

(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
30. April 2020 (30.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/083571 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 29/03 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/074971

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. September 2019 (18.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 126 570.0
25. Oktober 2018 (25.10.2018) DE

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

(72) Erfinder: **SCHLAEPFER, Benjamin**; Welfenstrasse 58,
81541 München (DE). **ZHU, Juntao**; Hitlstr. 9, 80997
München (DE). **PILZ, Maximilian**; Leopoldstraße 48,
80802 München (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, 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).

(54) Title: ROTOR

(54) Bezeichnung: ROTOR

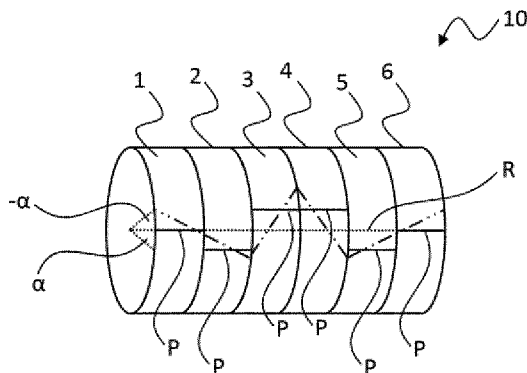


Fig. 1

(57) Abstract: A rotor of an electric machine is proposed, which rotor has multiple segments arranged adjacent to one another in an axial direction, wherein each of the segments has multiple magnetic poles which are arranged coaxially with respect to an axis of rotation of the electric machine and so as to be evenly distributed in a circumferential direction of the segment, wherein the segments are arranged in the circumferential direction such that the magnetic poles of adjacent segments which are adjacent to one or more middle segments are rotationally offset in a first angular direction in relation to the magnetic poles of the one or more middle segments, and that the magnetic poles of segments which adjoin the adjacent segments toward the outside are rotationally offset in a second angular direction which is opposite to the first angular direction.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Rotor einer elektrischen Maschine vorgeschlagen, welcher mehrere in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Segmente aufweist, wobei jedes der Segmente mehrere magnetische Pole aufweist, die koaxial zu einer Rotationsachse der elektrischen Maschine und in Umfangsrichtung des Segments gleichverteilt angeordnet sind, wobei die Segmente in Umfangsrichtung derart angeordnet sind, dass die magnetischen Pole von angrenzenden Segmenten, die an eines oder mehrere mittlere Segmente angrenzen, in einer ersten Winkelrichtung zu den magnetischen Polen des einen oder der mehreren mittleren Segmente verdreht sind, und dass die magnetischen Pole von Segmenten, die nach außen an die angrenzenden Segmente anschließen, in einer zweiten Winkelrichtung, entgegengesetzt zu der ersten Winkelrichtung, verdreht sind.



WO 2020/083571 A1

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Rotor

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Rotor einer elektrischen Maschine, welcher mehrere in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Segmente aufweist.

Bei Rotoren und Statoren von elektrischen Maschinen entsteht durch ein sich drehendes äußeres magnetisches Feld, welches durch geeignete Durchströmung der Statorspulen erzeugt wird, in Wechselwirkung mit den Permanentmagneten des Rotors ein Drehmoment, welches zu einer Drehung des Rotors führt. Aufgrund der diskreten Anzahl an Polpaaren und Statorzähnen ist dieses Drehmoment nicht konstant. Vielmehr entsteht eine Drehungleichförmigkeit (sogenanntes Drehmoment-Ripple), welches von der Anzahl an Polpaaren und Statorzähnen abhängt.

Bei aktuellen elektrischen Maschine dieser Bauart werden die Rotoren üblicherweise in sechs oder mehr gleichartige Segmente aufgeteilt. Diese Segmente können jeweils um einen bestimmten Winkel gegeneinander verdreht werden, was als Rotorschrägung bezeichnet wird. Durch das Verdrehen der Segmente wird die Drehmomentwelligkeit für jedes Segment zeitlich oder in der Phase leicht versetzt. Auf diese Weise überlagern sich die einzelnen Anteile nicht komplett, was zu einer Reduktion der Gesamtwelligkeit führt.

Hierbei können sogenannte lineare Schrägungen verwendet werden, bei welchen die Schrägung der Pole gleicher Polarität von einem ersten Segment zu einem letzten Segment linear verläuft. Des Weiteren sind V-förmige Schrägungen bekannt, wobei der Verlauf der magnetischen Pole einer V-Form entspricht.

Diese V-Anordnung hat den Vorteil, dass das oszillierende Moment gegenüber der Mittelebene symmetrisch aufgebracht wird. Dadurch wird sichergestellt, dass die erste Torsionseigenfrequenz des Rotors nur schwach oder gar nicht angeregt wird. Dies ist vorteilhaft, da eine Anregung der Rotor- bzw. Torsionseigenfrequenz zu einem stark dynamischen Verhalten der elektrischen Maschine führen würde. Ein solches dynamisches Verhalten hat wiederum negative Auswirkungen auf das akustische Verhalten der elektrischen Maschine, d.h. dass Schwingungen und Vibrationen entstehen können. Zwar wird durch die V-Schrägung des Rotors eine signifikante Anregung der ersten Torsionseigenfrequenz des Rotors verhindert, allerdings wird dabei die zweite Torsionseigenfrequenz angeregt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Rotoranordnung bereitzustellen, mit der nicht nur die Anregung der ersten Torsionseigenfrequenz, sondern auch die Anregung der zweiten Torsionseigenfrequenz reduziert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch einen Rotor einer elektrischen Maschine gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Der Rotor weist mehrere in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Segmente auf, wobei jedes der Segmente mehrere magnetische Pole aufweist, die koaxial zu einer Rotationsachse der elektrischen Maschine und in Umfangsrichtung des Segments gleich verteilt angeordnet sind. Sowohl die Anzahl der Pole als auch, durch die Gleichverteilung der Pole über den Umfang hinweg, deren Winkel Lage hängt von einer Auslegung des Rotors und der elektrischen Maschine ab und kann entsprechend variieren. Jedes Segment des Rotors weist eine gleiche Anzahl an Polen auf, sodass auch die relative Winkellage der Pole eines Segments zueinander durch die Gleichverteilung der Pole über den Umfang des Segments bei allen Segmenten gleich sind.

Um nun die Anregung der zweiten Torsionseigenfrequenz des Rotors zu reduzieren und damit das akustische Verhalten der elektrischen Maschine zu verbessern,

sind die Segmente des Rotors entsprechend einer relativen Winkellage der magnetischen Pole in Umfangsrichtung derart angeordnet, dass die magnetischen Pole von angrenzenden Segmenten, die an eines oder mehrere mittlere Segmente angrenzen, in einer ersten Winkelrichtung zu den magnetischen Polen des einen oder der mehreren mittleren Segmente verdreht sind, und dass die magnetischen Pole von Segmenten, die nach außen an die angrenzenden Segmente anschließen, in einer zweiten Winkelrichtung, entgegengesetzt zu der ersten Winkelrichtung, verdreht sind. Es wurde festgestellt, dass diese W-förmige oder Zick-Zack-förmige Schrägung der Pole zum einen die erste Torsionseigenfrequenz des Motors weniger stark anregt als bisherige Anordnungen. Zum anderen führt die W-förmige oder Zick-Zack-förmige Schrägung dazu, dass auch die zweite Torsionseigenfrequenz weniger angeregt wird.

Auf diese Weise kann die Eigendynamik des Rotors im Bereich der zweiten Torsionseigenfrequenz reduziert werden und damit das akustische Verhalten der elektrischen Maschine verbessert werden. Durch Simulationen wurde festgestellt, dass relevante akustische Größen reduziert werden können. Beispielsweise kann die Oberflächenbeschleunigung im Frequenzbereich der zweiten Rotorresonanz um bis zu 5dB reduziert werden.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Schrägung der Segmente achsensymmetrisch ausgeführt, sodass die magnetischen Pole paarweise, symmetrisch zur Mitte, eine gleiche relative Winkellage aufweisen. Das bedeutet, dass beispielsweise die beiden äußersten Segmente in der gleichen relativen Winkellage angeordnet sind, die beiden nach innen folgenden Segmente in der gleichen Winkellage angeordnet sind, usw.

Gemäß einer Ausführungsform weist der Rotor eine gerade Anzahl an Segmenten auf. Insbesondere kann der Rotor sechs oder mehr Segmente aufweisen, d. h. sechs, acht, zehn, zwölf, etc. Insbesondere können dabei die zwei mittleren Segmente identisch angeordnet sein. Das heißt, dass die beiden mittleren Segmente die gleiche relative Winkellage haben und zueinander nicht verdreht sind. In dieser

Ausführungsform wird somit die mittlere Spitze der W-förmigen oder Zick-Zack-förmigen Schrägung durch zwei Segmente gebildet. Die mittlere Spitze kann alternativ, abhängig von der Anzahl der Segmente, auch durch ein Segment oder mehr als zwei Segmente gebildet werden.

Eine gerade Anzahl von Segmenten ist bevorzugt, um einen symmetrischen und balancierten Zustand zu erreichen. Balanciert bedeutet hier, dass die Anzahl der Segmente für jeden Winkel gleich ist. Wählt man beispielsweise drei verschiedene Winkelstellungen und soll dabei der Rotor symmetrisch und balanciert sein, muss die Anzahl der Segmente durch 2 und 3 teilbar sein, d.h. der Rotor kann 6 oder 12 Segmente aufweisen. Durch diese Anzahl der Segmente ist es möglich, dass sich in jeder Winkelstellung 2 oder 4 Segmente befinden.

Weist der Rotor eine ungerade Anzahl an Segmenten auf, kann die mittlere Spitze der W-förmigen oder Zick-Zack-förmigen Schrägung durch ein einzelnes Segment gebildet werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weisen die magnetischen Pole von zwei nebeneinander angeordneten Segmenten die gleiche relative Winkellage auf und sind zueinander nicht verdreht. Zwischen zueinander in verschiedenen Winkelrichtungen verdrehten Segmenten können somit auch zueinander nicht verdrehte Segmente angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich können die magnetischen Pole von zwei nebeneinander angeordneten Segmenten in der gleichen Winkelrichtung verdreht werden, also eine lineare Schrägung bilden. Da diese Anordnungen nur einzelne Segmente betreffen und nicht alle Segmente des Rotors können in Summe die Segmente W-förmig oder Zick-Zack-förmig angeordnet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die magnetischen Pole des einen oder der mehreren mittleren Segmente gegenüber einer Referenzwinkellage verdreht. Die Referenzwinkellage kann insbesondere eine Nulllage der magnetischen Pole sein. Alternativ können die magnetischen Pole des einen oder der mehreren mittleren Segmente in der Referenzwinkellage, z.B. der Nulllage, angeordnet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die magnetischen Pole von weiteren nach außen folgenden Segmenten in abwechselnden Winkelrichtungen verdreht. Auf diese Weise können mehrere aufeinander folgende W-förmige Schrägungen oder eine lange Zick-Zack-förmige Schrägung der Segmente gebildet werden. Dies ermöglicht eine besonders gute Reduzierung nicht nur der ersten Torsionseigenfrequenz, sondern auch der zweiten Torsionseigenfrequenz. Auf diese Weise kann das akustische Verhalten der elektrischen Maschine weiter verbessert werden.

Der optimale Wert für den Winkel α , um den die Segmente jeweils zueinander, oder in Bezug auf den Referenzwinkel verdreht werden können, hängt von der Anzahl der Segmente (n_s) und Statorzähne (n_z) ab. Vorzugsweise werden die Segmente um $+\alpha$ und $-\alpha$ in Bezug auf den Referenzwinkel bzw. die Nulllage verdreht. Der Winkel α kann beispielsweise berechnet werden als

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n_z \cdot \frac{n_s}{2}}$$

Gemäß einem weiteren Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine elektrische Maschine mit einem wie oben beschriebenen Rotor und einem Stator auf. Der Rotor kann als Innenläufer, der in radialer Richtung innerhalb eines Stators angeordnet ist, oder als Außenläufer, der in radialer Richtung außerhalb des Stators angeordnet ist, ausgebildet sein.

Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale oder Ausführungsformen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen sind in der Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen angegeben. Dabei sind insbesondere die in der Beschreibung und in den Zeichnungen angegebenen Kombinationen der

Merkmale rein exemplarisch, so dass die Merkmale auch einzeln oder anders kombiniert vorliegen können.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben werden. Dabei sind die Ausführungsbeispiele und die in den Ausführungsbeispielen gezeigten Kombinationen rein exemplarisch und sollen nicht den Schutzbereich der Erfindung festlegen. Dieser wird allein durch die anhängigen Ansprüche definiert.

Es zeigen:

Fig. 1: eine beispielhafte Anordnung der Segmente eines Rotors, welcher aus sechs Segmenten besteht;

Fig. 2: eine weitere beispielhafte Anordnung der Segmente eines Rotors, welcher aus sechs Segmenten besteht;

Fig. 3: eine schematische Darstellung der ersten Torsionseigenfrequenz eines Rotors;

Fig. 4: eine Darstellung der zweiten Torsionseigenfrequenz eines Rotors;

Fig. 5: eine vereinfachte beispielhafte Anordnung der Segmente eines Rotors, welcher aus acht Segmenten besteht;

Fig. 6: eine weitere vereinfachte beispielhafte Anordnung der Segmente eines Rotors, welcher aus acht Segmenten besteht;

Fig. 7: eine weitere vereinfachte beispielhafte Anordnung der Segmente eines Rotors, welcher aus acht Segmenten besteht.

Im Folgenden werden gleiche oder funktionell gleichwirkende Elemente mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Figuren 1 und 2 zeigen einen Rotor 10 einer elektrischen Maschine, welcher mehrere in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Segmente 1 bis 6 aufweist. Der Rotor 10 kann aber auch mehr oder weniger Segmente aufweisen, wie beispielhaft in Figuren 5 bis 7 dargestellt und weiter unten näher erläutert ist.

Wie in Figuren 1 und 2 gezeigt ist, sind die Segmente 1 bis 6 derart angeordnet,

dass die magnetischen Pole P der an die beiden mittleren Segmente 3, 4 angrenzenden Segmenten 2, 5 in einer ersten Winkelrichtung zu den magnetischen Polen P der mittleren Segmente 3, 4 verdreht sind und dass die magnetischen Pole P von nach außen folgenden Segmenten 1, 2 in einer zweiten Winkelrichtung, entgegengesetzt zu der ersten Winkelrichtung, zu den magnetischen Polen P der Segmente 2, 5 verdreht sind. Bei einem Rotor 10, der aus sechs Segmenten 1 bis 6 besteht, führt dies zu einer W-förmigen Schrägung der magnetischen Pole P der Segmente 1, ... 6.

Jedes der Segmente 1 bis 6 weist mehrere magnetische Pole P auf, die coaxial zu einer Rotationsachse der elektrischen Maschine und in Umfangsrichtung des Segments 1, ... 6 gleichverteilt angeordnet sind. Der Übersichtlichkeit wegen ist für jedes Segment 1, ..., 6 ein Pol P als Referenzpol gezeigt.

Im Betrieb des Rotors 10 kann es aufgrund dessen Rotation zu einer Anregung der ersten und zweiten Torsionseigenfrequenz des Rotors 10 kommen. Diese sind in den Figuren 3 (erste Torsionseigenfrequenz) und 4 (zweite Torsionseigenfrequenz) schematisch angedeutet.

Durch ein sich drehendes äußeres magnetisches Feld, welches durch Bestromung der Statorspulen erzeugt wird, entsteht in Wechselwirkung mit den Polen P des Rotors 10 ein Drehmoment, welches zu einer Drehung des Rotors 10 führt. Diese Drehung ist in Figuren 3 und 4 jeweils durch die Pfeile angedeutet. Durch die Drehung entstehen Torsionen des Rotors 10 und damit verbundene Torsionseigenfrequenzen, die zu einem akustisch wahrnehmbaren Verhalten des Rotors 10 führen.

Die erste Torsionseigenfrequenz, die in Fig. 3 durch die Kurve angedeutet ist, kann durch eine V-Schrägung der Segmente 1, ... 6, reduziert oder verhindert werden, da eine solche V-Schrägung die Drehmomentwelligkeit der Segmente zeitlich oder in der Phase leicht versetzt (und nicht dem Verlauf der Torsionseigenfrequenz folgt). Die einzelnen Anteile der Segmente superponieren sich somit nicht komplett und die erste Torsionseigenfrequenz kann reduziert werden.

Allerdings wird durch eine V-Schrägung nicht die zweite Torsionseigenfrequenz reduziert, die durch die Kurve in Fig. 4 angedeutet ist. Die Verdrehung der Segmente in einer V-Anordnung folgt vielmehr der zweiten Torsionseigenfrequenz und könnte diese sogar verstärken.

Um nun nicht nur die erste Torsionseigenfrequenz des Rotors 10 zu reduzieren, wie es durch eine V-förmige Schrägung erreicht werden kann, sondern um auch die zweite Torsionseigenfrequenz des Rotors 10 zu reduzieren, sind die Segmente 1, ..., 6 in den Figuren 1 und 2 entsprechend einer relativen Winkellage der magnetischen Pole P in Umfangsrichtung derart angeordnet, dass die magnetischen Pole P der Segmente 1 bis 6 eine W-förmige Schrägung ergeben. In Versuchen wurde festgestellt, dass eine solche W-förmige Schrägung, oder bei mehr als sechs Segmenten, eine Zick-Zack-förmige Schrägung, besonders vorteilhaft ist, um die zweite Torsionseigenfrequenz zusätzlich zu der ersten Torsionseigenfrequenz des Rotors 10 zumindest zu reduzieren und bevorzugt nicht anzuregen.

Die W-förmige Anordnung der Segmente 1, ..., 6 ist in Figuren 1 und 2 an beispielhaften Anordnungen gezeigt, wobei der Rotor 10 jeweils sechs Segmente 1, ..., 6 aufweist. Es sollte jedoch beachtet werden, dass auch andere Anordnungen möglich sind, die eine derartige W-förmige Schrägung bilden. Insbesondere kann der Rotor 10 auch mehr oder weniger als die gezeigten sechs Segmente 1, ..., 6 aufweisen. Beispielsweise kann der Rotor 10 zwölf Segmente aufweisen, die aus den in den Figuren 1 und 2 gezeigten sechs Segmenten zusammengesetzt sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform, wie sie in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist, weist der Rotor 10 eine gerade Anzahl an Segmenten 1 bis 6 auf, wobei die zwei mittleren Segmente 3, 4 die gleiche relative Winkellage aufweisen und zueinander nicht versetzt sind.

Fig. 1 zeigt eine erste Anordnung der Segmente 1 bis 6, um eine W-förmige Schrägung zu erreichen. In diesem Fall sind die Segmente 1 und 6 in einer Referenzwinkellage R angeordnet. Die Segmente 2 und 5 sind gegenüber den Seg-

menten 1 und 6 um einen Winkel α verdreht. Die Segmente 3 und 4 sind gegenüber den Segmenten 1 und 6 um einen Winkel $-\alpha$ verdreht.

Eine weitere Anordnungsmöglichkeit ist in Fig. 2 gezeigt. In diesem Fall befinden sich die beiden mittleren Segmente 3 und 4 in der Referenzwinkellage bzw. Nulllage R und die äußeren Segmente 1, 2, 5, 6 sind gegenüber den Segmenten 3 und 4 verdreht. Das heißt, dass die Segmente 2 und 5 gegenüber den Segmenten 3 und 4 um einen Winkel α verdreht sind. Die Segmente 1 und 6 sind gegenüber den Segmenten 3 und 4 um einen Winkel $-\alpha$ verdreht.

In den beiden Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 2 wird durch die beiden mittleren Segmente 3 und 4 eine Spitze des W der Schrägung ausgebildet. Das bedeutet, dass die beiden mittleren Segmente 3, 4 gegenüber den beiden angrenzenden Segmenten 2, 5 jeweils um einen Winkel versetzt sind. Durch diese Anordnung kann im Vergleich zu einer V-förmigen Anordnung auch die Anregung der zweiten Torsionseigenfrequenz reduziert werden.

Alternativ kann die Anordnung der Segmente 1 bis 6 auch spiegelverkehrt, d.h. in Form eines M, erfolgen. Des Weiteren können die Segmente 1, ..., 6 des Rotors 10 derart angeordnet sein, dass mehrere W-förmige Schrägungen in axialer Richtung aufeinanderfolgend gebildet werden oder dass anderweitige Schrägungen oder lineare Anordnungen an die W-förmige Schrägung anschließen. Auf diese Weise kann das akustische Verhalten der elektrischen Maschine weiter verbessert werden.

Weist der Rotor 10 beispielsweise acht Segmente 1 bis 8 auf, können die Segmente 1 bis 8 nicht nur in einer W-förmigen Schrägung angeordnet werden (Fig. 6), sondern beispielsweise auch in einer Zick-Zack-Linie angeordnet sein, wie es in den Figuren 5 und 7 beispielhaft gezeigt ist. Figuren 5 bis 7 stellen dabei jeweils eine vereinfachte Ansicht der Segmente 1 bis 8 eines Rotors 10 dar, wobei die jeweiligen Pole mit den Zahlen der Segmente bezeichnet sind.

In Fig. 5 sind die inneren Segmente 4 und 5 gegenüber der Referenzwinkellage R

in einer ersten Winkelrichtung verdreht. Die anschließenden Segmente 3 und 6 sind in Bezug auf die Referenzwinkellage R in einer zweiten, entgegengesetzten Winkelrichtung verdreht. Die Segmente 2 und 7 sind wiederum gegenüber der Referenzwinkellage R in der ersten Winkelrichtung verdreht. Die äußersten Segmente 1 und 8 sind in Bezug auf die Referenzwinkellage R wieder in der zweiten, entgegengesetzten Winkelrichtung verdreht. Dies führt zu einer Zick-Zack-förmigen Anordnung der Segmente 1 bis 8, die nach außen beliebig weitergeführt werden kann. Auf diese Weise können auch mehr als acht Segmente derart angeordnet werden, dass die zweite Torsionseigenfrequenz nicht angeregt wird.

Fig. 6 zeigt, dass es auch möglich ist, zwischen manchen Segmenten eine lineare Schrägung vorzunehmen. Dies ist hier beispielsweise zwischen den Segmenten 1 bis 3 und 6 bis 8 der Fall. Da jedoch auch in diesem Fall über die gesamte Länge des Rotors 10 eine W-förmige Schrägung erreicht wird, wird auch hier die zweite Torsionseigenfrequenz nicht angeregt.

Fig. 7 zeigt eine weitere mögliche Anordnung der Segmente 1 bis 8 eines Rotors 10. Hier sind die inneren Segmente 4 und 5 gegenüber der Referenzwinkellage R wie in Fig. 5 in der ersten Winkelrichtung, allerdings um einen größeren Winkel, verdreht. Die anschließenden Segmente 3 und 6 sind in Bezug auf die Referenzwinkellage R ebenfalls wieder in der zweiten, entgegengesetzten Winkelrichtung verdreht, wobei hier der Winkel ebenfalls größer als in Fig. 5 ist. Die Segmente 2 und 7 sind wiederum gegenüber der Referenzwinkellage R in der ersten Winkelrichtung verdreht, wobei sich der Winkel wieder der Referenzwinkellage R annähert. Die äußersten Segmente 1 und 8 sind in Bezug auf die Referenzwinkellage R wieder in der zweiten, entgegengesetzten Winkelrichtung verdreht, wobei sich auch hier der Winkel wieder der Referenzwinkellage R annähert. Diese Anordnung kann ebenfalls nach außen beliebig weitergeführt werden.

Zusätzlich zu den hier gezeigten Anordnungen sind viele weitere Anordnungen möglich. In jedem Fall wird durch die Anordnung der Segmente erreicht, dass die Verdrehung der Segmente nicht der zweiten Torsionseigenfrequenz folgt und

diese somit nicht verstärkt, sondern deren Anregung reduziert oder sogar verhindert.

Durch die hier beschriebene W-förmige oder Zick-Zack-förmige Rotorschrägung ist es daher möglich, zusätzlich zu einer Reduzierung der Anregung der ersten Torsionseigenfrequenz des Rotors auch die Anregung der zweiten Torsionseigenfrequenz zu reduzieren. Auf diese Weise kann das akustische Verhalten der elektrischen Maschine verbessert werden.

Bezugszeichen

1 - 8	Segment
10	Rotor
P	magnetischer Pol
R	Referenzwinkellage
α	Winkel

Rotor

Ansprüche:

1. Rotor (10) einer elektrischen Maschine, welcher mehrere in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) aufweist, wobei jedes der Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) mehrere magnetische Pole (P) aufweist, die coaxial zu einer Rotationsachse der elektrischen Maschine und in Umfangsrichtung des Segments (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) gleichverteilt angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) in Umfangsrichtung derart angeordnet sind, dass die magnetischen Pole (P) von angrenzenden Segmenten (2, 3, 5, 6, 7), die an eines oder mehrere mittlere Segmente (3, 4, 5) angrenzen, in einer ersten Winkelrichtung zu den magnetischen Polen (P) des einen oder der mehreren mittleren Segmente (3, 4, 5) verdreht sind, und dass die magnetischen Pole (P) von Segmenten (1, 2, 6, 7, 8), die nach außen an die angrenzenden Segmente anschließen, in einer zweiten Winkelrichtung, entgegengesetzt zu der ersten Winkelrichtung, verdreht sind.
2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) in Umfangsrichtung derart angeordnet sind, dass die magnetischen Pole (P) der Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) eine W-förmige Schrägung ergeben.
3. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) in Umfangsrichtung derart angeordnet sind, dass die magnetischen Pole (P) der Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) eine Zick-Zack-förmige Schrägung ergeben.
4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schrägung der Segmente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) achsensymmetrisch ausgeführt ist, so dass die magnetischen Pole (P) paarweise, symmetrisch zur

Mitte, eine gleiche relative Winkellage aufweisen.

5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (10) eine gerade Anzahl an Segmenten (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) aufweist.
6. Rotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei mittleren Segmente (3, 4, 5) die gleiche relative Winkellage aufweisen und zueinander nicht versetzt sind.
7. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetischen Pole (P) von zwei nebeneinander angeordneten Segmenten (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) die gleiche relative Winkellage aufweisen und zueinander nicht versetzt sind oder in derselben Winkelrichtung verdreht sind.
8. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetischen Pole (P) des einen oder der mehreren mittleren Segmente (3, 4, 5) gegenüber einer Referenzwinkellage (R) verdreht sind.
9. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetischen Pole (P) des einen oder der mehreren mittleren Segmente (3, 4, 5) in einer Referenzwinkellage (R) angeordnet sind.
10. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetischen Pole (P) von weiteren nach außen folgenden Segmenten (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8) in abwechselnden Winkelrichtungen verdreht sind.

1/3

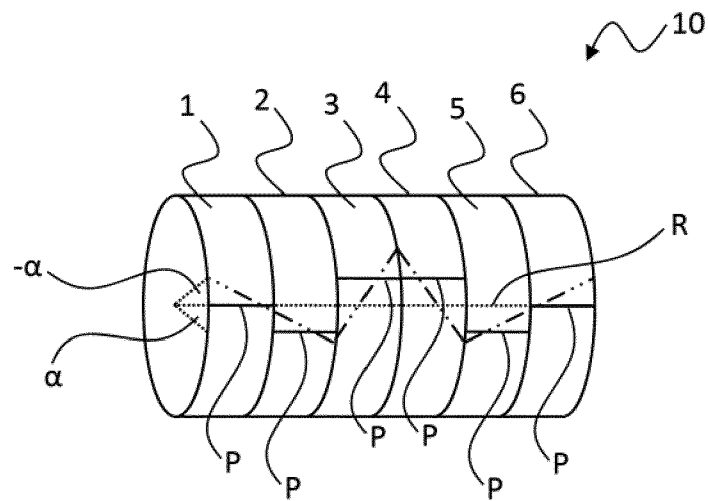


Fig. 1

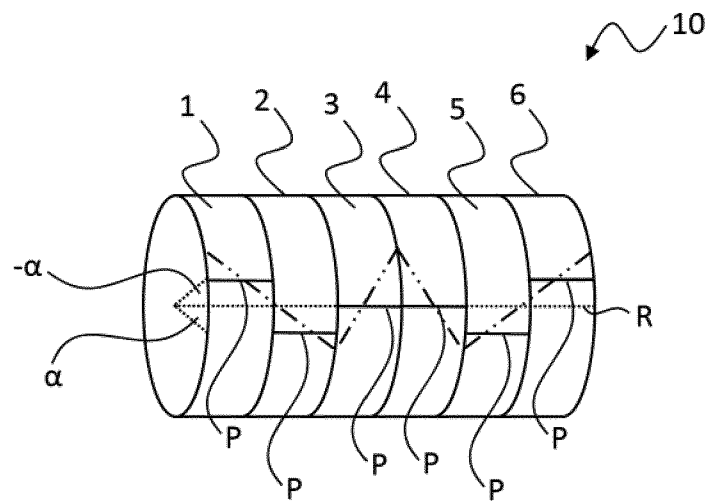


Fig. 2

2/3

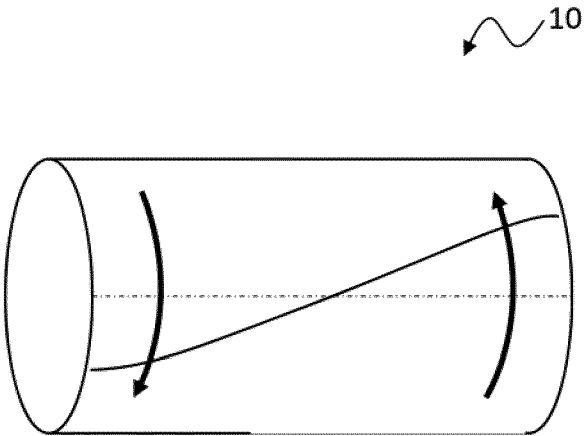


Fig. 3

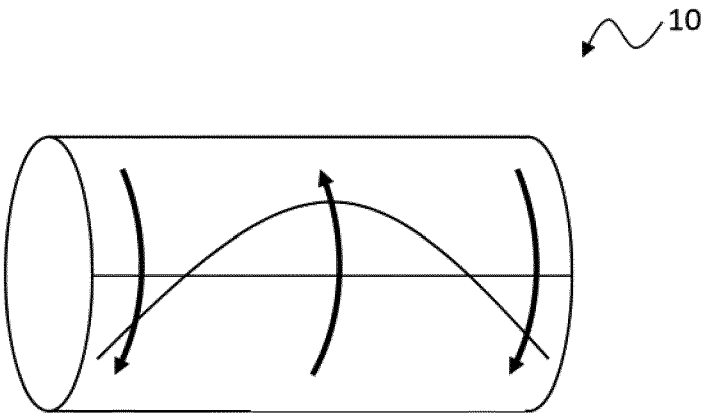


Fig. 4

3/3

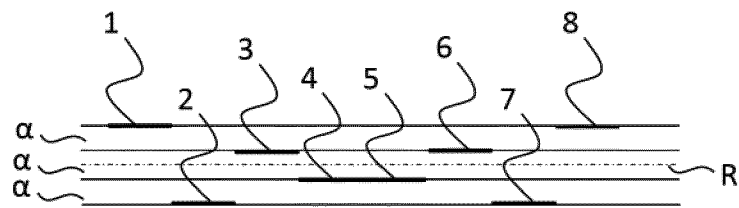


Fig. 5

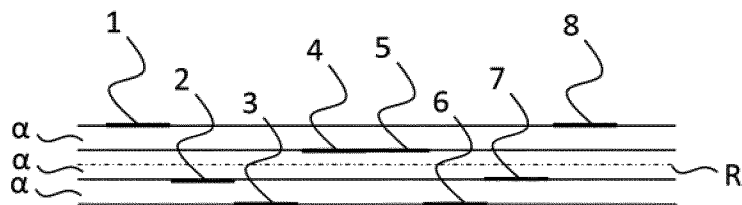


Fig. 6

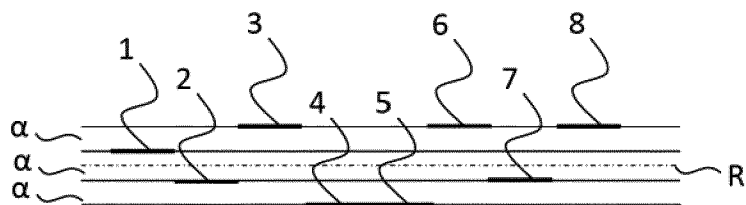


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/074971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 29/03**(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	US 2013169097 A1 (SABAN DANIEL M [US] ET AL) 04 July 2013 (2013-07-04)	1,2,4-9
Y	the whole document	3,10
Y	US 8134273 B2 (VOLLMER ROLF [DE]; ZIEGLER MARCUS [DE]; SIEMENS AG [DE]) 13 March 2012 (2012-03-13) figures 8-9	3
Y	DE 102012205191 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 02 October 2013 (2013-10-02) figure 1	10



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

10 December 2019

Date of mailing of the international search report

17 December 2019

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

Mazagão Guerreiro, R

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/074971

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2013169097	A1	04 July 2013	NONE			
US	8134273	B2	13 March 2012	DE	102006033718	A1	31 January 2008
				JP	5279709	B2	04 September 2013
				JP	2009544269	A	10 December 2009
				US	2010052466	A1	04 March 2010
				WO	2008009706	A1	24 January 2008
DE	102012205191	A1	02 October 2013	CN	104137391	A	05 November 2014
				DE	102012205191	A1	02 October 2013
				EP	2831978	A2	04 February 2015
				US	2015015107	A1	15 January 2015
				WO	2013143785	A2	03 October 2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K29/03
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	US 2013/169097 A1 (SABAN DANIEL M [US] ET AL) 4. Juli 2013 (2013-07-04)	1,2,4-9
Y	das ganze Dokument	3,10
Y	US 8 134 273 B2 (VOLLMER ROLF [DE]; ZIEGLER MARCUS [DE]; SIEMENS AG [DE]) 13. März 2012 (2012-03-13) Abbildungen 8-9	3
Y	DE 10 2012 205191 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) Abbildung 1	10



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

10. Dezember 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/12/2019

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

Mazagão Guerreiro, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/074971

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013169097 A1	04-07-2013	KEINE	

US 8134273 B2	13-03-2012	DE 102006033718 A1	31-01-2008
		JP 5279709 B2	04-09-2013
		JP 2009544269 A	10-12-2009
		US 2010052466 A1	04-03-2010
		WO 2008009706 A1	24-01-2008

DE 102012205191 A1	02-10-2013	CN 104137391 A	05-11-2014
		DE 102012205191 A1	02-10-2013
		EP 2831978 A2	04-02-2015
		US 2015015107 A1	15-01-2015
		WO 2013143785 A2	03-10-2013
