(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
4. August 2011 (04.08.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/092096 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/050690

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Januar 2011 (19.01.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 001 242.4
27. Januar 2010 (27.01.2010) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **EVANS, Steven, Andrew** [DE/DE]; Berliner Strasse 10, 77815 Buehl (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, RO, RS, RU, 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, 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, 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)*

(54) Title: MACHINE COMPRISING A MULTIPART COIL ELEMENT

(54) Bezeichnung : MASCHINE MIT MEHRTEILIGEM SPULENELEMENT

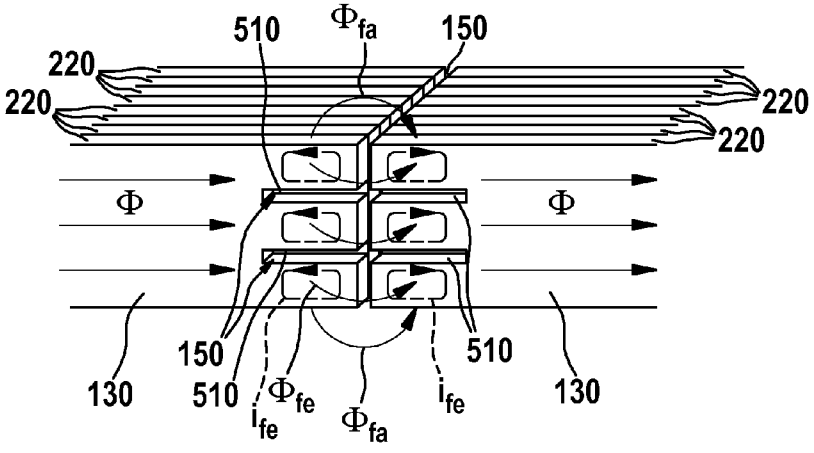

Fig. 5

(57) Abstract: The invention relates to an electromagnetic machine comprising two parts which are movable relative to one another, of which one comprises several elements for conducting a magnetic field, wherein two of the elements are separated from each other by an air gap intersecting the magnetic field direction. One of the two elements comprises in the air gap region a groove extending in the magnetic field direction.

(57) Zusammenfassung: Eine elektromagnetische Maschine weist zwei relativ zueinander bewegliche Teile auf, von denen eines mehrere Elemente zur Leitung eines Magnetfeldes umfasst, wobei zwei der Elemente durch einen die Richtung des Magnetfeldes schneidenden Luftspalt voneinander getrennt sind. Eines der zwei Elemente weist im Bereich des Luftspalts eine in Richtung des Magnetfeldes verlaufende Nut auf.

WO 2011/092096 A2

Beschreibung

Titel

Maschine mit mehrteiligem Spulenelement

Stand der Technik

Maschinen, die elektrische Energie in mechanische umwandeln oder umgekehrt, umfassen üblicherweise zwei relativ zueinander bewegliche Teile, zwischen denen ein Magnetfeld wirkt. Wenigstens eines der Teile umfasst Spulenwicklungen zum Umwandeln des elektrischen Stroms in ein Magnetfeld oder umgekehrt. Insbesondere im Bereich solcher Spulenwicklungen werden magnetische Flusselemente eingesetzt, um das Magnetfeld zu leiten und zu bündeln.

Aus fertigungstechnischen Gründen werden die magnetischen Flusselemente häufig mehrteilig ausgeführt, wobei im Bereich zwischen benachbarten Flusselementen ein Luftspalt verbleibt, der das Leiten des Magnetfeldes beeinträchtigen kann.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine elektromagnetische Maschine anzugeben, bei der eine verbesserte Übertragung eines Magnetfeldes zwischen benachbarten Elementen eines magnetischen Flusselements bereitgestellt ist.

Offenbarung der Erfindung

Die Erfindung löst dieses Problem durch eine elektromagnetische Maschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Unteransprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen wider.

Eine elektromagnetische Maschine weist zwei relativ zueinander bewegliche Teile auf, von denen eines mehrere Elemente zur Leitung eines Magnetfeldes umfasst. Zwei der Elemente sind durch einen die Richtung des Magnetfeldes

schneidenden Luftspalt voneinander getrennt. Eines der Elemente weist im Bereich des Luftspalts eine in Richtung des Magnetfeldes verlaufende Nut auf. Die Elemente können Teil eines Stators eines Elektromotors sein und der Stator kann Spulenwicklungen tragen.

Durch die Nut wird eine Fläche des Elements begrenzt, in der aufgrund von magnetischen Randfeldern im Bereich des Luftspalts Wirbelströme induziert werden können, so dass auch die Wirbelströme begrenzt sind. Dadurch kann eine Aufheizung der Elemente minimiert und ein Wirkungsgrad der elektromagnetischen Maschine maximiert sein.

Das Element kann eine Anzahl aufeinander gestapelter Bleche umfassen und die Nut kann in ein außen liegendes Blech des Stapels eingebracht sein. Wirbelströme, die zu Wirbelstromverlusten führen, treten vorrangig im Bereich der äußersten Bleche auf, so dass eine effiziente Minimierung der Wirbelstromverluste realisiert und gleichzeitig in einem Bereich zwischen dem obersten und dem untersten Blech ein Materialverlust durch Nuten vermieden sein kann.

Jedes der zwei Elemente kann eine Nut aufweisen, wobei die Nuten miteinander fluchten. In einer anderen Ausführungsform können die Nuten der zwei Elemente entlang des Luftspalts gegeneinander versetzt sein. Dementsprechend können die beiden Elemente unterschiedliche Anzahlen Nuten aufweisen.

Mittels dieser Variationsmöglichkeiten kann eine Anpassung der Nuten beispielsweise an geometrische Bedingungen, insbesondere eine Breite des Elements, erfolgen. Darüber hinaus kann durch eine Abstimmung der Nuten beider Elemente aufeinander eine effiziente Unterdrückung von Randfeldern und damit von Wirbelströmen erzielt sein.

Wenigstens eines der Elemente kann von einer Spulen zur Erzeugung des Magnetfeldes umlaufen sein. Die elektromagnetische Maschine kann einen Stator oder Rotor umfassen, der mehrere Elemente zur Leitung eines Magnetfeldes umfasst, wobei die Spulen jeweils auf einzelne Elemente gewickelt werden können oder bereits gewickelte Spulen auf die Elemente aufgeschoben werden können, bevor die Elemente zum Stator bzw. Rotor zusammengefügt werden. Zwischenräume zwischen den zusammengebauten Elementen, die zur Aufnahme der

Spulen vorgesehen sind, lassen sich auf diese Weise besonders effizient ausnutzen. Eine Packungsdichte von Spulenwindungen der Spule in den Zwischenräumen kann so maximiert sein, wodurch eine Leistungsfähigkeit und ein Wirkungsgrad der elektromagnetischen Maschine verbessert sein können.

Die Maschine kann insbesondere ein Elektromotor oder Generator sein, wobei sich das Magnetfeld im Luftspalt in Umfangsrichtung des Elektromotors bzw. Generators erstreckt. Dadurch lässt sich die Erfindung an einem an sich bekannten magnetischen Flusselement mit mehreren I-förmigen Elementen einsetzen.

Alternativ dazu kann sich das Magnetfeld im Luftspalt in radialer Richtung des Elektromotors oder Generators erstrecken. Damit lässt sich die Erfindung auch an einem anderen an sich bekannten magnetischen Flusselement mit mehreren T-förmigen Segmenten, die von einem Ring umschlossen sind, einsetzen.

In einer weiteren Ausführungsform kann die Erfindung an einem Linearmotor mit einem mehrteiligen magnetischen Flusselement verwendet werden.

Kurze Beschreibung der Figuren

Im Folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die beiliegenden Figuren genauer beschrieben, in denen

Figur 1 einen bürstenlosen Elektromotor mit einem Stator in einer ersten Ausführungsform;

Figur 2 einen bürstenlosen Elektromotor mit einem Stator in einer zweiten Ausführungsform;

Figur 3 einen Bereich I-förmig angeordneter magnetischer Flusselemente des Stators aus Figur 1;

Figur 4 einen Bereich T-förmig angeordneter magnetischer Flusselemente des Stators aus Figur 2;

Figur 5 den Bereich aus Figur 3 mit Flusselementen, die mit Nuten versehen sind;

Figur 6 den Bereich aus Figur 4 mit Flusselementen, die mit Nuten versehen sind; und

Figur 7 A-E Varianten aneinander angrenzender Flussbleche der magnetischen Flusselemente aus Figuren 5 und 6

zeigen.

Genaue Beschreibung der Figuren

Figur 1 zeigt einen bürstenlosen Elektromotor 100 mit einem Stator 110 in einer ersten Ausführungsform und einem Rotor 120. Der Stator 110 umfasst mehrere im Wesentlichen T-förmige magnetische Flusselemente 130, die derart kreisförmig angeordnet sind, dass sie den Rotor 120 umschließen. Jedes der magnetischen Flusselemente 130 trägt eine Spule 140. In der dargestellten, beispielhaften Ausführungsform werden drei unterschiedliche Typen von Spulen 140 verwendet, die als durchgezogene Linie, gestrichelte Linie bzw. gepunktete Linie dargestellt sind. Spulen eines Typs sind elektrisch miteinander verbunden, so dass sich im vorliegenden Beispiel ein Drei-Phasen-Motor ergibt.

Der Rotor 120 umfasst wenigstens einen Permanentmagneten (nicht eingezeichnet). Um den Rotor 120 gegenüber dem Stator 110 in Drehung zu versetzen, werden an die Spulen 140 elektrische Wechselströme angelegt. Durch die elektrischen Wechselströme werden in den Spulen 140 veränderliche Magnetfelder erzeugt, die mittels der magnetischen Flusselemente 130 geleitet und miteinander gekoppelt werden. Magnetische Nord- und Südpole des durch die elektrischen Wechselfelder hervorgerufenen Magnetfeldes bilden sich daher an den nach innen weisenden Abschnitten der T-förmigen magnetischen Flusselemente 130. Die erzeugten magnetischen Nord- und Südpole wirken anziehend bzw. abstoßend auf magnetische Süd- bzw. Nordpole der Permanentmagnete des Rotors 120, so dass sich der Rotor 120 in dem erzeugten Magnetfeld ausrichtet.

Durch die wechselnde elektrische Ansteuerung der Spulen 140 wandert das vom Stator 110 erzeugte Magnetfeld um eine Drehachse 105 des Elektromotors 100 und der Rotor 120 folgt aufgrund der magnetischen Koppelung dieser Drehbewegung. Eine Drehgeschwindigkeit des Rotors 120 kann durch entsprechende Ansteuerung der Spulen 140 erzielt werden.

In analoger Weise kann der Elektromotor 100 dazu verwendet werden, aus einer Drehbewegung des Rotors 120 gegenüber dem Stator 110 einen Stromfluss in den Spulen 140 zu induzieren. In diesem Fall arbeitet der Elektromotor 100 als Generator. Die Bezeichnungen des Rotors 120 und des Stators 110 sind entsprechend einer Perspektive eines Betrachters austauschbar und stehen nicht einschränkend für die dargestellte Ausführungsform. In einer anderen Ausführungsform können die magnetischen Flusselemente 130 und die Spulen 140 auch auf dem Rotor 120 des Elektromotors 100 angebracht sein.

Die einzelnen elektromagnetischen Flusselemente 130 werden mit Spulen 140 versehen, indem jedes der Elemente 130 einzeln mit einer Spule 140 umwickelt wird oder indem eine zuvor gewickelte Spule 140 auf den zur Drehachse 105 weisenden Abschnitt des einzelnen magnetischen Flusselements 130 aufgeschoben wird. Erst nachdem die magnetischen Flusselemente 130 mit Spulen 140 versehen sind, werden die magnetischen Flusselemente 130 zum Stator 110 zusammengefügt. Zwischen benachbarten magnetischen Flusselementen 130 verbleiben Luftspalte 150, die eine Übertragung des Magnetfeldes zwischen den benachbarten magnetischen Flusselementen 130 beeinträchtigen können. Die Luftspalte 150 zwischen den magnetischen Flusselementen 130 verlaufen radial zur Drehachse 105 des Elektromotors 100.

Figur 2 zeigt einen bürstenlosen Elektromotor 100 mit einem Stator 110 in einer zweiten Ausführungsform und dem Rotor 120 aus Figur 1. Die magnetischen Flusselemente 130 sind entlang des inneren Umfangs des Stators 110 miteinander verbunden. Außen sind die magnetischen Flusselemente 130 von einem Ringelement 210 umschlossen, beispielsweise durch Einpressen der Flusselemente 130 in das Ringelement 210. Die Luftspalte 150 zwischen den magnetischen Flusselementen 130 und dem Ringelement 210 verlaufen in Umfangsrichtung um die Drehachse 105 des Elektromotors 100. Ansonsten gilt das oben bzgl. Figur 1 gesagte.

Figur 3 zeigt einen Bereich I-förmig angeordneter magnetischer Flusselemente 130 des Stators 110 aus Figur 1. Ein linkes und ein rechtes magnetisches Flusselement 130 grenzen jeweils an den Luftspalt 150, der zum leichterem Verständnis vergrößert dargestellt ist. Jedes der magnetischen Flusselemente 130 ist durch einen Stapel Flussbleche 220 gebildet.

Zwischen den magnetischen Flusselementen 130 wird ein veränderlicher magnetischer Fluss Φ übertragen. In einem Randbereich der magnetischen Flusselemente 130 zu beiden Seiten des Luftspalts 150 bestehen veränderliche magnetische Randflüsse Φ_{fe} und Φ_{fa}. Der magnetische Randfluss Φ_{fa} verläuft im Wesentlichen in einer Erstreckungsebene der Flussbleche 220. Die Eintritts- und Austrittswinkel des veränderlichen magnetischen Randflusses Φ_{fa} bezüglich der Flussbleche 220 betragen 90°. Ein durch den veränderlichen magnetischen Randfluss Φ_{fa} hervorgerufener Wirbelstrom i_{fa} ist sehr klein, da der geometrische Bereich, in dem der Wirbelstrom i_{fa} aufgebaut werden kann, durch die Dicke eines der Flussbleche 220 beschränkt ist. Ein Flussblech 220 eines Elektromotors 100 kann beispielsweise 0,5 mm dick sein. Die Wirbelströme i_{fa} sind daher klein genug, um im vorliegenden Zusammenhang vernachlässigt zu werden.

Auch die Eintritts- und Austrittswinkel des veränderlichen magnetischen Randflusses Φ_{fe} bezüglich der Flussbleche 220 betragen 90°. Die Wirbelströme i_{fe}, die durch den veränderlichen magnetischen Randfluss Φ_{fe} hervorgerufen werden, können aufgrund der Größe des Bereichs der Flussbleche 220, in dem sie sich entfalten können, eine signifikante Größe erreichen. Dieser Bereich ist beschränkt durch die Breite der Flussbleche 220, die bei einem kleinen Elektromotor 100 bis zu 20 mal so groß sein kann wie die Dicke der Flussbleche 220. Dementsprechend kann der durch den veränderlichen magnetischen Randfluss Φ_{fe} hervorgerufene Wirbelstrom i_{fe} groß genug sein, um eine Erhitzung der Flussbleche 220 im Bereich des Luftspalts 150 zu bewirken und die Effizienz des Elektromotors 100 zu beeinträchtigen.

Figur 4 zeigt einen Bereich T-förmig angeordneter magnetischer Flusselemente 130 des Stators 110 aus Figur 2. Von einem unteren magnetischen Flusselement 130 wird ein veränderlicher magnetischer Fluss Φ über den Luftspalt 150 hinweg in ein oberes magnetisches Flusselement 130 übertragen und zu gleichen Teilen

nach rechts und links verteilt. Beide magnetische Flusselemente 130 sind wie in Figur 3 jeweils als Stapel von Flussblechen 220 ausgeführt. Auch in Figur 4 bilden sich im Bereich des Luftspalts 150 veränderliche magnetische Randflüsse Φ_{fe} und Φ_{fa}.

Die Ein- und Austrittswinkel des veränderlichen magnetischen Landflusses Φ_{fa} bezüglich der Flussbleche 220 beträgt 90°. Wie oben mit Bezug auf Figur 3 erläutert ist, werden durch den veränderlichen magnetischen Randfluss Φ_{fa} nur geringe Wirbelströme i_{fa} hervorgerufen, da diesen aufgrund der begrenzten Dicke der Flussbleche 220 nur wenig Platz zur Entfaltung zur Verfügung steht.

Auch die Eintritts- und Austrittswinkel des veränderlichen magnetischen Randflusses Φ_{fe} bezüglich der Flussbleche 220 beträgt 90°. Durch den veränderlichen magnetischen Randfluss Φ_{fe} hervorgerufene Wirbelströme i_{fe} haben einen nur durch die Bereite der Flussbleche 220 begrenzten Raum zu ihrer Entfaltung zur Verfügung, und können signifikante Werte erreichen. Die Wirbelströme i_{fe} können zu einer Aufheizung der magnetischen Flusselemente 130 im Bereich des Luftspalts 150 führen und eine Effizienz des Elektromotors 100 reduzieren.

Figur 5 zeigt den Bereich aus Figur 3 mit magnetischen Flusselementen 130, die mit Nuten 510 versehen sind. Die Nuten 510 verlaufen in Richtung des magnetischen Feldes Φ und Nuten 510 in den beiden magnetischen Flusselementen 130 fluchten paarweise.

Durch die Nuten 510 ist das Flussblech 220 im Bereich des Luftspalts 150 in vertikaler Richtung in mehrere Abschnitte unterteilt. Wirbelströme i_{fe}, die durch den veränderlichen magnetischen Randfluss Φ_{fe} hervorgerufen werden, haben daher einen signifikant verkleinerten Raum, um sich zu entfalten, so dass die Summe aller Wirbelströme i_{fe} signifikant verkleinert ist. In der Folge sinkt auch eine Tendenz der magnetischen Flusselemente 130, sich im Bereich des Luftspalts 150 aufzuheizen und eine Effizienz des Elektromotors 100 ist gesteigert.

Die Nuten 510 sind lediglich in das vorderste dargestellte Flussblech 220 eingebracht. Flussbleche 220, die nicht außen, sondern zwischen zwei Flussblechen 220 liegen, tragen keine Nuten 510, da ein veränderlicher magnetischer Randfluss Φ_{fe} in diesen Blechen nicht existiert. Nicht in Figur 5 dargestellt sind Nuten

510 im hintersten dargestellten Flussblech 220, die entsprechend der dargestellten Nuten 510 im vordersten Flussblech 220 wirken.

Figur 6 zeigt den Bereich aus Figur 4 mit magnetischen Flusselementen 130, die mit Nuten 510 versehen sind. In entsprechender Weise wie oben mit Bezug auf Figur 5 ausgeführt ist, unterscheidet sich die in Figur 6 dargestellte Ausführungsform von der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform dadurch, dass Nuten 510 in das obere und das untere magnetische Flusselement 130 eingebracht sind.

Zwei der Nuten im oberen magnetischen Flusselement 130 fluchten paarweise mit Nuten 510 im unteren magnetischen Flusselement 130. Zwei weitere Nuten 510 im oberen magnetischen Flusselement 130 befinden sich gegenüber eines äußeren Randbereichs des unteren magnetischen Flusselements 130. Auch in der Darstellung in Figur 6 bewirken die Nuten 510 eine Begrenzung des Raums in den magnetischen Flusselementen 130, in dem sich Wirbelströme i_{fe}, die durch veränderliche magnetische Randflüsse Φ_{fe} hervorgerufen sind, entfalten können. In der Folge ist die Summe der Wirbelströme i_{fe} kleiner als die Summe der Wirbelströme i_{fe} in Figur 4.

Die Nuten 510 verlaufen wie in der Darstellung in Figur 5 jeweils nur im obersten und nicht sichtbar im untersten Flussblech 220 des oberen bzw. unteren magnetischen Flusselements 130.

Figur 7 zeigt Varianten aneinander angrenzender Flussbleche der magnetischen Flusselemente 130 aus den Figuren 5 und 6. Wie in Figuren 7 A bis 7 D gezeigt ist, können beliebige Anzahlen von Nuten 510 in die magnetischen Flusselemente 130 bzw. deren außen liegende Flussbleche 220 eingebracht werden. Die Nuten 510 in den an den Luftspalt 150 grenzenden Flusselementen 130 bzw. außen liegenden Flussblechen 220 können paarweise miteinander fluchten, wie in den Figuren 7 A und 7 B dargestellt ist, oder gegeneinander versetzt sein, wie in den Figuren 7 C und 7 D dargestellt ist. Die Zahlen der Nuten 510 in den beiden magnetischen Flusselementen 130 bzw. Flussblechen 220 können gleich sein, wie in den Figuren 7 A und 7 B dargestellt, oder nicht, wie in den Figuren 7 C und 7 D dargestellt ist.

Figur 7 E zeigt eine Variante der Erfindung, bei der mit durchgezogenen Linien dargestellte Nuten 510 in das obere von zwei gestapelten Flussblechen 220 eingebracht sind. Die Nuten 510 stehen einander bezüglich des Luftspalts 150 gegenüber, wie in Figur 7 A dargestellt ist. Mit gestrichelten Linien dargestellte Nuten 510 sind in ein unter dem oberen Flussblech 220 liegendes unteres Flussblech 220 eingebracht, wobei die Nuten 510 angeordnet sind wie in Figur 7 B dargestellt ist. In weiteren Ausführungsformen können die Nuten auch in anderen relativen Positionen eingebracht sein, beispielsweise wie in Figuren 7 C und 7 D dargestellt ist.

Ansprüche

1. Elektromagnetische Maschine (100) mit zwei relativ zueinander beweglichen Teilen (110, 120), von denen eines (110) mehrere Elemente (130) zur Leitung eines Magnetfeldes (Φ) umfasst, wobei zwei der Elemente (130) durch einen die Richtung des Magnetfeldes (Φ) schneidenden Luftspalt (150) voneinander getrennt sind,
dadurch gekennzeichnet, dass eines der zwei Elemente (130) im Bereich des Luftspalts (150) eine in Richtung des Magnetfeldes (Φ) verlaufende Nut (510) aufweist.

2. Maschine (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (130) eine Anzahl aufeinander gestapelter Bleche (220) umfasst und die Nut (510) in ein außen liegendes Blech (220) des Stapels eingebracht ist.

3. Maschine (100) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der zwei Elemente (130) eine Nut (510) aufweist, wobei die Nuten (510) miteinander fluchten.

4. Maschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Elemente (130) jeweils eine Nut (510) aufweisen, die entlang des Luftspalts (150) gegeneinander versetzt sind.

5. Maschine (100) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass einander bezüglich des Luftspalts (150) gegenüber liegende Bleche (220) der zwei Elemente (130) unterschiedliche Anzahlen Nuten (510) aufweisen.

6. Maschine (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche Bleche (220) eines der Elemente (130) jeweils eine Nut (510) aufweisen, wobei die Nuten (510) des Elements (130) gegeneinander versetzt sind.

7. Maschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Elemente (130) von einer Spule (140) zur Erzeugung des Magnetfeldes (Φ) umlaufen ist.

8. Maschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Maschine (100) ein Elektromotor oder Generator ist, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Magnetfeld (Φ) im Luftspalt (150) in radialer Richtung des Elektromotors oder Generators erstreckt.

9. Maschine (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Antrieb ein Elektromotor oder Generator ist, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Magnetfeld (Φ) im Luftspalt (150) in Umfangsrichtung des Elektromotors oder Generators erstreckt.

10. Maschine (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Maschine (100) ein Linearmotor ist.

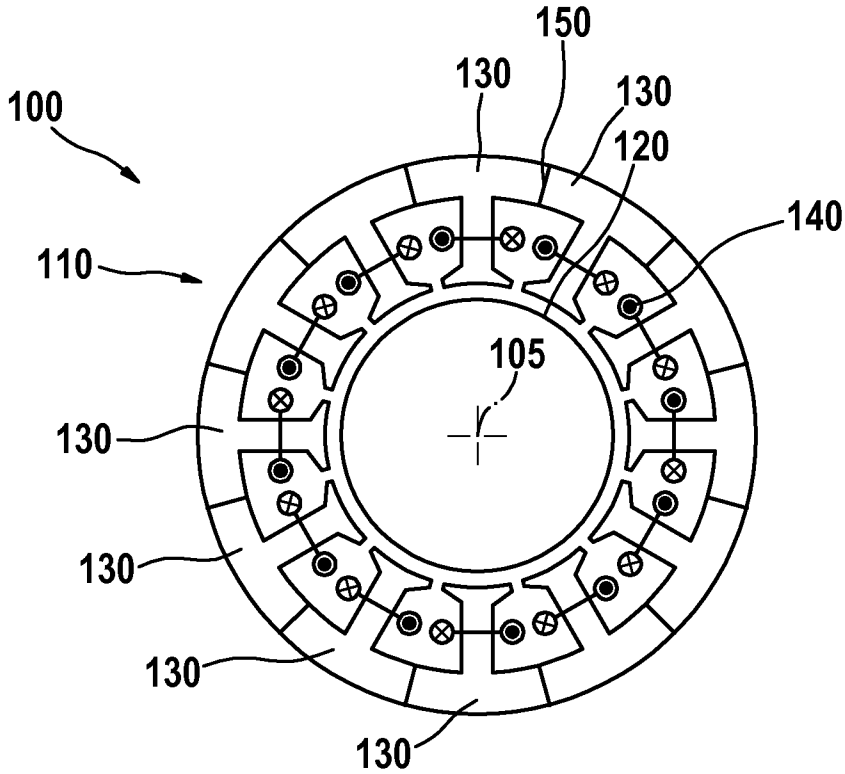
150
130
130
120
100
140
110
105
130
130
130
130

Fig. 1

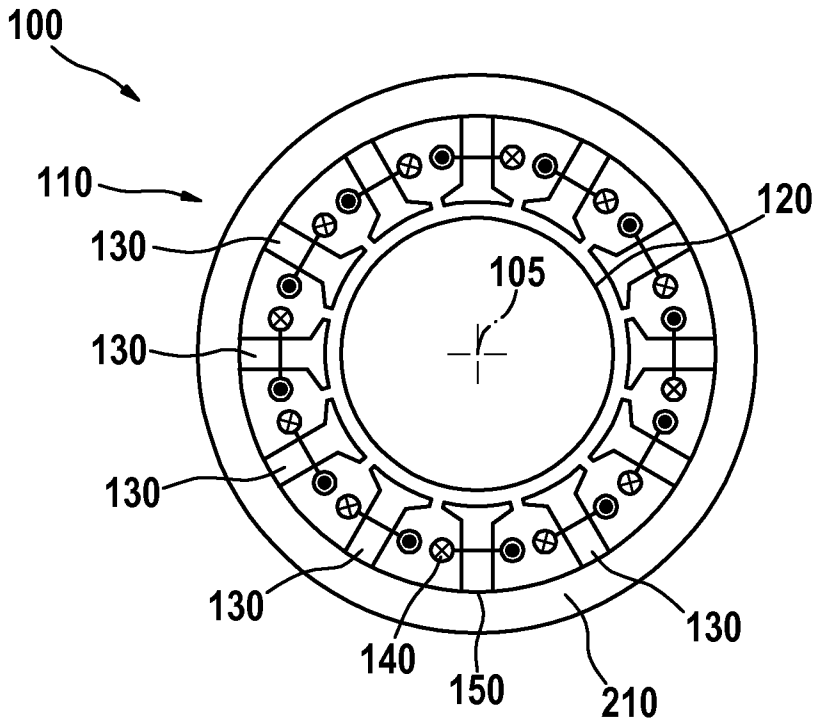
100
110
120
130
105
130
130
130
140
150
210

Fig. 2

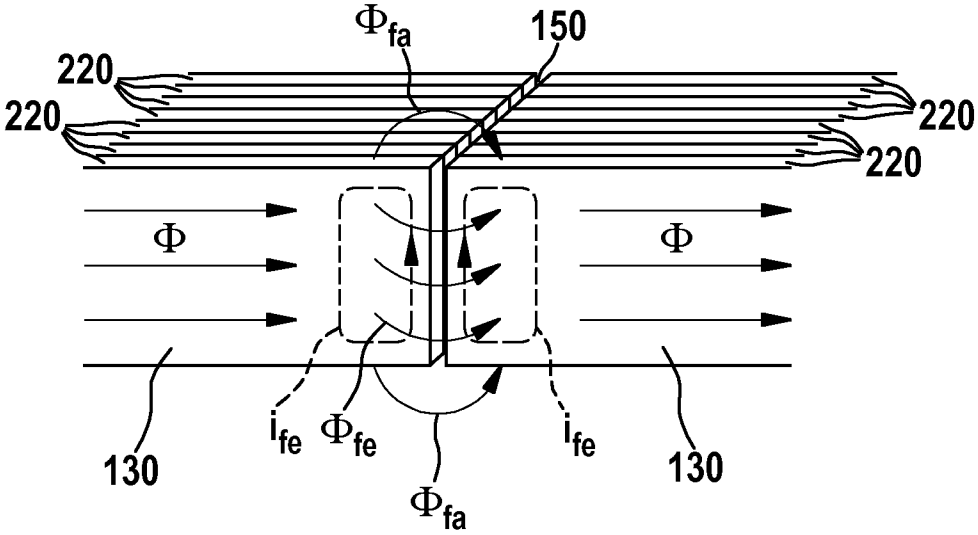
Φfa
150
220
220
220
220
Φ
Φ
130
ife
Φfe
ife
130
Φfa

Fig. 3

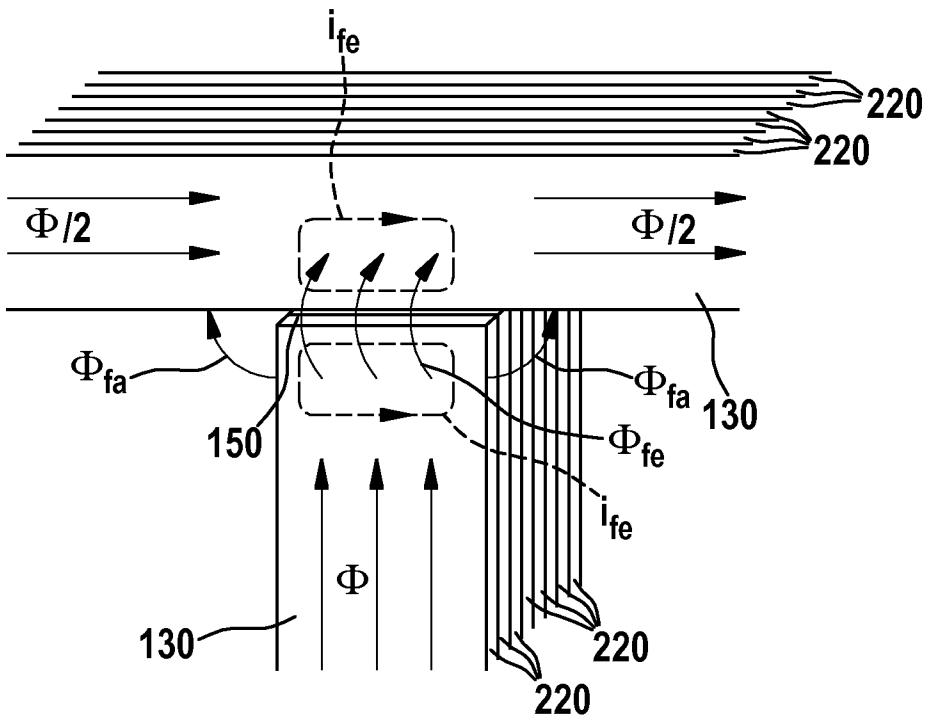
ife
220
220
Φ/2
Φ/2
Φfa
Φfa
130
150
Φfe
ife
Φ
130
220
220

Fig. 4

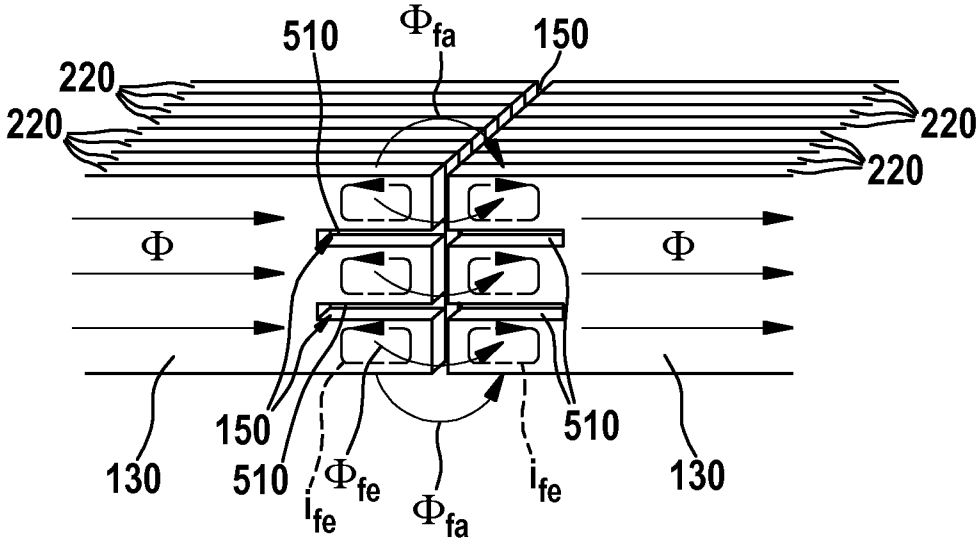
510
Φ_{fa}
150
220
220
220
220
Φ
Φ
150
510
130
510
Φ_{fe}
i_{fe}
Φ_{fa}
i_{fe}
130

Fig. 5

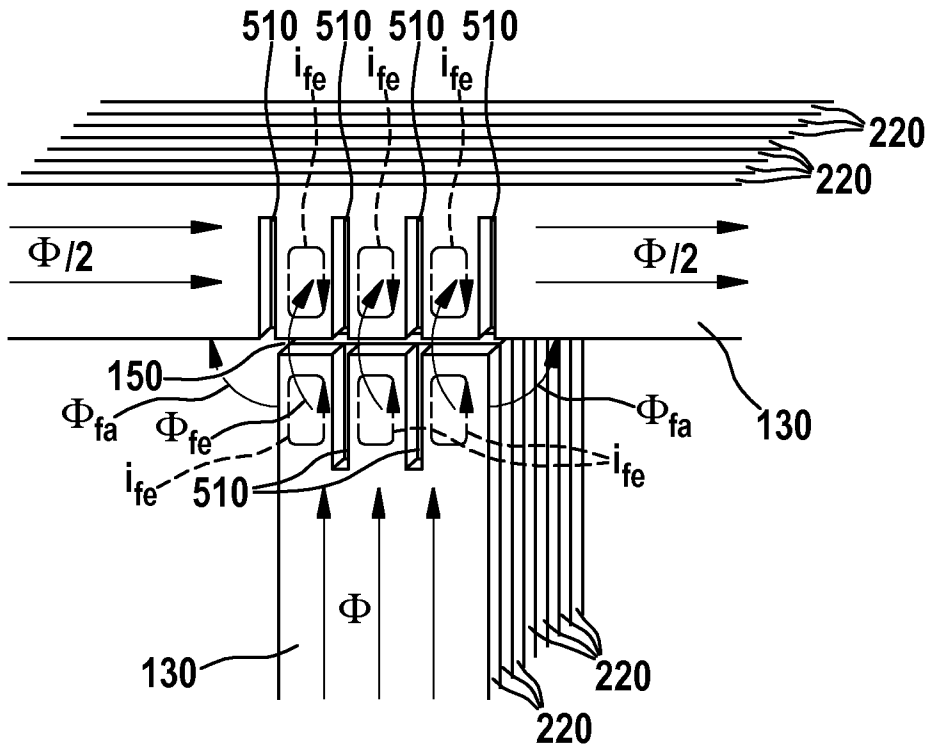
510 510 510 510
i_{fe} i_{fe} i_{fe}
220
220
$\Phi/2$
$\Phi/2$
150
Φ_{fa}
Φ_{fe}
Φ_{fa}
130
i_{fe}
i_{fe}
510
Φ
130
220
220

Fig. 6

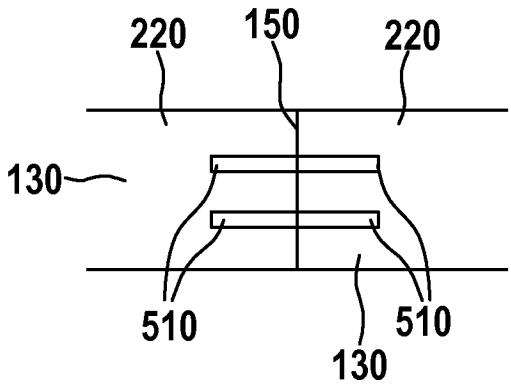

Fig. 7A

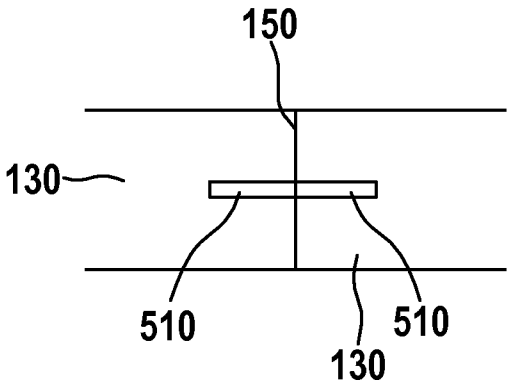

Fig. 7B

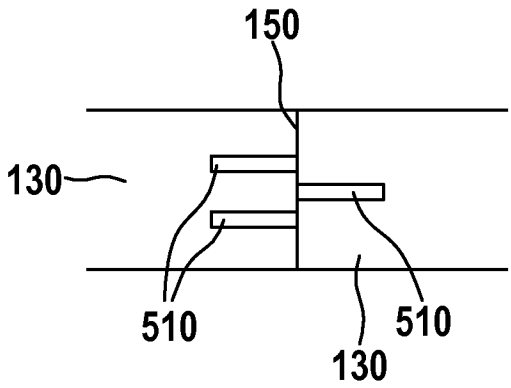

Fig. 7C

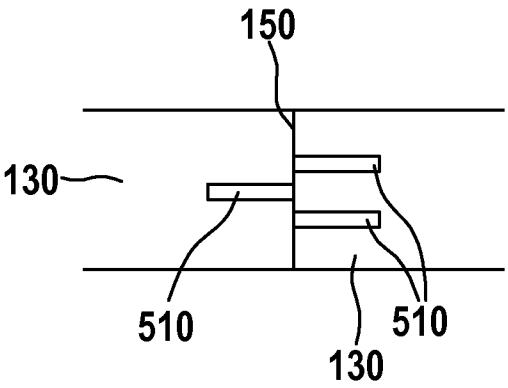

Fig. 7D

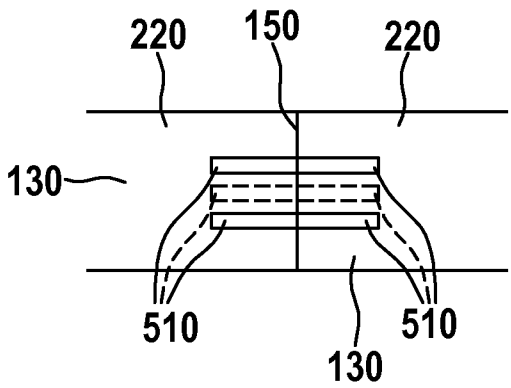

Fig. 7E