

(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
16. Oktober 2014 (16.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/166811 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 21/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/056712

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. April 2014 (03.04.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 206 593.0
12. April 2013 (12.04.2013) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: KÖHLER, Marco; Hansgörglstr. 21, 91217
Hersbruck (DE). PETERMAIER, Korbinian; Barer
Straße 86 a, 80799 München (DE). SCHRAMM, Marco;
Georg-Strobel-Straße 7a, 90489 Nürnberg (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, LT, 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.

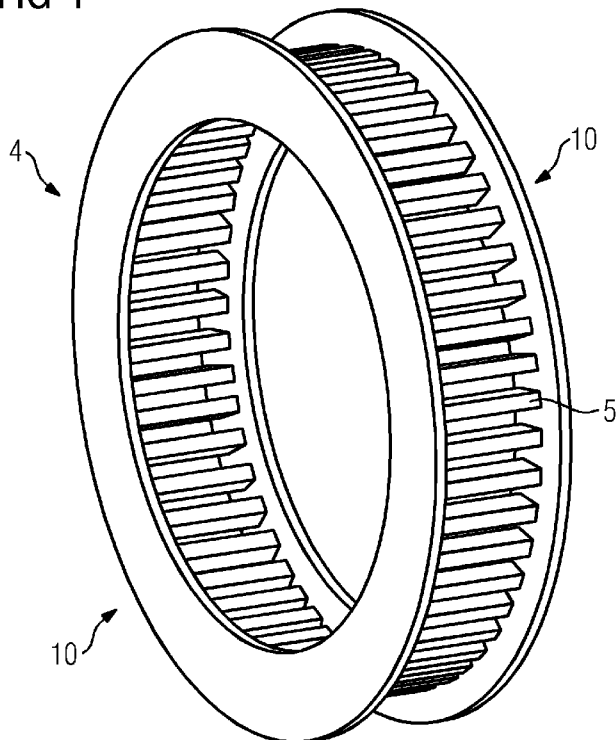
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AXIAL FLUX MACHINE HAVING A LIGHTWEIGHT DESIGN

(54) Bezeichnung : AXIALFLUSSMASCHINE IN LEICHTBAUWEISE

FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to an electric axial flux machine having a rotor shaft (1) that can be rotated about an axis of rotation (2). Two rotors (3) are arranged on the rotor shaft (1). Said rotors are spaced from each other in the direction of the axis of rotation (2). A stator (4) is arranged between the two rotors (3) in the direction of the axis of rotation (2). The stator (4) has a number of stator teeth (5), which each extend between two end regions (6) in the direction of the axis of rotation (2). The stator teeth (5) are arranged at a radial distance (r) from the axis of rotation (2) in an even distribution around the axis of rotation (2) and bear a stator winding system (7). The stator teeth (5) are connected to each other in each of the end regions (6) by means of a respective ring structure (10) and are connected to a housing (11) that surrounds the stator (4) radially on the outside.

(57) Zusammenfassung: Eine elektrische Axialflussmaschine weist eine um eine Rotationsachse
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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

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

(2) rotierbare Rotorwelle (1) auf. Auf der Rotorwelle (1) sind zwei Rotoren (3) angeordnet sind, die in Richtung der Rotationsachse (2) gesehen voneinander beabstandet sind. In Richtung der Rotationsachse (2) gesehen ist zwischen den beiden Rotoren (3) ein Stator (4) angeordnet. Der Stator (4) weist eine Anzahl von Statorzähnen (5) auf, die sich jeweils in Richtung der Rotationsachse (2) zwischen zwei Endbereichen (6) erstrecken. Die Statorzähne (5) sind in einem radialen Abstand (r) von der Rotationsachse (2) gleichmäßig um die Rotationsachse (2) herum verteilt angeordnet und tragen ein Statorwicklungssystem (7). Die Statorzähne (5) sind in den Endbereichen (6) über eine jeweilige Ringstruktur (10) miteinander und mit einem den Stator (4) radial außen umgebenden Gehäuse (11) verbunden.

Beschreibung

Axialflussmaschine in Leichtbauweise

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Axialflussmaschine,
- wobei die Axialflussmaschine eine um eine Rotationsachse rotierbare Rotorwelle aufweist, auf der zwei Rotoren angeordnet sind, die in Richtung der Rotationsachse gesehen

10 voneinander beabstandet sind,

 - wobei in Richtung der Rotationsachse gesehen zwischen den beiden Rotoren ein Stator angeordnet ist,
 - wobei der Stator eine Anzahl von Statorzähnen aufweist, die sich jeweils in Richtung der Rotationsachse zwischen zwei

15 Endbereichen erstrecken,

 - wobei die Statorzähne in einem radialen Abstand von der Rotationsachse gleichmäßig um die Rotationsachse herum verteilt angeordnet sind und ein Statorwicklungssystem tragen.
- 20 Eine derartige Axialflussmaschine ist beispielsweise aus dem Fachaufsatz „Analysis of the Yokeless and Segmented Armature machine“ von T.J. Woolmer und M.D. McCulloch bekannt.

Elektrische Axialflussmaschinen sind in verschiedenen Ausgestaltungen bekannt. So sind beispielsweise Axialflussmaschinen bekannt, welche ein einziges Läuferaktivteil und ein einziges Ständeraktivteil aufweisen. Weiterhin sind Axialflussmaschinen bekannt, die zwei Ständeraktivteile und ein einziges Läuferaktivteil oder umgekehrt zwei Läuferaktivteile und

30 ein einziges Ständeraktivteil aufweisen.

Bei Axialflussmaschinen, die zwei Läuferaktivteile und ein einziges Ständeraktivteil aufweisen, ist es möglich, die Axialflussmaschine ohne Ständerjoch auszubilden. In diesem Fall

35 sind im Stand der Technik die Wicklungen des Statorwicklungssystems als Einzelwicklungen ausgebildet, die jeweils auf einen Spulenträger gewickelt sind. Die Spulenträger sind in sich mechanisch stabile Elemente. Sie bestehen in der Regel

aus Kunststoff. Die Spulenträger sind jeweils auf einen Statorzahn aufgesteckt. Die Statorzähne werden am Umfang verteilt angeordnet.

5 Axialflussmaschinen bieten das Potenzial, bei relativ kleiner und leichter Bauweise ein relativ hohes Drehmoment und eine relativ hohe Nennleistung zur Verfügung zu stellen. Sie werden daher beispielsweise als kompakte Traktionsantriebe bei Fahrzeugen eingesetzt. Im eingangs genannten Stand der Tech-
10 nik ist beispielsweise beabsichtigt, die dort beschriebene Axialflussmaschine als Antrieb für ein Kraftfahrzeug zu verwenden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine
15 Axialflussmaschine der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass unter Beibehaltung der relativ leichten Bauweise auf einfache Weise eine mechanische Fixierung der Statorzähne relativ zueinander und eine mechanische Fixierung des Stators insgesamt in einem den Stator radial außen umge-
20 benden Gehäuse möglich ist.

Die Aufgabe wird durch eine Axialflussmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Axialflussmaschine sind Gegenstand der
25 abhängigen Ansprüche 2 bis 11.

Erfindungsgemäß wird eine Axialflussmaschine der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Statorzähne in den Endbereichen über eine jeweilige Ringstruktur miteinander und
30 mit einem den Stator radial außen umgebenden Gehäuse verbunden sind. Die Ringstrukturen bilden eine leichte und dennoch stabile Verbindung der genannten Komponenten untereinander aus.

35 Das Statorwicklungssystem weist Wicklungen auf. Es ist im Rahmen der erfindungsgemäßen Axialflussmaschine - ebenso wie im Stand der Technik - möglich, dass die Wicklungen auf Spulenträger gewickelt sind, die ihrerseits auf die Statorzähne

aufgesteckt sind. Vorzugsweise ist das Statorwicklungssystem jedoch direkt auf die Statorzähne gewickelt. Die Spulenträger, die zum einen (wenn auch nur relativ geringfügig) zum Gewicht der Axialflussmaschine beitragen und zum anderen (und dies meist in nennenswertem Umfang) Bauvolumen beanspruchen, können also entfallen.

Es ist - ebenso wie im Stand der Technik - möglich, dass das Statorwicklungssystem aus Einzelwicklungen besteht, die jeweils auf einen einzelnen Statorzahn gewickelt sind. Aufgrund der direkten Bewicklung der Statorzähne mit dem Statorwicklungssystem ist es jedoch alternativ ebenso möglich, dass das Statorwicklungssystem als verteiltes Wicklungssystem ausgebildet ist. Ein verteiltes Wicklungssystem weist elektromagnetische Vorteile gegenüber einem aus Einzelwicklungen bestehenden Wicklungssystem auf. Dies gilt insbesondere im Falle einer sogenannten Zweischichtwicklung.

Die Ringstrukturen können aus einem magnetisch leitfähigen Material bestehen, beispielsweise aus Stahl oder anderen Eisenlegierungen. Vorzugsweise bestehen die Ringstrukturen jedoch zur Vermeidung von Wirbelströmen aus einem elektrisch nicht leitfähigen Material. Weiterhin bestehen sie zur Vermeidung unerwünschter Einflüsse auf das elektromagnetische Verhalten der Axialflussmaschine vorzugsweise aus einem magnetisch nicht leitfähigen Material. Insbesondere können die Ringstrukturen aus einem faserverstärkten Kunststoff bestehen. Beispiele derartiger Kunststoffe sind CFK (= kohlefaserverstärkte Kunststoffe) oder GFK (= glasfaserverstärkte Kunststoffe).

Es ist möglich, dass die Ringstrukturen in Massivbauweise ausgebildet sind. Vorzugsweise jedoch sind die Ringstrukturen in Sandwichbauweise ausgebildet. Dies führt zu besonders leichten und dennoch mechanisch stabilen Ringstrukturen.

Es ist möglich, dass die Ringstrukturen tangential um die Rotationsachse herum gesehen als geschlossene Ringe ausgebildet

sind. Diese Ausgestaltung ist besonders einfach realisierbar. Alternativ können die Ringstrukturen aus einer Anzahl von Ringsegmenten bestehen. Diese Ausgestaltung kann fertigungstechnische Vorteile bieten.

5

Es ist möglich, dass die Ringstrukturen radial zur Rotationsachse gesehen als durchgängige Strukturen ausgebildet sind. In diesem Fall sind die Ringstrukturen besonders stabil. Alternativ können die Ringstrukturen aus einem radial inneren
10 Innenring und einem radial äußeren Außenring bestehen. Dies kann fertigungstechnische Vorteile aufweisen.

Es ist möglich, dass in Richtung der Rotationsachse gesehen die Ringstrukturen zwischen den Statorzähnen einerseits und
15 den Rotoren andererseits angeordnet sind. Diese Gestaltung ist besonders einfach. Alternativ ist es möglich, dass die Statorzähne zwischen die Ringstrukturen hineinragen oder die Statorzähne über die Ringstrukturen hinausragen. Diese Gestaltungen führen zu einer besonders kompakten Bauweise der
20 Axialflussmaschine.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung weisen die Statorzähne in den Endbereichen Stege auf, so dass die Statorzähne in den Endbereichen um die Rotationsachse herum gesehen
25 einen größeren Winkel überdecken als zwischen den Endbereichen. Diese Ausgestaltung kann zum einen montagetechnisch vorteilhaft sein, zum anderen beim Betrieb der Axialflussmaschine vorteilhaft sein.

30 Die Verbindung der Statorzähne mit den Ringstrukturen kann nach Bedarf ausgebildet sein. Insbesondere können die Statorzähne und die Ringstrukturen formschlüssig, kraftschlüssig, stoffschlüssig oder lösbar miteinander verbunden sein.

35 Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbei-

spiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

- FIG 1 einen Längsschnitt durch eine Axialflussmaschine,
5 FIG 2 einen Querschnitt durch einen Stator einer Axialflussmaschine,
FIG 3 ein Detail einer Ringstruktur,
FIG 4 eine perspektivische Darstellung eines Stators,
FIG 5 eine Axialflussmaschine in abgerollter Darstellung,
10 FIG 6 eine perspektivische Darstellung eines weiteren Stators,
FIG 7 einen Ausschnitt von FIG 6,
FIG 8 eine weitere perspektivische Darstellung eines Stators und
15 FIG 9 einen Ausschnitt von FIG 8.

Gemäß FIG 1 weist eine elektrische Axialflussmaschine eine Rotorwelle 1 auf. Die Rotorwelle 1 ist um eine Rotationsachse 2 rotierbar. Auf der Rotorwelle 1 sind zwei Rotoren 3 angeordnet. Die Rotoren 3 weisen in Axialrichtung (d.h. parallel zur Rotationsachse 2 gesehen) einen Abstand voneinander auf, sind also voneinander beabstandet. Zwischen den Rotoren 3 ist in Axialrichtung gesehen ein Stator 4 angeordnet. Die Rotoren 3 weisen üblicherweise Permanentmagnete und magnetisch leitfähige Joche auf.
25

Der Stator 4 weist gemäß FIG 2 eine Anzahl von Statorzähnen 5 auf. Die Statorzähne 5 können beispielsweise aus laminiertem Dynamoblech (SiFe, CoFe, ...) bestehen. Alternativ können sie beispielsweise aus SMC-Materialien (SMC = soft magnetic composites) gepresst oder aus magnetisch leitfähigen Pulverwerkstoffen gesintert sein. Die Statorzähne 5 erstrecken sich in Axialrichtung gemäß FIG 1 zwischen zwei Endbereichen 6. Als Endbereiche 6 gelten im Zweifelsfalle die jeweils axial äußersten 10 % der Statorzähne 5 oder weniger, vorzugsweise die jeweils axial äußersten 5 % der Statorzähne 5 oder weniger.
35

Die Statorzähne 5 sind in einem Radialabstand r von der Rotationsachse 2 angeordnet. Sie sind in Tangentialrichtung (d.h. um die Rotationsachse 2 herum) gesehen gleichmäßig verteilt angeordnet. Die Statorzähne 5 tragen ein in FIG 2 schematisch
5 angedeutetes Statorwicklungssystem 7. Das Statorwicklungssystem 7 ist vorzugsweise direkt auf die Statorzähne 5 gewickelt. Es ist zwar möglich, dass zwischen den Statorzähnen 5 und den Wicklungen 8 eine Isolierschicht 9 vorhanden ist, beispielsweise eine Isolierschicht 9 aus Papier. Eine in sich
10 mechanisch stabile Tragstruktur (d.h. ein Spulenträger) ist vorzugsweise jedoch nicht vorhanden.

Die Statorzähne 5 sind in den Endbereichen 6 über eine jeweilige Ringstruktur 10 miteinander verbunden. Die Statorzähne 5
15 sind über die Ringstrukturen 10 weiterhin mit einem Gehäuse 11 verbunden, welches den Stator 4 radial außen umgibt. Die Verbindung der Ringstrukturen 10 mit dem Gehäuse 11 kann nach Bedarf ausgebildet sein. Beispielsweise kann das Gehäuse 11 auf die Ringstrukturen 10 aufgeschrumpft sein. Alternativ
20 kann ein Formschluss bestehen. Beispielsweise können die Ringstrukturen 10 radial außen Ausnehmungen aufweisen (beispielsweise U-förmige Nuten), in welche korrespondierende Vorsprünge des Gehäuses 11 eingreifen. Alternativ sind auch andere Verbindungsarten möglich. Beispielsweise können die
25 Ringstrukturen 10 mit dem Gehäuse 11 verschraubt oder verklebt sein.

Die Ringstrukturen 10 bestehen vorzugsweise aus einem elektrisch nicht leitenden und/oder magnetisch nicht leitenden Material. Das Material sollte weiterhin möglichst leicht sein.
30 Beispielsweise können die Ringstrukturen 10 aus einem faserverstärkten Kunststoff bestehen, insbesondere aus CFK oder GFK. Zur möglichst weitgehenden Verringerung des Eigengewichts der Ringstrukturen 10 können die Ringstrukturen 10 gemäß FIG 3 in Sandwichbauweise ausgebildet sein. In diesem
35 Fall weisen die Ringstrukturen 10 gemäß FIG 3 mehrere Schichten 12 auf, die über eine fachwerkähnliche Struktur 13 miteinander verbunden sind.

Bei der Ausgestaltung der Axialflussmaschine gemäß den FIG 1 und 2 sind die Ringstrukturen 10 in Axialrichtung zwischen den Statorzähnen 5 einerseits und den Rotoren 3 andererseits angeordnet. Dies ist in der perspektivischen Darstellung von FIG 4 erkennbar und besonders deutlich aus der abgerollten Darstellung von FIG 5 sichtbar. Bei dieser Ausgestaltung können die Statorzähne 5 und die Ringstrukturen 10 auf nahezu beliebige Weise miteinander verbunden sein. Beispielsweise können die Statorzähne 5 und die Ringstrukturen 10 formschlüssig miteinander verbunden sein. Zur Realisierung einer formschlüssigen Verbindung können die Ringstrukturen 10 beispielsweise Stifte aufweisen, welche sich in Axialrichtung erstrecken. Die Statorzähne 5 können in diesem Fall korrespondierende Ausnehmungen aufweisen, in welche die Stifte eingreifen. Alternativ oder zusätzlich können die Statorzähne 5 und die Ringstrukturen 10 stoffschlüssig miteinander verbunden sein, beispielsweise miteinander verklebt oder vergossen. Alternativ zu einer stoffschlüssigen Verbindung - gegebenenfalls aber alternativ oder zusätzlich zu einer formschlüssigen Verbindung - können die Statorzähne 5 und die Ringstrukturen 10 lösbar miteinander verbunden sein, beispielsweise miteinander verschraubt.

Bei der Fertigung des Stators 4 werden vorzugsweise die Statorzähne 5 zuerst mit der einen Ringstruktur 10 verbunden und erst danach mit der anderen Ringstruktur 10. Es ist möglich, dass das Statorwicklungssystem 7 aus Einzelwicklungen 8 besteht, so wie in FIG 2 dargestellt. In diesem Fall können beispielsweise die Statorzähne 5 vor dem Verbinden mit der einen Ringstruktur 10 bewickelt werden und danach mit der Ringstruktur 10 verbunden werden. Alternativ können die Statorzähne 5 vor dem Bewickeln mit der einen Ringstruktur 10 verbunden werden. Auch in diesem Fall kann das Statorwicklungssystem 7 aus den Einzelwicklungen 8 bestehen. Falls die Statorzähne 5 vor dem Bewickeln mit der einen Ringstruktur 10 verbunden werden, ist es jedoch ebenso möglich, dass das Statorwicklungssystem 7 als verteiltes Wicklungssystem - sei es

als Einschichtwicklung, sei es als Zweischichtwicklung - ausgebildet ist.

Die Ringstrukturen 10 sind gemäß den Darstellungen der FIG 1
5 und 4 in Radialrichtung (d.h. auf die Rotationsachse 2 zu
bzw. von ihr weg gesehen) als durchgängige Strukturen ausge-
bildet, das heißt sie erstrecken sich in Radialrichtung ohne
Unterbrechung einstückig von einem Minimalabstand von der Ro-
tationsachse 2 bis zu einem Maximalabstand von der Rotation-
10 sache 2. Es ist alternativ möglich, dass die Ringstrukturen
10 gemäß den FIG 6 und 7 in Radialrichtung gesehen aus einem
radial inneren Innenring 14 und einem radial äußeren Außen-
ring 15 bestehen.

15 Im Falle der Aufteilung der Ringstrukturen 10 in den Innen-
ring 14 und den Außenring 15 können - wie bereits in Verbin-
dung mit den FIG 1 und 4 erwähnt - die Ringstrukturen 10 mit
den Statorzähnen 5 formschlüssig, stoffschlüssig oder lösbar
verbunden sein. Insbesondere im Falle der Aufteilung der
20 Ringstrukturen 10 in den Innenring 14 und den Außenring 15
ist alternativ jedoch ebenso möglich, dass die Statorzähne 5
und die Ringstrukturen 10 - zumindest teilweise - kraft-
schlüssig miteinander verbunden sind. Beispielsweise kann der
Außenring 15 von radial außen auf die Statorzähne 5 aufge-
25 schrumpft sein. In diesem Fall können - ebenso beispielsweise
- die Statorzähne 5 von radial außen an den Innenring 14 an-
gepresst sein.

In analoger Weise sind die Ringstrukturen 10 gemäß den Dar-
30 stellungen der FIG 1 und 4 in Tangentialrichtung gesehen als
geschlossene Ringe ausgebildet. Alternativ können die Ring-
strukturen 10 gemäß den FIG 6 und 7 aus einer Anzahl von
Ringsegmenten 16, 17 bestehen. Im Falle von Ringsegmenten 16,
17 erstrecken sich die Ringsegmente 16, 17 in Tangentialrich-
35 tung über mehrere Statorzähne 5. Meist sind die Ringsegmente
16, 17 jeweils mit vier bis zehn Statorzähnen 5 verbunden.
Alternativ oder zusätzlich erstrecken sich die Ringsegmente

16, 17, bezogen auf die Rotationsachse 2, in der Regel über einen Umfangswinkel, der zwischen 10° und 60° liegt.

Die Aufteilung der Ringstrukturen 10 in die Ringsegmente 16, 17 ist in den FIG 6 und 7 in Verbindung mit der Aufteilung der Ringstrukturen 10 in den Innenring 14 und den Außenring 15 dargestellt. Die Aufteilung der Ringstrukturen 10 in die Ringsegmente 16, 17 ist jedoch ebenso ohne die Aufteilung der Ringstrukturen 10 in den Innenring 14 und den Außenring 15 realisierbar.

Im Falle der Aufteilung der Ringstrukturen 10 in die Ringsegmente 16, 17 können die Ringsegmente 16, 17 insbesondere formschlüssig miteinander verbunden sein. Beispielsweise können die Ringsegmente 16, 17 gemäß FIG 7 an ihren Stoßflächen 18 schwalbenschwanzartige Ausnehmungen 19 und korrespondierende schwalbenschwanzartige Vorsprünge 20 aufweisen, so dass die Ringsegmente 16, 17 formschlüssig miteinander zum Innenring 14 und zum Außenring 15 oder - im Falle einer radial durchgängigen Struktur - zur jeweiligen Ringstruktur 10 verbindbar sind.

Weiterhin können der Innenring 14 und/oder der Außenring 15 - bzw. die entsprechenden Ringsegmente 16, 17 - Stege 21, 22 aufweisen, die sich ausgehend vom Innenring 14 auf den Außenring 15 zu bzw. umgekehrt vom Außenring 15 auf dem Innenring 14 zu erstrecken. Wenn sowohl die Stege 21 als auch die Stege 22 vorhanden sind, können die Stege 21, 22 alternativ aneinander anstoßen oder voneinander beabstandet sein. Wenn nur die Stege 21 oder nur die Stege 22 vorhanden sind, können die vorhandenen Stege 21, 22 alternativ an den jeweils anderen Ring 15, 14 anstoßen oder von ihm beabstandet sein.

Die FIG 6 und 7 zeigen einige weitere Modifikationen des Stators 4 der Axialflussmaschine. Diese Modifikationen, die nachstehend näher erläutert werden, sind wahlweise alternativ oder zusätzlich zu den obenstehend erläuterten Ausgestaltungen realisierbar.

So ist in den FIG 6 und 7 beispielsweise eine Ausgestaltung dargestellt, bei welcher die Statorzähne 5 in den Endbereichen 6 Stege 23 aufweisen. Die Stege 23 erstrecken sich, ausgehend vom jeweiligen Statorzahn 5, in Tangentialrichtung auf die beiden bezüglich des jeweiligen Statorzahns 5 unmittelbar benachbarten Statorzähne 5 zu. Die Statorzähne 5 überdecken dadurch in den Endbereichen 6 in Tangentialrichtung einen größeren Winkel als zwischen den Endbereichen 6.

10 Weiterhin können die Statorzähne 5, wie insbesondere aus FIG 7 ersichtlich ist, in Axialrichtung gesehen über die Ringstrukturen 10 hinausragen. Diese Ausgestaltung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Stege 23 vorhanden sind. In diesem Fall können insbesondere die Stege 23 der Statorzähne
15 5 axial außerhalb der Ringstrukturen 10 angeordnet sein. Ein Hinausragen über die Ringstrukturen 10 ist jedoch auch dann möglich, wenn die Stege 23 nicht vorhanden sind.

Wenn die Statorzähne 5 in Axialrichtung über die Ringstrukturen 10 hinausragen, sind die Ringstrukturen 10 vorzugsweise
20 entsprechend der Darstellung der FIG 6 und 7 in den Innenring 14 und den Außenring 15 unterteilt. Zwingend ist dies jedoch nicht erforderlich.

25 Alternativ ist es ebenso möglich, dass die Statorzähne 5 zwar zwischen die Ringstrukturen 10 hineinragen, die Ringstrukturen 10 aber nicht überragen. In diesem Fall existiert ein axial innerer Bereich des Stators 4, an den sich in Richtung auf die beiden Rotoren 3 zu jeweils ein axial mittlerer Bereich des Stators 4 und daran jeweils ein axial äußerer Bereich des Stators 4 anschließen. Im axial inneren Bereich des
30 Stators 4 befinden sich ausschließlich die Statorzähne 5 und das Statorwicklungssystem 7, aber keine Bestandteile der Ringstrukturen 10. In den axial mittleren Bereichen des
35 Stators 4 befinden sich die Endbereiche 6 der Statorzähne 5 und axial innere Bereiche der Ringstrukturen 10. In den axial äußeren Bereichen des Stators 4 befinden sich ausschließlich

axial äußere Bereiche der Ringstrukturen 10, aber keine Bestandteile der Statorzähne 5.

5 Wenn die Statorzähne 5 in Axialrichtung zwischen die Ringstrukturen 10 hineinragen, sind die Ringstrukturen 10 vorzugsweise - wie zuvor - in den Innenring 14 und den Außenring 15 unterteilt. Zwingend ist dies jedoch nicht erforderlich.

10 Die FIG 8 und 9 zeigen eine weitere mögliche Modifikation des Stators 4. Gemäß den FIG 8 und 9 sind die Ringstrukturen 10 in die Innenringe 14 und die Außenringe 15 unterteilt. Die Innenringe 14 sind über eine innere Verbindungsstruktur 24 miteinander verbunden. Die innere Verbindungsstruktur 24 kann
15 alternativ punktuell oder geschlossen sein. Eine punktuelle Verbindungsstruktur 24 könnte beispielsweise durch eine Gitterstruktur, durch eine Fachwerkstruktur oder auch durch einfache, sich rein axial erstreckende Stäbe realisiert sein. In analoger Weise sind die Außenringe 15 über eine äußere Verbindungsstruktur 25 miteinander verbunden. Die äußere Verbindungsstruktur 25 kann - analog zur inneren Verbindungsstruktur 24 - alternativ punktuell oder geschlossen sein. In dem
20 Fall, dass beide Verbindungsstrukturen 24, 25 geschlossen sind, kann beispielsweise in dem von den beiden Verbindungsstrukturen 24, 25 umschlossenen Raum ein eigenständiger Kühlmittelkreislauf realisiert werden.
25

Eine durch die beiden Innenringe 14 und die innere Verbindungsstruktur 24 gebildete innere Einheit kann einstückig ausgebildet sein. Alternativ kann sie in Tangentialrichtung
30 segmentiert sein. Gleiches gilt für eine durch die beiden Außenringe 15 und die äußere Verbindungsstruktur 25 gebildete äußere Einheit.

Gemäß den FIG 8 und 9 weisen die Innenringe 14 die Stege 21
35 auf. Mittels der Stege 21 werden die Statorzähne 5 gehalten und fixiert, vorzugsweise mittels Formschluss. Falls die Statorzähne 5 ihrerseits ihre Stege 23 aufweisen, sind die Stege 21 - siehe insbesondere FIG 9 - vorzugsweise entsprechend

konturiert. Alternativ zum Vorhandensein der Stege 21 können die Stege 22 vorhanden sein. In diesem Fall gelten die oben stehenden Aussagen in analoger Weise anstelle der Stege 21 für die Stege 22. Es ist sogar möglich, dass sowohl die Stege
5 21 als auch die Stege 22 vorhanden sind. In diesem Fall sind jedoch die innere Einheit und/oder die äußere Einheit vorzugsweise segmentiert.

Die Verbindung der Ringstrukturen 10 und der Statorzähne 5
10 erfolgt bei der Ausgestaltung gemäß den FIG 8 und 9 vorzugsweise durch Kraftschluss, beispielsweise durch Aufschrumpfen. Prinzipiell sind jedoch auch andere Verbindungsarten möglich.

Die erfindungsgemäße Axialflussmaschine wird vorzugsweise als
15 Traktionsantrieb eingesetzt, beispielsweise bei einem Schienenfahrzeug. Prinzipiell ist die erfindungsgemäße Axialflussmaschine jedoch universell einsetzbar, beispielsweise bei Straßen-, Wasser- oder Luftfahrzeugen oder auch stationär.

20 Die erfindungsgemäße Axialflussmaschine weist viele Vorteile auf. Insbesondere ist eine einfache, schrittweise Fertigung der Axialflussmaschine möglich.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist
25 die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

30

Patentansprüche

1. Elektrische Axialflussmaschine,

- wobei die Axialflussmaschine eine um eine Rotationsachse
5 (2) rotierbare Rotorwelle (1) aufweist, auf der zwei Rotoren (3) angeordnet sind, die in Richtung der Rotationsachse (2) gesehen voneinander beabstandet sind,
- wobei in Richtung der Rotationsachse (2) gesehen zwischen den beiden Rotoren (3) ein Stator (4) angeordnet ist,
- 10 - wobei der Stator (4) eine Anzahl von Statorzähnen (5) aufweist, die sich jeweils in Richtung der Rotationsachse (2) zwischen zwei Endbereichen (6) erstrecken,
- wobei die Statorzähne (5) in einem radialen Abstand (r) von der Rotationsachse (2) gleichmäßig um die Rotationsachse
15 (2) herum verteilt angeordnet sind und ein Statorwicklungssystem (7) tragen,
- wobei die Statorzähne (5) in den Endbereichen (6) über eine jeweilige Ringstruktur (10) miteinander und mit einem den Stator (4) radial außen umgebenden Gehäuse (11) verbunden
20 sind.

2. Axialflussmaschine nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass das Statorwicklungssystem (7)
direkt auf die Statorzähne (5) gewickelt ist.

25

3. Axialflussmaschine nach Anspruch 2, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass das Statorwicklungssystem (7)
aus Einzelwicklungen (8) besteht, die jeweils auf einen ein-
zelnen Statorzahn (5) gewickelt sind, oder als verteiltes
30 Wicklungssystem ausgebildet ist.

4. Axialflussmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ringstruk-
turen (10) aus einem elektrisch nicht leitenden und/oder mag-
netisch nicht leitenden Material bestehen.
35

5. Axialflussmaschine nach Anspruch 4, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Ringstrukturen (10) aus

einem faserverstärkten Kunststoff bestehen, insbesondere aus CFK oder GFK.

5 6. Axialflussmaschine nach einem der obigen Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ring-
strukturen (10) in Sandwichbauweise ausgebildet sind.

10 7. Axialflussmaschine nach einem der obigen Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ring-
strukturen (10) tangential um die Rotationsachse (2) herum
gesehen als geschlossene Ringe ausgebildet sind oder aus ei-
ner Anzahl von Ringsegmenten (16, 17) bestehen.

15 8. Axialflussmaschine nach einem der obigen Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ring-
strukturen (10) radial zur Rotationsachse (2) gesehen als
durchgängige Strukturen ausgebildet sind oder aus einem radi-
al inneren Innenring (14) und einem radial äußeren Außenring
(15) bestehen.

20

9. Axialflussmaschine nach einem der obigen Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass in Richtung
der Rotationsachse (2) gesehen die Ringstrukturen (10) zwi-
schen den Statorzähnen (5) einerseits und den Rotoren (3) an-
25 dererseits angeordnet sind oder die Statorzähne (5) zwischen
die Ringstrukturen (10) hineinragen oder die Statorzähne (5)
über die Ringstrukturen (10) hinausragen.

30 10. Axialflussmaschine nach einem der obigen Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Stator-
zähne (5) in den Endbereichen (6) Stege (23) aufweisen, so
dass die Statorzähne (5) in den Endbereichen (6) um die Rota-
tionsachse (2) herum gesehen einen größeren Winkel überdecken
als zwischen den Endbereichen (6).

35

11. Axialflussmaschine nach einem der obigen Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Stator-
zähne (5) und die Ringstrukturen (10) formschlüssig, kraft-

schlüssig, stoffschlüssig oder lösbar miteinander verbunden sind.

FIG 1

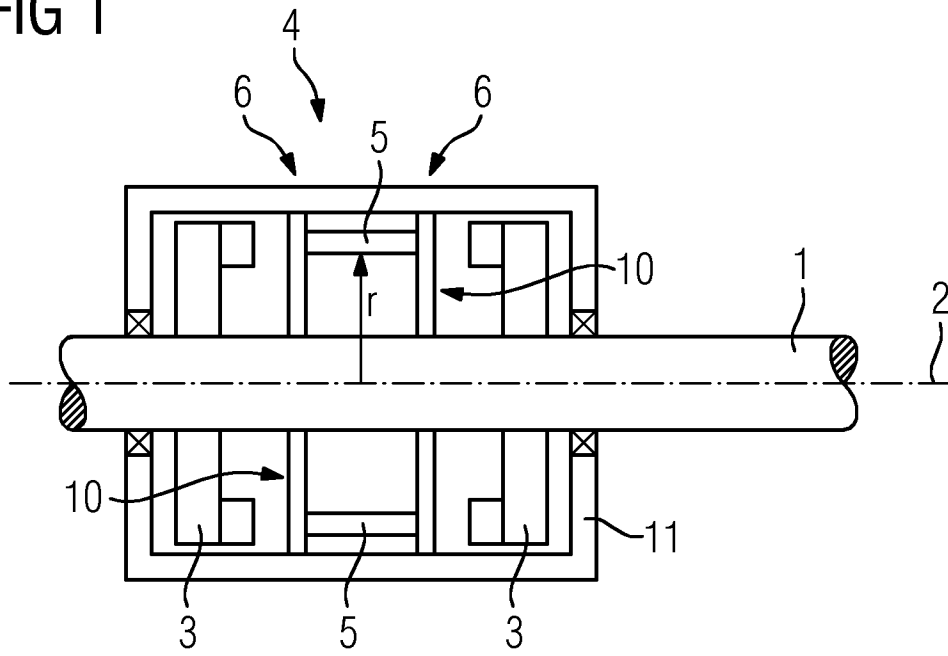


FIG 2

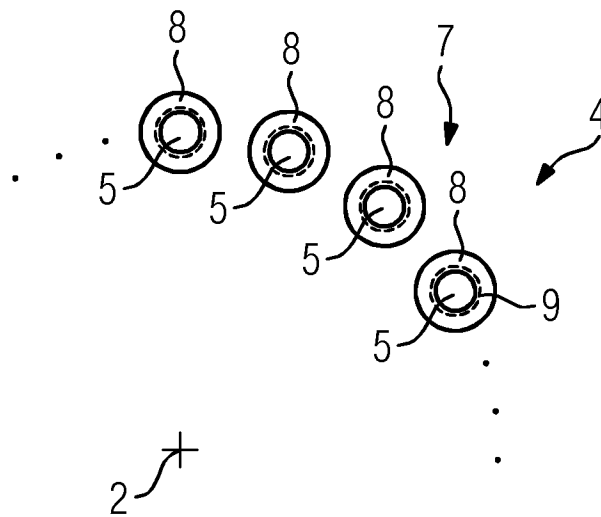


FIG 3

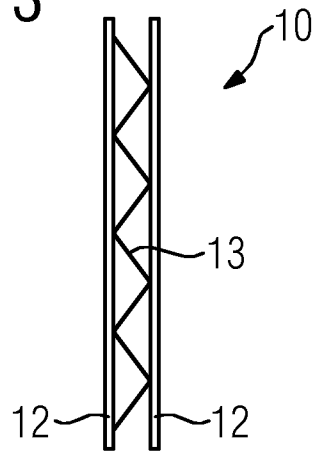


FIG 4

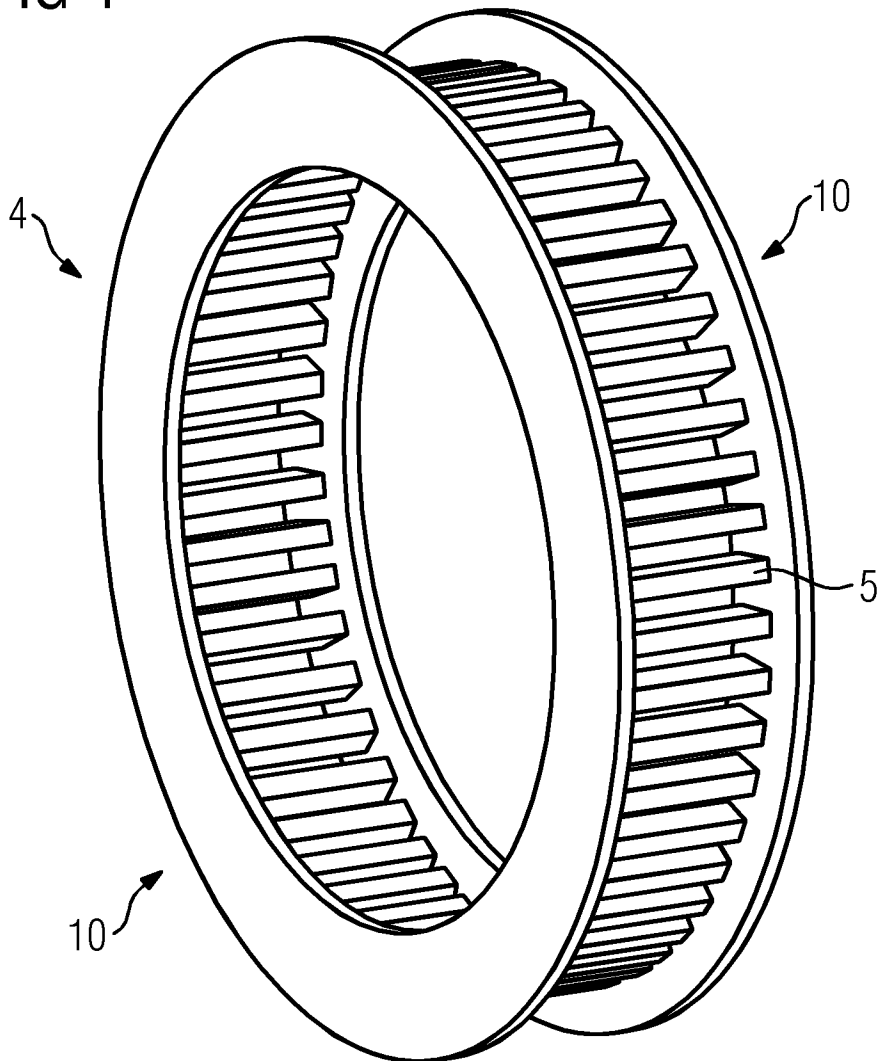


FIG 7

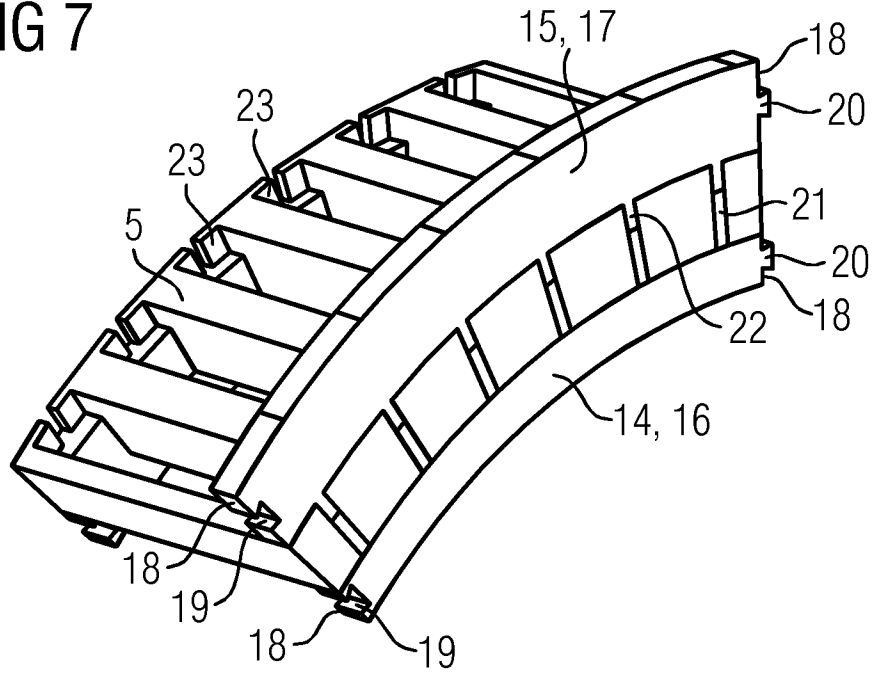


FIG 8

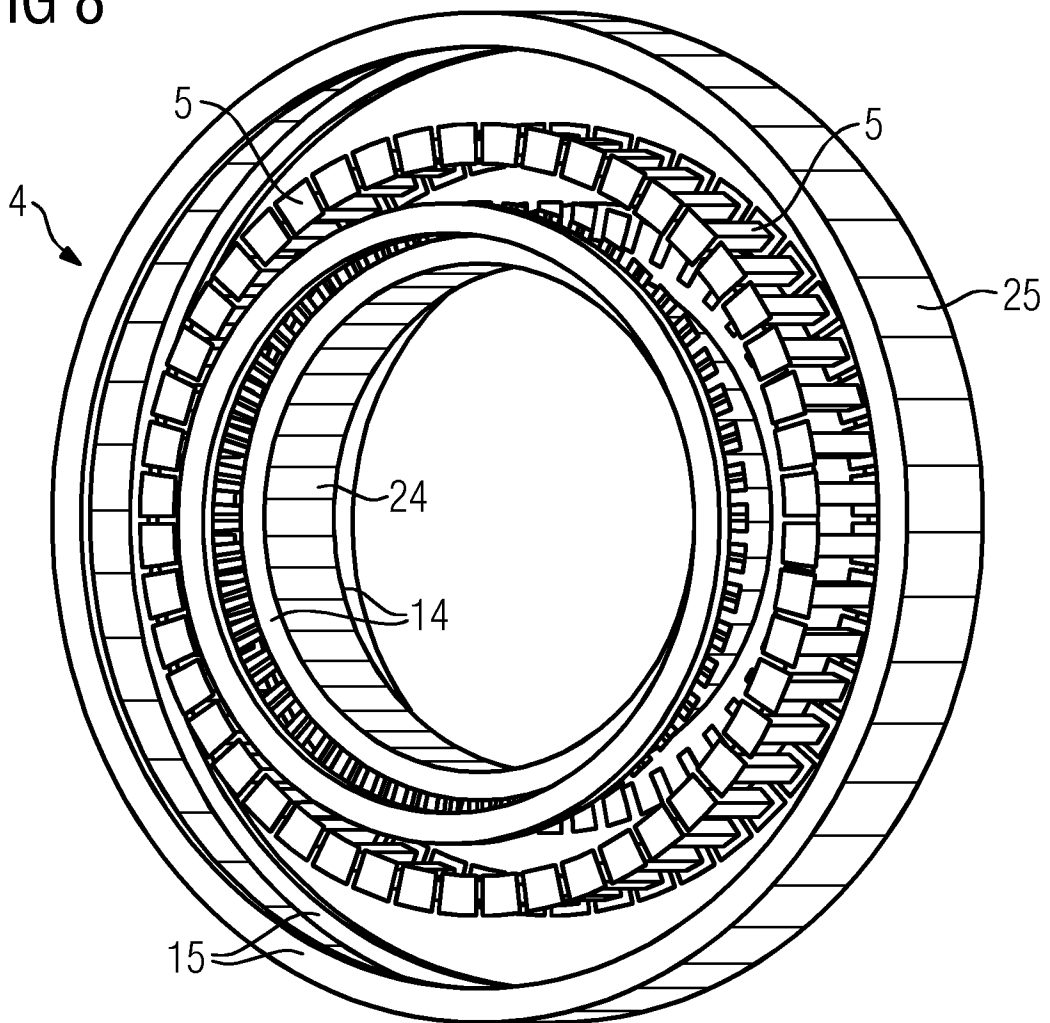


FIG 9

