

(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
11. Oktober 2012 (11.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/136464 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 1/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/054760

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2012 (19.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 006 918.6 7. April 2011 (07.04.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRACH, Karsten**
[DE/DE]; Wolburgsweg 34 A, 13589 Berlin (DE).
GRÜNING, Arne [DE/DE]; Höllgasse 24, 94032 Passau
(DE). **MÖHLE, Axel** [DE/DE]; Zimmermannstraße 16,
12163 Berlin (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506
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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
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.

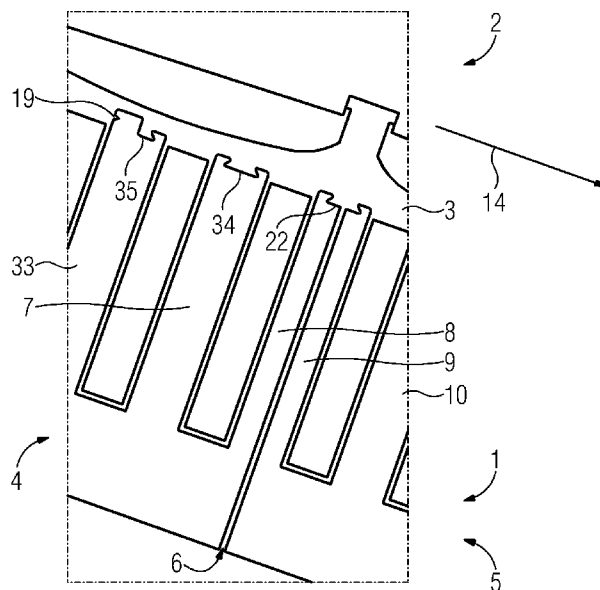
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC MACHINE HAVING SUPPORTED TEETH

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE MASCHINE MIT ABGESTÜTZTEN ZÄHNEN

FIG 5



(57) Abstract: It is intended to reduce latching and/or oscillating moments of a segmented electric machine. An electric machine having a first and a second active part (1, 2), which are movable with respect to each other in one direction of movement (14), is therefore proposed, wherein the first active part (1) has a plurality of segments (4, 5), a plurality of teeth protrude from a yoke in each segment, an edge tooth (8, 9) of the plurality of teeth (7, 8, 9, 10, 33) located on a segment boundary (6) of the particular segment is designed to be thinner than an adjacent tooth (7, 10) of the plurality of teeth of the segment, and the edge tooth and the adjacent tooth are connected to each other at the tooth tips thereof by a connecting element of a first type. One pair of teeth of the plurality of teeth is connected by a connecting element of a second type, which has a different shape from the connecting element of the first type. At least two teeth of the segment (4, 5) that are not located on the segment boundary or on a different segment boundary (6) of the segment are connected to one another in a form-fitting manner at the tooth tips thereof by a further connecting element of the first type, wherein the two teeth and/or the further

connecting element of the first type are configured in such a manner, or the connecting element is arranged on the two teeth in such a manner, that a latching moment or oscillating moment of the first active part in relation to the second active part is smaller than in the event of the further connecting element being of the second type.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Es sollen Rast- und/oder Pendelmomente einer segmentierten elektrischen Maschine reduziert werden. Daher wird eine elektrische Maschine mit einem ersten und einem zweiten Aktivteil (1, 2), die in einer Bewegungsrichtung (14) zueinander bewegbar sind, vorgeschlagen, wobei das erste Aktivteil (1) mehrere Segmente (4, 5) aufweist, bei jedem Segment mehrere Zähne von einem Joch abstehen, ein Randzahn (8,9) der mehreren Zähne (7, 8, 9, 10, 33), der sich an einer Segmentgrenze (6) des jeweiligen Segments befindet, dünner ausgebildet ist als ein benachbarter Zahn (7,10) der mehreren Zähne des Segments, und der Randzahn und der benachbarte Zahn an ihren Zahnköpfen durch ein Verbindungselement ersten Typs miteinander verbunden sind. Ein Zahnpaar der mehreren Zähne ist durch ein Verbindungselement zweiten Typs verbunden, das eine andere Form besitzt als das Verbindungselement ersten Typs. Mindestens zwei Zähne des Segments (4, 5), die nicht an der oder an einer anderen Segmentgrenze (6) des Segments liegen, sind an ihren Zahnköpfen durch ein weiteres Verbindungselement ersten Typs formschlüssig miteinander verbunden, wobei die zwei Zähne und/oder das weitere Verbindungselement ersten Typs so gestaltet sind, oder das Verbindungselement an den zwei Zähnen so angeordnet ist, dass ein Rastmoment oder Pendelmoment des ersten Aktivteils gegenüber dem zweiten Aktivteil kleiner ist als in dem Fall, dass das weitere Verbindungselement vom zweiten Typ wäre.

Beschreibung

Elektrische Maschine mit abgestützten Zähnen

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem ersten und einem zweiten Aktivteil, die in einer Bewegungsrichtung zueinander bewegbar sind, wobei das erste Aktivteil mehrere Segmente aufweist, bei jedem Segment mehrere Zähne von einem Joch abstehen, ein Randzahn der mehreren
10 Zähne, der sich an einer Segmentgrenze des jeweiligen Segments befindet, dünner ausgebildet ist als ein benachbarter Zahn der mehreren Zähne des Segments, der Randzahn und der benachbarte Zahn an ihren Zahnköpfen durch ein Verbindungselement ersten Typs miteinander verbunden sind, und ein Zahn-
15 paar der mehreren Zähne mit vorgegebener Geometrie durch ein Verbindungselement zweiten Typs verbunden ist, das eine andere Form besitzt als das Verbindungselement ersten Typs.

Bei segmentierten elektrischen Maschinen, beispielsweise direkt getriebenen Windgeneratoren, kann an der Grenze zwischen zwei Segmenten ein Zahn geteilt sein. Damit sich dieser halbe Zahn nicht unter der Einwirkung elektromagnetischer Kräfte verformt oder in Schwingungen gerät, ist dieser abzustützen. Zur Abstützung der halben Zähne zweier benachbarter Segmente
25 wird bei der Montage der Segmente in die Fuge zwischen den beiden Segmenten eine so genannte Beilage eingelegt. Diese kann beispielsweise eine harzgetränkte Glasfasermatte sein, die nach der Montage in der Fuge aushärtet. Nach der Aushärtung ist die Fuge zwischen den Segmenten ausgefüllt und es erfolgt über die Matte eine gegenseitige Abstützung der beiden halben Zähne, sodass diese Druckkräfte durch den elektrischen Leiter in der Nut aufnehmen können und mechanische Schwingungen der Zähne vermieden werden. Die Verwendung einer Beilage ist bei der Montage einer segmentierten Maschine in
35 den Fertigungsstätten eines Herstellers relativ unproblematisch, erweist sich jedoch bei der Montage in ungünstigen Umgebungen als schwieriger, da ein weiteres Bauelement einge-

passt werden muss, und die Verwendung von Harzen, Klebstoffen oder ähnlichem erforderlich ist.

Entsprechend der nachveröffentlichten Druckschrift

5 DE 10 2010 039 381 ist bei einer elektrischen Maschine, welche ein Aktivteil mit Zähnen aufweist, ein erster Zahn über ein Ankerelement mit einem zweiten Zahn mechanisch verbunden. Das Ankerelement ist beispielsweise zur Aufnahme einer Zugbelastung und/oder einer Druckbelastung vorgesehen. Ein derartiges Ankerelement ist insbesondere bei einem mechanisch geschwächten Zahn wie einem Halbzahn, vorteilhaft. Das Ankerelement greift von einem Zahn zum anderen und verbindet diese. Um die Stabilität zu erhöhen kann das Ankerelement eine Vorspannung aufweisen. Durch eine derartige Abstützung der
10 Randzähne an den Segmentgrenzen können jedenfalls diese gegen mechanische und elektromagnetische Schwingungen geschützt werden. Damit kann insbesondere auch der Extremfall vermieden werden, dass die halben Zähne ausbrechen und zur Beschädigung bzw. dem Totalausfall der elektrischen Maschine führen.

20

Durch die oben geschilderten Maßnahmen werden jeweils die beiden Randzähne eines Segments abgestützt. Da elektrische Maschinen häufig mit mindestens drei Phasen ausgeführt sind, ist unmittelbar einsichtig, dass durch die geschilderten Maßnahmen eine Unsymmetrie in der Maschine erzeugt wird. Die geometrischen Unregelmäßigkeiten der elektrischen Maschine führen zu Rastmomenten im nicht bestromten Zustand des Ständers und zu Pendelmomenten im bestromten Zustand des Ständers. Diese Nachteile wurden billigend in Kauf genommen.

30

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, Rast- und/oder Pendelmomente bei segmentierten Maschinen mit halben bzw. dünner ausgebildeten Randzähnen zu reduzieren.

35 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine elektrische Maschine mit

- einem ersten und einem zweiten Aktivteil, die in einer Bewegungsrichtung zueinander bewegbar sind, wobei

- das erste Aktivteil mehrere Segmente aufweist,
- bei jedem Segment mehrere Zähne, von einem Joch abste-
- ein Randzahn der mehreren Zähne, der sich an einer Seg-
- 5 mentgrenze des jeweiligen Segments befindet, dünner aus-
- gebildet ist als ein benachbarter Zahn der mehreren Zäh-
- ne des Segments, und
- der Randzahn und der benachbarte Zahn an ihren Zahnköp-
- fen durch ein Verbindungselement ersten Typs miteinander
- 10 verbunden sind,
- ein Zahnpaar der mehreren Zähne mit vorgegebener Geomet-
- rie durch ein Verbindungselement zweiten Typs verbunden
- ist, das eine andere Form besitzt als das Verbindungs-
- element ersten Typs,
- 15 - ein weiteres Zahnpaar der mehreren Zähne des Segments,
- das nicht an der oder einer anderen Segmentgrenze des
- Segments liegt, an den Zahnköpfen durch ein weiteres
- Verbindungselement miteinander verbunden ist, und wobei
- das weitere Zahnpaar und/oder das weitere Verbindungs-
- 20 element so gestaltet sind, dass ein Rastmoment oder Pen-
- delmoment des ersten Aktivteils gegenüber dem zweiten
- Aktivteil kleiner ist als in dem Fall, dass das weitere
- Verbindungselement vom zweiten Typ wäre und die Zähne
- des weiteren Zahnpaars die vorgegebene Geometrie besä-
- 25 ßen.

Es werden also entsprechend der vorliegenden Erfindung die Zahnköpfe und/oder Verbindungselemente auch innerhalb des Segments der elektrischen Maschine verändert gegenüber Zahn-

30 paaren mit vorgegebener Geometrie und Verbindungselementen zweiten Typs. Durch diese veränderte Geometrie der Zähne bzw. diese geänderten Verbindungselemente wird eine magnetische Ausgewogenheit der Aktivteile im Stillstand und beim Betrieb der elektrischen Maschine erreicht. Damit reduzieren sich die

35 Rast- und Pendelmomente. Gegebenenfalls wird die Geometrie des ersten Aktivteils, das mehrere Segmente aufweist, nur so verändert, dass die Rastmomente oder die Pendelmomente reduziert werden.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem ersten Aktivteil um einen Ständer der elektrischen Maschine. Insbesondere kann es sich um einen Torquemotor oder um einen Linearmotor handeln. Außerdem kann die elektrische Maschine ein Generator oder Motor sein.

Speziell kann zwischen allen benachbarten der mehreren Zähne eines Segments jeweils eine Nut ausgebildet sein, in die ein Teil einer elektrischen Wicklung eingefügt ist. Die jeweilige elektrische Wicklung kann unterschiedlichen elektrischen Phasen zugeordnet sein.

Bei einer Ausführungsform ist zwischen zwei benachbarten Zähnen der mehreren Zähne außer dem Randzahn ein Keil als Verbindungselement zweiten Typs eingefügt. Derartige Keile mit keilförmigen Rändern sind leicht herzustellen und ohne hohen Aufwand in die Nuten zweier benachbarter Zahnköpfe einzufügen.

Das Verbindungselement ersten Typs, das den Randzahn des Segments stützt und/oder das weitere Verbindungselement, das Zähne innerhalb des Segments stützt, können jeweils eine Klammer aufweisen. Dies hat den Vorteil, dass speziell der Randzahn eines Segments durch die Klammer zur Mitte des Segments, also zu den anderen Zähnen hingezogen werden kann. Im Gegensatz dazu werden durch übliche Keile die Zähne voneinander weggedrückt, was gerade an der Segmentgrenze kritisch ist.

Die zwei Zähne im Inneren des Segments können jeweils an ihrem Zahnkopf eine Nut aufweisen, die eine Hinterschneidung besitzt, in die das weitere Verbindungselement greift. Allein durch diese Nut ergibt sich eine Geometrieänderung, die zu einer Reduzierung des Rast- und/oder Pendelmoments genutzt werden kann. Aber auch das Verbindungselement selbst, das beispielsweise auch einen hantelförmigen Querschnitt besitzen kann, kann zur bewussten Veränderung der Geometrie beitragen.

Das weitere Zahnpaar im Inneren des Segments, das durch das weitere Verbindungselement verbunden ist, kann asymmetrisch zur Segmentmitte angeordnet sein. Alternativ kann es natürlich auch symmetrisch zur Segmentmitte vorgesehen sein. Die Wahl der Position des Zahnpaars hängt von der Möglichkeit ab, das Rast- bzw. Pendelmoment reduzieren zu können.

Außerdem können mehrere Zahnpaare der mehreren Zähne außer dem Randzahn in dem Segment jeweils mit einem Verbindungselement ersten Typs an ihren Zahnköpfen miteinander verbunden sein. Es wird also bewusst innerhalb eines Segments nicht nur ein einziges Zahnpaar zur Reduktion von Rast- und Pendelmoment verändert, sondern es können auch mehrere Zahnpaare verändert werden gegenüber der vorgegebenen Geometrie der Zähne und dem Verbindungselement zweiten Typs.

Des Weiteren kann der Zahnkopf eines Zahns der mehreren Zähne unsymmetrisch ausgebildet sein. Insbesondere kann er bezüglich einer Ebene senkrecht zur Bewegungsrichtung in der Mitte des Zahns unsymmetrisch sein. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn zu dem benachbarten Zahn auf der einen Seite für das jeweilige Verbindungselement eine andere Nut notwendig ist als für das Verbindungselement zu dem benachbarten Zahn auf der anderen Seite.

Zur Reduktion des Rast- und Pendelmoments kann alternativ oder zusätzlich auch die Form des Verbindungselements gegenüber dem zweiten Typ verändert werden. So können insbesondere, wie soeben angedeutet, an einem der mehreren Zähne unterschiedlich geformte Verbindungselemente zum Verbinden mit einem benachbarten Zahn angreifen. Damit werden, abgesehen von der Abstützung der Randzähne des Segments im Inneren des Segments nicht nur beispielsweise Keile, sondern auch Klammern oder anders geformte Verbindungselemente eingesetzt.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

- FIG 1 einen Ausschnitt einer elektrischen Maschine mit segmentiertem Ständer an der Segmentgrenze;
FIG 2 einen Ausschnitt des segmentierten Ständers vom Inneren des Segments;
5 FIG 3 eine alternative Ausführungsform gegenüber FIG 2;
FIG 4 eine noch andere Ausführungsform gegenüber FIG 2 und
FIG 5 eine alternative Ausführungsform mit zusätzlicher Störung unmittelbar neben der Segmentgrenze.

10

Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

- 15 Bei der elektrischen Maschine handelt es sich beispielsweise um einen Motor oder Generator. Auch kann es sich um eine rotatorische Maschine oder beispielsweise einen Linearmotor handeln. In jedem Fall weist die elektrische Maschine ein
erstes Aktivteil 1 und ein zweites Aktivteil 2 auf, wie dies
20 in FIG 1 angedeutet ist. Bei dem ersten Aktivteil 1 handelt es sich beispielsweise um einen Ständer, während es sich bei dem zweiten Aktivteil 2 dann um einen Läufer handelt. Zwischen den beiden Aktivteilen 1 und 2 befindet sich ein Luftspalt 3.

25

- Das erste Aktivteil 1 ist segmentiert. Es besitzt also mehrere Segmente 4, 5, die an einer Segmentfugen bzw. Segmentgrenze 6 aneinanderstoßen. Jedes Segment 4, 5 besitzt Zähne 7 bis 11, die bei jedem Segment durch ein jeweiliges Joch 12, 13
30 miteinander verbunden sind. Die Zähne 7 bis 11 sind in Richtung auf das zweite Aktivteil 2 ausgerichtet.

- Das zweite Aktivteil 2 bewegt sich in Bewegungsrichtung 14 relativ zu dem ersten Aktivteil 1. Die Zähne 7 bis 11 stehen
35 senkrecht zu der Bewegungsrichtung 14 ebenso wie die Segmentfuge bzw. der Segmentspalt 6.

Am Rand jedes Segments 4, 5 befindet sich ein Halbzahn 8, 9. Die beiden Halbzähne 8, 9, die durch die Segmentfuge 6 voneinander getrennt sind, besitzen zusammen etwa die Dicke eines „normalen“ Zahns 7, 10, 11. Zwischen den einzelnen Zähnen 7 bis 11 befinden sich Nuten, in die Wicklungen 15 bis 18 eingefügt sind. Die Wicklungen bzw. Wicklungsteile sind beispielsweise unterschiedlichen Phasen zugeordnet. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um eine Drei-Phasen-Maschine, wobei die Wicklungen 15, 18 einer ersten Phase, die Wicklung 16 einer zweiten Phase und die Wicklung 17 einer dritten Phase zugeordnet ist.

Um die Wicklungen stabil in den Nuten zwischen den Zähnen zu halten, werden üblicherweise Keile (Beispiel für Verbindungselemente zweiten Typs) mit keilförmigen Rändern zwischen die Zahnköpfe zweier benachbarter Zähne eingefügt, sodass die jeweilige Wicklung in der Nut verschlossen ist. Dazu besitzt der Zahnkopf des Zahns 7 beispielsweise eine seitlich zum benachbarten Zahn (in FIG 1 nicht mehr sichtbar) gerichtete Nut 19. Ein Zahn mit einer solchen Nut besitzt beispielsweise eine vorgegebene Geometrie. In FIG 1 ist der Keil nicht eingezeichnet.

Da die Randzähne 8, 9 nur in etwa halb so dick sind wie „normale“ Zähne 7, 10, 11 sind sie entsprechend weniger stabil. Aus diesem Grund wird beispielsweise der Randzahn 8 an dem nächst benachbarten Zahn 7 des Segments 4 abgestützt. Dies erfolgt beispielsweise durch eine Klammer 20 als Verbindungselement ersten Typs. Die Klammer 20 greift in Nuten 21, 22, die jeweils Hinterschneidungen besitzen, der beiden Zähne 7, 8.

Dadurch, dass die Randzähne 8, 9 durch Klammern 20 als Verbindungselemente gehalten werden und im Inneren der Segmente 4, 5 derartige Maßnahmen nicht notwendig sind, ergeben sich geometrische und damit auch magnetische Unregelmäßigkeiten, die zu Rast- und Pendelmomenten führen.

Um derartige Rast- und Pendelmomente zu reduzieren wird nun erfindungsgemäß im Inneren der Segmente an den Zahnköpfen eine oder mehrere Veränderungen durchgeführt, die die magnetischen Auswirkungen der Abstützungen der Randzähne 8, 9 kompensieren sollen. So wird beispielsweise gemäß FIG 2 in einer Ausführungsform in der Segmentmitte an den Zahnköpfen 23, 24 ein gleiches Verbindungselement ersten Typs oder ein ähnliches Verbindungselement wie an den Randzähnen 8, 9 angebracht. Es werden hierzu die Zahnköpfe beider Zähne 23, 24 verändert gegenüber beispielsweise den Zahnköpfen üblicher Zähne 25, 26 mit der jeweils vorgegebenen Geometrie, die die einfachen keilförmigen Nuten 19 auf einer Seite oder auf beiden Seiten besitzen. Die Zahnköpfe der Zähne 23 und 24 werden hier auch mit Nuten 27, 28 ausgestattet, die Hinterschneidungen besitzen. So können die beiden Zähne 23, 24 ebenfalls durch beispielsweise eine Klammer 20 verbunden werden (in FIG 2 nicht eingezeichnet). Die Zahnköpfe der Zähne 23, 24 können aber auch anderweitig verändert werden, sodass andere Verbindungselemente, beispielsweise hantelförmige Verbindungselemente, eingesetzt werden können. Hinsichtlich der Form der möglichen einsetzbaren Verbindungselemente wird explizit auf die Druckschrift DE 10 2010 039 381 verwiesen.

Durch die Veränderung der Zahnköpfe und/oder Verbindungselemente ändert sich der Luftspalt 3 beziehungsweise der entsprechende magnetische Kreis. Diese magnetischen Änderungen können zu einer Reduktion der Rast- und Pendelmomente führen.

In dem Beispiel von FIG 3 ist ebenfalls in der Segmentmitte eine Veränderung der Zähne 23, 24 gegenüber vorgegebenen Geometrien für Verbindungselemente zweiten Typs (z.B. einfache Keile) vorgesehen. Hier sind die Nuten 29, 30 in den Zahnköpfen der beiden Zähne deutlich breiter in Bewegungsrichtung 14 ausgebildet als die Nuten 27, 28 in dem Beispiel von FIG 2. Durch diese breiteren Nuten 29, 30 sind die Zahnköpfe anders verändert als durch die schmälere Nuten 27, 28. Auch diese Veränderung der Zahnköpfe kann hinsichtlich der Rast- und Pendelmomente vorteilhaft sein.

Darüber hinaus können gemäß FIG 4 die Nuten 31, 32 in den Zahnköpfen der Zähne 23, 24 auch mit schrägen Wänden versehen sein. Es wird damit nur angedeutet, dass die Form der Nuten durchaus verändert werden kann, auch wenn die Verbindungselemente zwischen den Zahnköpfen (z.B. Keile, Klammern, etc.) gleich bleiben. Allein durch die Geometrie der Zahnköpfe kann somit eine Verbesserung hinsichtlich Rast- und Pendelmomenten erreicht werden. Selbstverständlich können aber auch die Verbindungselemente zwischen den Zahnköpfen variiert werden.

10 Auch dies verändert den Luftspalt 3 bzw. den magnetischen Kreis.

In FIG 5 ist ein weiteres Beispiel dargestellt, wie die Rast- und/oder Pendelmomente reduziert werden können. Diese Ausführungsform basiert auf dem Beispiel von FIG 1. Hier ist jedoch nicht nur der Randzahn 8 an dem benachbarten Zahn 7 abgestützt (die Klammer 20 ist nicht eingezeichnet), sondern es ist auch der Zahn 7 an seinem benachbarten Zahn 33 abgestützt bzw. mit diesem am Zahnkopf durch ein Verbindungselement

20 (hier ebenfalls nicht eingezeichnet) verbunden. Daher weisen die Zahnköpfe der Zähne 7 und 33 entsprechende Nuten 34, 35 auf. Die Nut 34 des Zahns 7 hat nach beiden Seiten hin Hinterschneidungen. Die Nut 35 des Zahns 33 hat zu dem Zahn 7 hin eine Hinterschneidung. Damit können beispielsweise an dem

25 Zahn 7 zwei Klammern angreifen, eine hin zum Randzahn 8 und die andere hin zum benachbarten Zahn 33 auf der anderen Seite. Es sind hier also Zahnköpfe nicht nur in der Mitte des jeweiligen Segments an die Abstützung am Rand des Segments angepasst, sondern auch Zähne abseits von der Mitte. Prinzipiell kann jedes Zahnpaar, insbesondere auch ein einzelner

30 Zahn, in dem Segment so verändert werden, dass die Abstützung des Randzahns am Segmentende magnetisch kompensiert wird.

Ferner können auch mehr als eine zusätzliche „Störstelle“

35 (Stelle mit veränderten Zahnköpfen bzw. Verbindungselementen), beispielsweise Ausnehmungen in mehreren Zahnköpfen vorgesehen sein. Grundprinzip ist immer das gezielte Einbringen zusätzlicher magnetischer Störungen, die die Maßnahmen zur

Befestigung der Halbzähne kompensieren. Diese Störungen werden so bemessen, dass die Rast- und Pendelmomente minimiert und das mittlere Drehmoment nur möglichst wenig verringert werden. Es treten dann trotz der magnetischen Störungen durch
5 die Abstützung der halben Randzähne einer segmentierten elektrischen Maschine keine signifikanten Pendelmomente auf.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit

- einem ersten und einem zweiten Aktivteil (12), die in
5 einer Bewegungsrichtung (14) zueinander bewegbar sind,
wobei
 - das erste Aktivteil (1) mehrere Segmente (4,5) aufweist,
 - bei jedem Segment (4,5) mehrere Zähne (7 bis 11, 23 bis
26,33), von einem Joch (12,13) abstehen,
 - 10 - ein Randzahn (8,9) der mehreren Zähne (7 bis 11, 23 bis
26,33), der sich an einer Segmentgrenze (6) des jeweili-
gen Segments befindet, dünner ausgebildet ist als ein
benachbarter Zahn (7) der mehreren Zähne des Segments,
und
 - 15 - der Randzahn (8,9) und der benachbarte Zahn (7) an ihren
Zahnköpfen durch ein Verbindungselement ersten Typs (20)
miteinander verbunden sind, und
 - ein Zahnpaar (25,26) der mehreren Zähne mit vorgegebener
Geometrie durch ein Verbindungselement zweiten Typs ver-
20 bunden ist, das eine andere Form besitzt als das Verbin-
dungselement ersten Typs (20),
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- ein weiteres Zahnpaar (23,24) der mehreren Zähne (7 bis
11, 23 bis 26,33) des Segments, das nicht an der oder
25 einer anderen Segmentgrenze des Segments liegt, an den
Zahnköpfen durch ein weiteres Verbindungselement mitein-
ander verbunden ist, wobei
 - das weitere Zahnpaar (23,24) und/oder das weitere Ver-
bindungselement so gestaltet sind, dass ein Rastmoment
30 oder Pendelmoment des ersten Aktivteils (1) gegenüber
dem zweiten Aktivteil (2) kleiner ist als in dem Fall,
dass das weitere Verbindungselement vom zweiten Typ wäre
und die Zähne des weiteren Zahnpaars (23,24) die vorge-
gebene Geometrie besäßen.

35

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei das erste Ak-
tivteil (1) ein Ständer der elektrischen Maschine ist.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei zwischen allen benachbarten der mehreren Zähne (7 bis 11, 23 bis 26, 33) jeweils eine Nut ausgebildet ist, in die ein Teil einer elektrischen Wicklung (15 bis 18) eingefügt ist.

5

4. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen zwei benachbarten Zähnen (23,25) der mehreren Zähne (7 bis 11, 23 bis 26, 33) außer dem Randzahn (8, 9) ein Keil als Verbindungselement zweiten Typs eingefügt ist.

10

5. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verbindungselement ersten Typs (20) und/oder das weitere Verbindungselement eine Klammer aufweisen.

15

6. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zähne des weiteren Zahnpaars (23,24) jeweils am Zahnkopf eine Nut (27,28) aufweisen, die eine Hinterschneidung besitzt, in die das weitere Verbindungselement greift.

20

7. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das weitere Zahnpaar (23,24) asymmetrisch zur Segmentmitte angeordnet ist.

25

8. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere Zahnpaare der mehreren Zähne (7 bis 11, 23 bis 26, 33) außer dem Randzahn in dem Segment (4,5) jeweils mit einem Verbindungselement ersten Typs an ihren Zahnköpfen miteinander verbunden sind.

30

9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Zahnkopf eines Zahns der mehreren Zähne (7 bis 11, 23 bis 26, 33) unsymmetrisch ausgebildet ist.

35

10. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an einem der mehreren Zähne (7 bis 11, 23 bis

26, 33) unterschiedlich geformte Verbindungselemente zum Verbinden mit einem benachbarten Zahn angreifen.

FIG 1

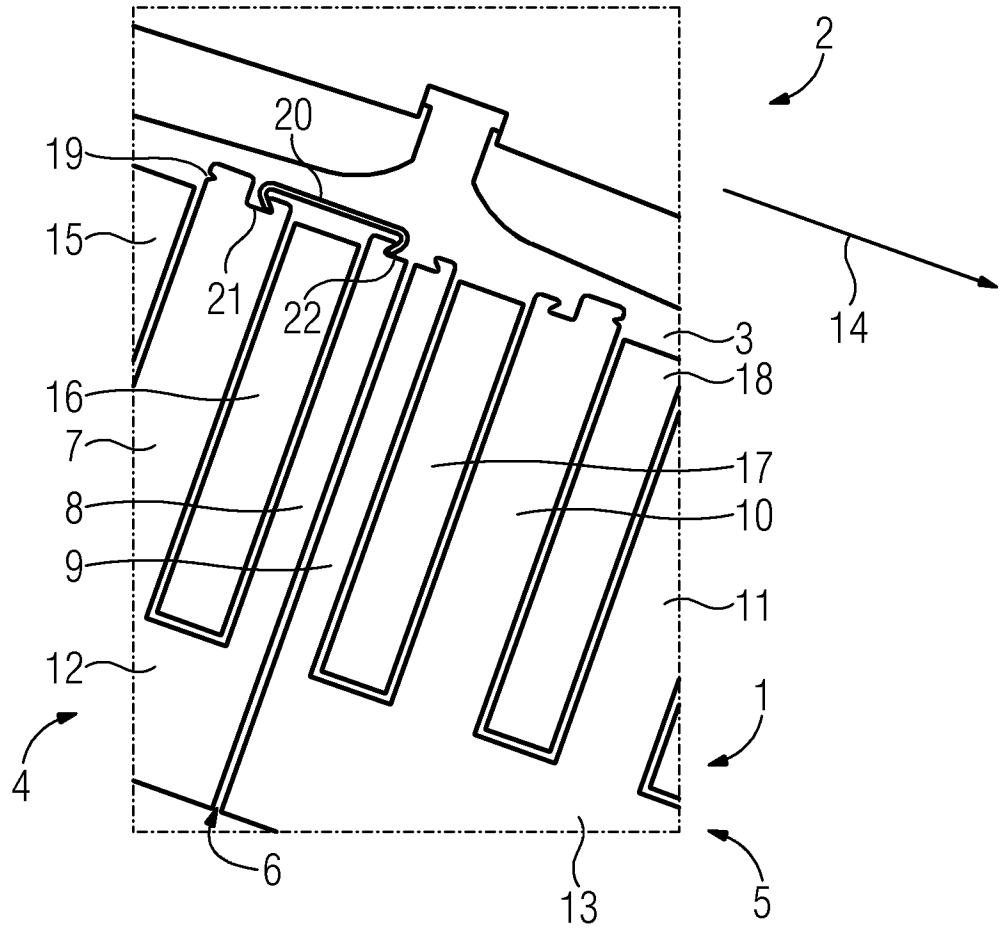


FIG 2

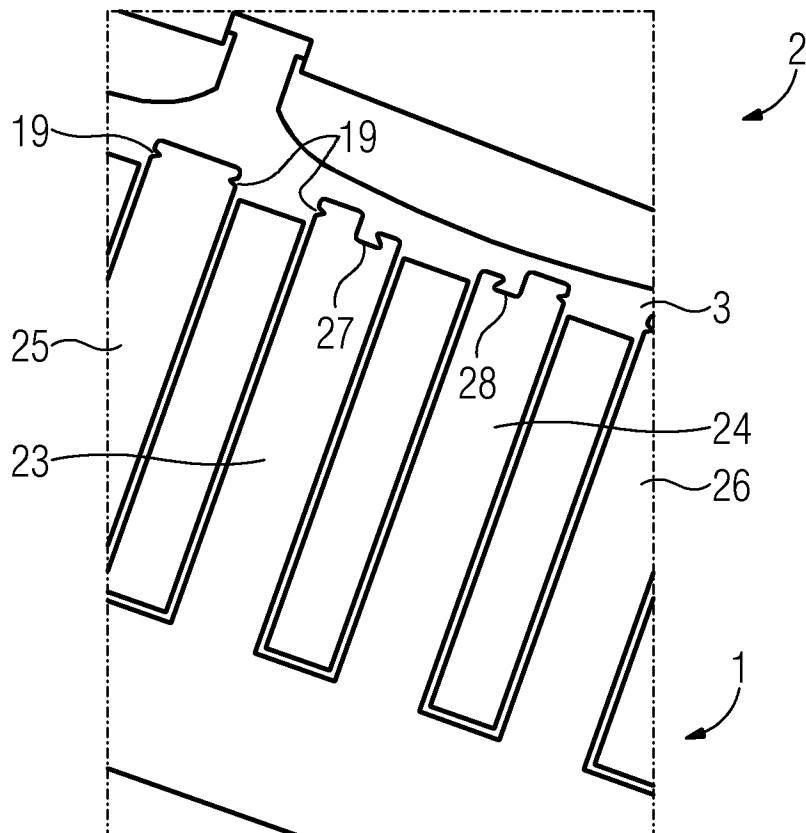


FIG 3

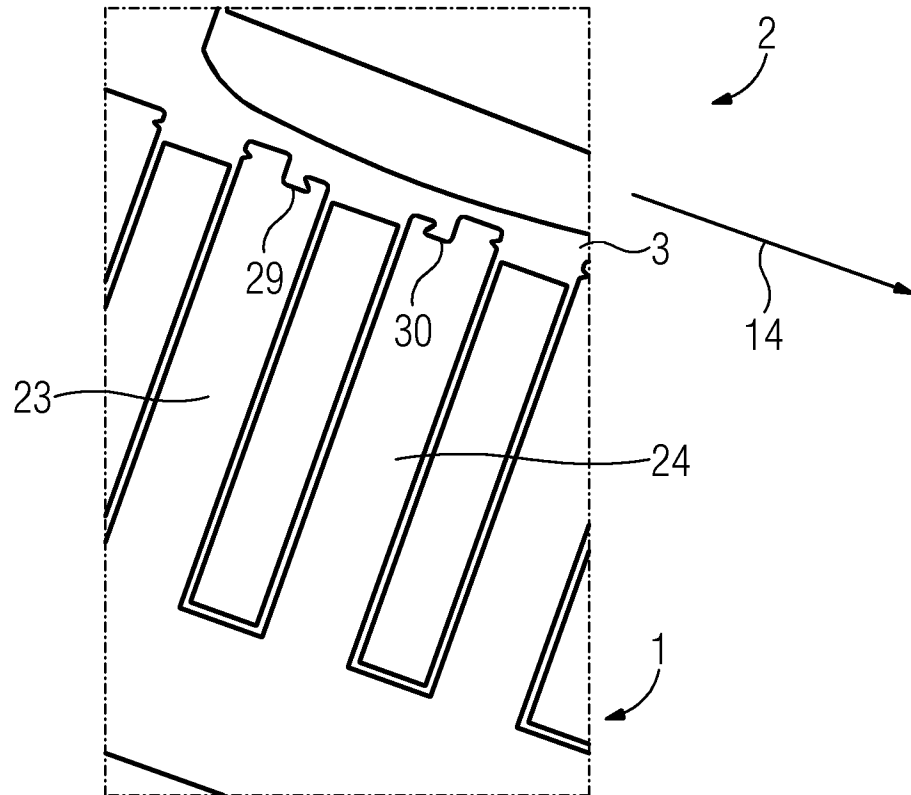


FIG 4

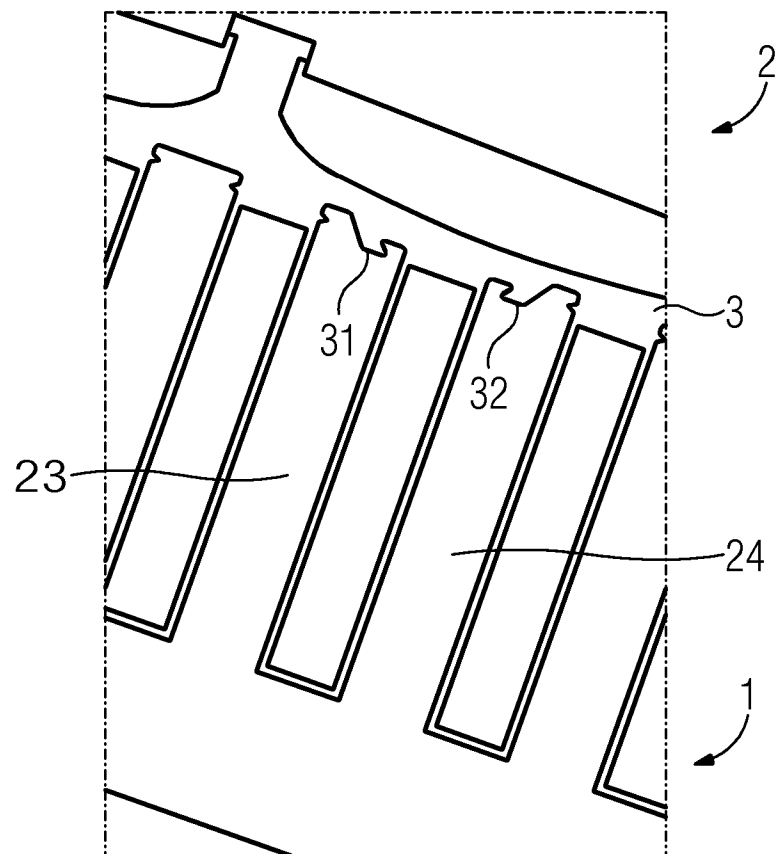


FIG 5

