts 62 zu dem Statorinnendurchmesser des Stators 16 zwischen 0,006 und 0,012, vorzugsweise zwischen 0,0065 und 0,0115, beträgt.

5 Zwischen der ersten Außenkante 35 der ersten Magnettasche 34 und einem Rand 65 bzw. einer Berandung 65 des Pols 14 sowie zwischen der zweiten Außenkante 39 der zweiten Magnettasche 38 und einem weiteren Rand 67 bzw. einer weiteren Berandung 67 des Pols 14 weist die elektrische Maschine 10 jeweils eine Pollücke 68 auf. Allgemein kann die Pollücke 68 einen Abstand einer
10 der Außenkanten 35, 39 einer der Magnettaschen 34, 38 zu einem der Ränder 65, 67 des Pols 15 der elektrischen Maschine 10 bezeichnen. Jede der Pollücken 68 weist eine innere Pollückenbreite 70 und eine äußere Pollückenbreite 72 auf. Die innere Pollückenbreite 70 kann dabei einen Abstand einer radial innenliegenden Außenkante 71 einer der Magnettaschen 34, 38 zum jeweils
15 direkt benachbart angeordneten Rand 65, 67 des Pols 14 bezeichnen, und die äußere Pollückenbreite 72 kann einen Abstand einer radial außenliegenden Außenkante 73 einer der Magnettaschen 34, 38 zum jeweils direkt benachbarten Rand 65, 67 des Pols 14 bezeichnen. Die radial außenliegende Außenkante 73 liegt dabei in radialer Richtung näher am Stator 16 als die radial innenliegende Außenkante 71. Ein Verhältnis der inneren Pollückenbreite 70 zur äußeren
20 Pollückenbreite 72 beträgt zwischen 0,3 und 4,0, vorzugsweise zwischen 0,3 und 3,7.

Zwischen den Magnettaschen 34, 38 und einem Rotoraußendurchmesser des
25 Rotors 28 weist der Rotor 28 einen Steg 74 auf, welcher an den Magnettaschen 34, 38 an einem Außenumfang des Rotors 28 entlangläuft. Eine kleinste, in radialer Richtung bemessene Dicke 92 des Steges 74 ist zwischen der ersten Magnettasche 34 und der zweiten Magnettasche 38 und dem Rotoraußendurchmesser des Rotors 28 vorgesehen und ist kleiner oder gleich
30 1,2 mm, vorzugsweise kleiner oder gleich 1,1 mm.

Weiter beträgt ein Verhältnis einer in radialer Richtung bemessenen Dicke 25 des Jochs 24 zu einer in radialer Richtung bemessenen Zahnhöhe 19 der Zähne 18 des Stators 16 zwischen 0,6 und 1,1, vorzugsweise zwischen 0,61 und 1,02.
35 Die Zahnhöhe 19 kann dabei eine in radialer Richtung bemessene Länge der Zähne 18 bezeichnen.

Weiter beträgt ein Verhältnis einer mittleren Zahnbreite der Zähne 18 zu der in radialer Richtung bemessenen Zahnhöhe 19 der Zähne 18 des Stators 16 zwischen 0,2 und 0,4, vorzugsweise zwischen 0,22 und 0,31. Die Zahnbreite kann allgemein einen Abstand zweier direkt benachbarter Nuten 20 bezeichnen.
5 Die mittlere Zahnbreite kann als die Hälfte der Summe, d.h. als arithmetisches Mittel, einer radial außenliegenden (maximalen) Breite 76 eines Zahns 18 und einer radial innenliegenden (minimalen) Breite 78 des Zahns 18 sein, wobei die jeweiligen Breiten 76, 78 orthogonal zur radialen Richtung bemessen sein können.

10

Weiter beträgt ein Verhältnis einer äußeren Nutbreite 80 zu einer inneren Nutbreite 82 der Nuten 20 des Stators 16 zwischen 0,9 und 1,1. Die äußere Nutbreite 80 kann eine Breite einer Nut 20 an einer radial außenliegenden Kante 81 der Nut 20 und die innere Nutbreite 82 kann eine Breite der Nut 20 an einer
15 radial innenliegenden Kante 83 der Nut 20 bezeichnen. Die radial innenliegende Kante 83 kann dabei der radial außenliegenden Kante 81 in radialer Richtung gegenüberliegen. Die Nutbreiten 80, 82 können jeweils orthogonal zur radialen Richtung bemessen sein.

20

Die erste Magnettasche 34 und die zweite Magnettasche 38 sind in Umfangsrichtung der elektrischen Maschine 10 über einen Mittelsteg 84 bzw. eine Brücke des Rotors 28 voneinander beabstandet, wobei eine Dicke 86 des Mittelstegs 84 kleiner oder gleich 1,2 mm ist. Die Dicke 86 des Mittelstegs 84 kann dabei eine einen kleinsten Abstand der V-förmig zueinander angeordneten
25 Magnettschen 34, 38 bezeichnen.

25

Ferner beträgt ein Abstand 88 eines des ersten und zweiten Magnetelements 36, 40 zum Mittelsteg 84 zwischen 0 mm und 2,3 mm, vorzugsweise zwischen 0,0 mm und 2,2 mm. Der Abstand 88 kann dabei einen kleinsten Abstand eines der
30 Magnetelemente 36, 40 zum Mittelsteg 84 bezeichnen und etwa von einer dem Mittelsteg 84 nächstgelegenen Kante 91 des jeweiligen Magnetelements 36, 40 zum Mittelsteg 84 bemessen sein.

30

5 Ansprüche

1. Permanent erregte elektrische Maschine (10), aufweisend:
einen Stator (16), welcher entlang eines Umfangs des Stators (16)
nebeneinander angeordnete und jeweils durch einen Zahn (18) des Stators
10 (16) voneinander beabstandete Nuten (20) aufweist, in welchen Nuten (20)
jeweils eine Statorwicklung (22) angeordnet ist; und
einen um eine Drehachse (26) relativ zum Stator (16) drehbar gelagerten
und konzentrisch zum Stator (16) angeordneten Rotor (28),
wobei der Rotor (28) pro Pol (14) der elektrischen Maschine (10) jeweils eine
15 erste Magnettasche (34) mit einem darin angeordneten wenigstens einen
ersten Magnetelement (36) und eine zweite Magnettasche (38) mit einem
darin angeordneten wenigstens einen zweiten Magnetelement (40) aufweist,
wobei die erste Magnettasche (34) und die zweite Magnettasche (38) jeweils
eine Magnettaschenhöhe (46) aufweisen,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
ein Verhältnis der Magnettaschenhöhe (46) zu einer gemeinsamen
Polbedeckung (48) der ersten Magnettasche (34) und der zweiten
Magnettasche (38) zwischen 0,03 mm/°el. und 0,041 mm/°el. beträgt.
- 25 2. Elektrische Maschine (10) nach Anspruch 1,
wobei eine Polbedeckung (52) des ersten Magnetelements (36) und des
zweiten Magnetelements (40) zwischen 104 °el. und 120 °el. beträgt.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2,
30 wobei die gemeinsame Polbedeckung (48) der ersten Magnettasche (34)
und der zweiten Magnettasche (38) zwischen 152 °el. und 175 °el. beträgt.
4. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
wobei das erste Magnetelement (36) und das zweite Magnetelement (40) V-
35 förmig zueinander angeordnet sind; und
wobei ein V-Winkel (58) des ersten Magnetelements (36) und des zweiten
Magnetelements (40) jeweils zwischen 10 °mech. und 29 °mech. beträgt.

5. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei ein Verhältnis eines Statorinnendurchmessers des Stators (16) zu einem Statoraußendurchmesser des Stators (16) zwischen 0,6 und 0,8 beträgt.
- 5
6. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die elektrische Maschine (10) eine Lochzahl größer oder gleich eins aufweist.
- 10
7. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Stator (16) und der Rotor (28) in radialer Richtung der elektrischen Maschine (10) über einen Luftspalt (62) voneinander beabstandet sind, und wobei ein Verhältnis einer in der radialen Richtung bemessenen Luftspaltdicke (64) des Luftspalts (62) zu einem Statorinnendurchmesser des Stators (16) zwischen 0,006 und 0,012 beträgt.
- 15
8. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei ein Statoraußendurchmesser des Stators (16) zwischen 100 mm und 500 mm beträgt.
- 20
9. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei ein Verhältnis einer inneren Pollückenbreite (70) der elektrischen Maschine (10) zu einer äußeren Pollückenbreite (72) zwischen 0,3 und 4,0 beträgt.
- 25
10. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei eine kleinste in radialer Richtung bemessene Dicke (92) eines Steges (74) zwischen einer der ersten und zweiten Magnettaschen (34, 38) und einem Rotoraußendurchmesser des Rotors (28) kleiner oder gleich 1,2 mm ist; und/oder wobei eine Polpaarzahl der elektrischen Maschine (10) vier beträgt.
- 30
11. Elektrische Maschine (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Stator (16) radial außenliegend ein Joch (24) aufweist, welches die Nuten (20) und die Zähne (18) des Stators (16) in Umfangsrichtung umläuft, wobei ein Verhältnis einer in radialer Richtung bemessenen Dicke (25) des Jochs (24) zu einer in radialer Richtung bemessenen Zahnhöhe (19) der
- 35

Zähne (18) des Stators (16) zwischen 0,6 und 1,1 beträgt.

- 5 12. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
wobei ein Verhältnis einer mittleren Zahnbreite der Zähne (18) zu einer
Zahnhöhe (19) der Zähne (18) des Stators (16) zwischen 0,2 und 0,4
beträgt; und/oder
wobei ein Verhältnis einer äußeren Nutbreite (80) zu einer inneren Nutbreite
(82) der Nuten (20) des Stators (16) zwischen 0,9 und 1,1 beträgt.
- 10 13. Elektrische Maschine (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
wobei die erste Magnettasche (34) und die zweite Magnettasche (38) in
Umfangsrichtung der elektrischen Maschine (10) über einen Mittelsteg (84)
des Rotors (28) voneinander beabstandet sind und wobei eine Dicke (86)
des Mittelstegs (84) kleiner oder gleich 1,2 mm ist; und/oder
15 wobei ein Abstand eines der ersten und zweiten Magnetelemente (36, 40) zu
dem Mittelsteg (84) zwischen 0 und 2,3 mm beträgt.

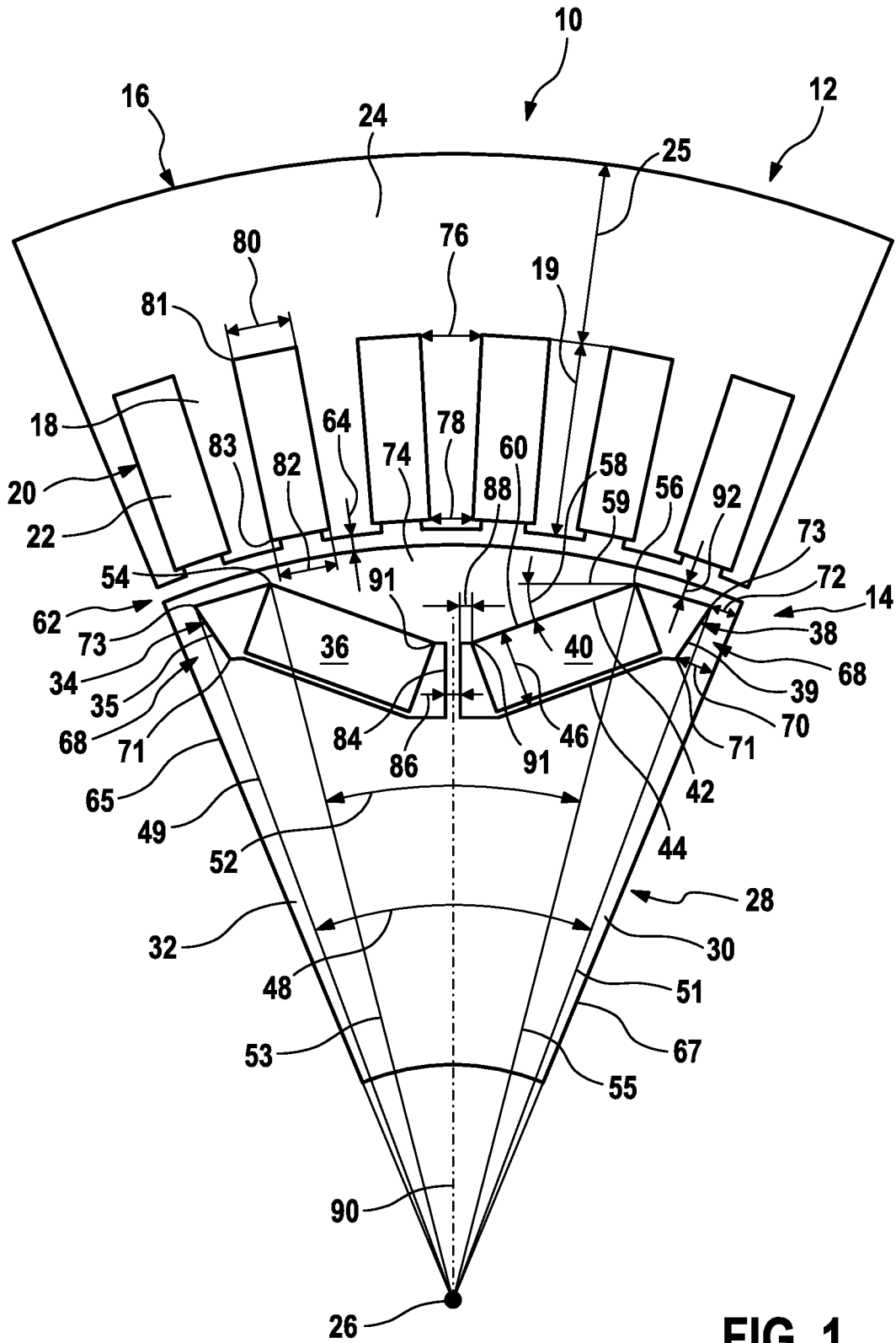


FIG. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K1/27 H02K1/16 H02K21/14
 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 A	JP 2011 050216 A (SUZUKI MOTOR CORP) 10 March 2011 (2011-03-10) paragraphs [0008], [0017], [0019] figures 1,3,7	1-4,10, 13 9
X A	----- CN 203 180 670 U (JIANGSU ANJIE ELECTROMECHANICAL TECHNOLOGY CO LTD) 4 September 2013 (2013-09-04) paragraphs [0010], [0023] figure 1 -----	1 9

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 22 June 2016	Date of mailing of the international search report 23/09/2016
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2016/060830

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-4, 9, 10, 13

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-4, 9, 10, 13

Geometry of the permanent magnet-excited rotor.

2. Claims 5-8

Geometry of the stator core of a synchronous machine.

3. Claims 11, 12

Geometry of the stator grooves/stator teeth of a synchronous machine.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/060830

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2011050216	A	10-03-2011	NONE

CN 203180670	U	04-09-2013	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060830

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K1/27 H02K1/16 H02K21/14 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	JP 2011 050216 A (SUZUKI MOTOR CORP) 10. März 2011 (2011-03-10)	1-4,10, 13
A	Absätze [0008], [0017], [0019] Abbildungen 1,3,7	9
X	----- CN 203 180 670 U (JIANGSU ANJIE ELECTROMECHANICAL TECHNOLOGY CO LTD) 4. September 2013 (2013-09-04)	1
A	Absätze [0010], [0023] Abbildung 1	9

<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 22. Juni 2016		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 23/09/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Dragojlovic, Djordje

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-4, 9, 10, 13

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-4, 9, 10, 13

Geometrie des Permanentmagneterregten Rotors

2. Ansprüche: 5-8

Geometrie des Statorkerns einer Synchronmaschine

3. Ansprüche: 11, 12

Geometrie der Statornuten/Statorzähne einer Synchronmaschine

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060830

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2011050216	A	10-03-2011	KEINE

CN 203180670	U	04-09-2013	KEINE
