



(10) **DE 10 2019 113 432 A1** 2020.11.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 113 432.3**
(22) Anmeldetag: **21.05.2019**
(43) Offenlegungstag: **26.11.2020**

(51) Int Cl.: **H02K 3/12 (2006.01)**
H02K 3/04 (2006.01)
H02K 15/085 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft, 70435
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Gräf, Rolf, 70806 Kornwestheim, DE; Stoll,
Johannes, Dr.-Ing., 73547 Lorch, DE; Riedel,
Andreas, 92436 Bruck, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

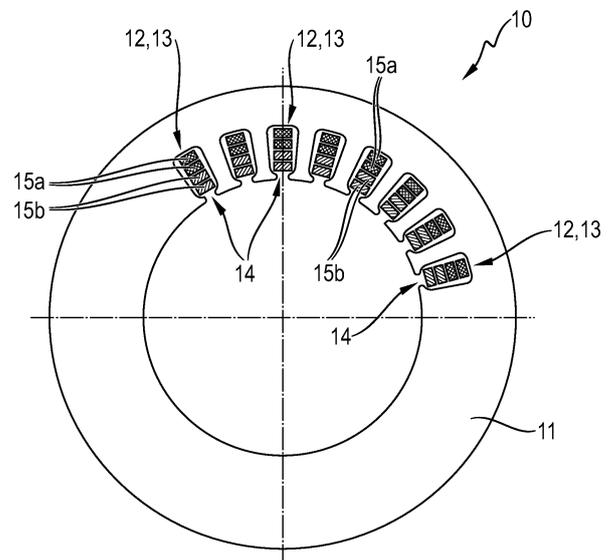
DE	103 62 345	B3
DE	10 2006 047 975	A1
DE	10 2013 212 909	A1
DE	10 2013 225 130	A1
DE	316 944	A
US	2008 / 0 136 284	A1
US	2010 / 0 019 589	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Stator einer elektrischen Maschine und elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Stator (10) einer elektrischen Maschine, insbesondere einer als Antriebsaggregat dienenden elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeugs, über die an einem Abtrieb Antriebsleistung oder Traktionsleistung bereitstellbar ist, mit einem Nuten (14) aufweisenden Stator-Blechkpaket (11), mit einer Wicklungssegmente (13) aufweisenden Wicklung (12), wobei jedes Wicklungssegment (13) mindestens zwei Leiterelemente aufweist (15a, 15b), und wobei die Leiterelemente (15a, 15b) jedes Wicklungssegments (13) in einer jeweiligen Nut (14) des Stator-Blechkpakets (11) angeordnet sind. Jedes Wicklungssegment (13) weist mindestens ein Flachdraht-Leiterelement (15a) und mindestens ein Litz-Leiterelement (15b) auf, sodass in jeder Nut (14) des Stator-Blechkpakets (11) jeweils mindestens ein Flachdraht-Leiterelement (15a) und jeweils mindestens ein Litz-Leiterelement (15b) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die hier vorliegende Erfindung betrifft einen Stator einer elektrischen Maschine. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine.

[0002] Eine elektrische Maschine verfügt über einen Stator sowie über einen Rotor. Der Stator wird auch als Ständer und der Rotor auch als Läufer bezeichnet. Der Stator einer elektrischen Maschine umfasst ein Stator-Blechpaket sowie eine Wicklung, wobei die Wicklung vom Stator-Blechpaket aufgenommen ist.

[0003] Aus der DE 10 2013 225 130 A1 ist ein Stator einer elektrischen Maschine mit einem Stator-Blechpaket und mit einer Wicklung bekannt. Die Wicklung ist aus mehreren Wicklungssegmenten zusammengesetzt. Jedes Wicklungssegment ist in einer jeweiligen Nut des Stator-Blechpakets aufgenommen. Bei den Leiterelementen kann es sich um haarnadelartige oder U-förmige Leiterelemente oder stabförmige Leiterelemente handeln. Haarnadelförmige oder U-förmige Leiterelemente werden auch als Hair-Pins bezeichnet. Stabförmige Leiterelemente werden als I-Pins bezeichnet. Die Leiterelemente der Wicklungssegmente der Wicklung sind allesamt als Flachdraht-Leiterelemente ausgeführt. Jedes Flachdraht-Leiterelement verfügt dabei über einen einzigen Flachdraht mit einer im Querschnitt gesehen im Wesentlichen rechteckigen Konturierung.

[0004] Auch aus der DE 103 62 345 B3 ist ein Stator einer elektrischen Maschine mit einem Stator-Blechpaket und einer Wicklung bekannt. Das Stator-Blechpaket verfügt wiederum über mehrere Nuten, wobei in jeder Nut ein Wicklungssegment der Wicklung angeordnet ist. Dabei zeigt die DE 103 62 345 B3, dass jedes Wicklungssegment mehrere Flachdraht-Leiterelemente aufweist, die im Querschnitt wiederum im Wesentlichen rechteckig ausgeführt sind. Weiterhin ist es aus der DE 103 62 345 B3 bekannt, in den Nuten des Stator-Blechpakets anstelle der Flachdraht-Leiterelemente ausschließlich Litzen-Leiterelemente anzuordnen, wobei es sich bei den Litzen um im Querschnitt runde Drähte handelt.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, einen neuartigen Stator einer elektrischen Maschine und eine elektrische Maschine mit einem solchen Stator zu schaffen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch einen Stator einer elektrischen Maschine gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0007] Erfindungsgemäß weist jedes Wicklungssegment der Wicklung des Stators mindestens ein Flachdraht-Leiterelement und mindestens ein Litzen-Leiterelement auf, sodass in jeder Nut des Stator-Blechpakets des Stators jeweils mindestens ein Flach-

draht-Leiterelement und jeweils mindestens ein Litzen-Leiterelement angeordnet ist.

[0008] Mit der hier vorliegenden Erfindung wird erstmals ein Stator einer elektrischen Maschine vorgeschlagen, bei welchem die in den Nuten des Stator-Blechpakets des Stators angeordneten Wicklungssegmente der Wicklung des Stators jeweils mindestens ein Flachdraht-Leiterelement sowie jeweils mindestens ein Litzen-Leiterelement aufweisen. Erfindungsgemäß werden demnach sowohl Flachdraht-Leiterelemente als auch Litzen-Leiterelemente in Kombination in einer Wicklung des Stators der elektrischen Maschine genutzt. Dies ist von Vorteil, um elektrische Verluste zu minimieren und die elektrische Maschine, die den erfindungsgemäßen Stator aufweist, mit höherer Effizienz unter geringerer Erhitzung zu betreiben.

[0009] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist in der jeweiligen Nut das mindestens eine Litzen-Leiterelement des jeweiligen Wicklungssegments radial innen und das mindestens eine Flachdraht-Leiterelement des jeweiligen Wicklungssegments radial außen angeordnet. Das Anordnen des mindestens einen Litzen-Leiterelements radial innen und des mindestens einen Flachdraht-Leiterelements radial außen ist zur Reduzierung von Verlusten besonders bevorzugt. Hiermit kann der Wirkungsgrad einer den Stator aufweisenden elektrischen Maschine weiter erhöht werden.

[0010] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung besteht das jeweilige Flachdraht-Leiterelement aus einem einzigen Flachdraht, wobei das jeweilige Litzen-Leiterelement aus mehreren verdrehten und verdichteten Runddrähten besteht, und wobei das jeweilige Flachdraht-Leiterelement und das jeweilige Litzen-Leiterelement in einem sich senkrecht zur Längsrichtung des Leiterelements verlaufenden Querschnitt gesehen derart konturiert sind, dass eine Einhüllende der Runddrähte des jeweiligen Litzen-Leiterelements der Außenkontur des Flachdrahts des jeweiligen Flachdraht-Leiterelements entspricht. Hiermit lassen sich die Flachdraht-Leiterelemente und die Litzen-Leiterelemente besonders vorteilhaft unter maximaler Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums innerhalb der jeweiligen Nut besonders vorteilhaft anordnen. Auch dies dient der Erhöhung des Wirkungsgrads der elektrischen Maschine, die den erfindungsgemäßen Stator aufweist.

[0011] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Anzahl der Flachdraht-Leiterelemente und die Anzahl der Litzen-Leiterelemente je Wicklungssegment vom Drehzahlbereich abhängig, in welchem die den Stator aufweisende elektrische Maschine zu betreiben ist. Dann, wenn die elektrische Maschine insbesondere bei relativ hohen Dreh-

zahlen im Motorsportbereich betrieben wird, ist die Anzahl der Litzen-Leiterelemente vorzugsweise größer als die Anzahl der Flachdraht-Leiterelemente.

[0012] Die erfindungsgemäße elektrische Maschine ist in Anspruch 10 definiert.

[0013] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Stator einer elektrischen Maschine.

[0014] Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine und einen Stator einer elektrischen Maschine. Eine elektrische Maschine verfügt über einen Stator und einen Rotor.

[0015] Der Stator einer elektrischen Maschine wird auch als Ständer und der Rotor einer elektrischen Maschine wird auch als Läufer bezeichnet.

[0016] **Fig. 1** zeigt einen Querschnitt durch einen Stator **10** einer elektrischen Maschine, wobei der Stator **10** ein Stator-Blechpaket **11** sowie eine Wicklung **12** aufweist. Die Wicklung **12** des Stators **10** der elektrischen Maschine ist aus mehreren Wicklungssegmenten **13** zusammengesetzt. Jedes Wicklungssegment **13** ist in einer jeweiligen Nut **14** des Stator-Blechpakets **11** positioniert.

[0017] Jedes Wicklungssegment **13** der Wicklung **12** des Stators **10** verfügt über mindestens zwei elektrisch leitende, haarnadelförmige oder U-förmige oder stabförmige Leiterelemente **15a**, **15b**. Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst jedes Wicklungssegment **13** vier elektrisch leitende Leiterelemente **15a**, **15b**, die haarnadelförmig oder U-förmig oder stabförmig ausgeführt sein können.

[0018] Haarnadelförmige Leiterelemente oder U-förmige Leiterelemente werden auch als Hair-Pin-Leiterelemente bezeichnet. Stabförmige Leiterelemente werden auch als I-Pin-Leiterelemente bezeichnet.

[0019] Die Leiterelemente **15a**, **15b** eines Wicklungssegments **13** sind in Radialrichtung gesehen nebeneinander bzw. übereinander angeordnet und bilden ein Band aus Leiterelementen **15a**, **15b**. Die Leiterelemente **15a**, **15b** sind vorzugsweise in einem mittleren Abschnitt derselben und Freilassen von Enden der Leiterelemente mit einer elektrisch isolierenden Isolation umgeben. Diese Isolation wird auch als Primärisolation bezeichnet und isoliert die reihenartig oder spaltenartig zu einem Band zusammengefassten Leiterelemente **15** eines Wicklungssegments **13** gegeneinander. Bei der Primärisolation kann es sich

um eine Lackisolation oder eine gewickelte Isolation handeln.

[0020] Dort, wo die Wicklungssegmente **13** bzw. Leiterelemente **15** der Wicklungssegmente **13** in den Nuten **14** des Stator-Blechpakets **11** angeordnet bzw. geführt sind, tragen die Leiterelemente **15** die elektrische Isolation **16**.

[0021] An aus dem Stator-Blechpaket **11** hervorstehenden bzw. herausragenden Enden (nicht gezeigt) der Leiterelemente **15** sind hingegen die Enden der Leiterelemente **15** nicht mit der elektrischen Isolation beschichtet, um so entsprechend gebogene oder abgewinkelte Enden der Leiterelemente **15** eines Wicklungssegments **13** mit Leiterelementen **15** benachbarter Wicklungssegmente **13** elektrisch leitend zu verbinden.

[0022] Die elektrisch leitend verbundenen Wicklungssegmente **13** bilden einen sogenannten Wicklungskorb der Wicklung **12** des Stators **10** der elektrischen Maschine aus.

[0023] Bei dem erfindungsgemäßen Stator **10** der elektrischen Maschine weist jedes Wicklungssegment **13** zwei unterschiedliche Typen von Leiterelementen **15a**, **15b** auf, nämlich mindestens ein Flachdraht-Leiterelement **15a** und mindestens eine Litzen-Leiterelement **15b**.

[0024] In jeder Nut **14** des Stator-Blechpakets **11** des erfindungsgemäßen Stators **10** ist demnach jeweils mindestens ein Flachdraht-Leiterelement **15a** und jeweils mindestens ein Litzen-Leiterelement **15b** angeordnet.

[0025] Im gezeigten Ausführungsbeispiel, in welchem jedes Wicklungssegment **13** vier elektrische Leiterelemente **15a**, **15b** aufweist, sind zwei dieser vier Leiterelemente als Flachdraht-Leiterelemente **15a** und zwei weitere Leiterelemente dieser vier Leiterelemente als Litzen-Leiterelemente **15b** ausgeführt.

[0026] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Anzahl der Leiterelemente je Wicklungssegment **13** beliebig ist.

[0027] Auch ist die Anzahl der Flachdraht-Leiterelemente **15a** und die Anzahl der Litzen-Leiterelemente **15b** je Wicklungssegment **13** an sich frei wählbar.

[0028] Insbesondere ist die Anzahl der Flachdraht-Leiterelemente **15a** und die Anzahl der Litzen-Leiterelemente **15b** je Wicklungssegment **13** vom Drehzahlbereich abhängig, in welchem eine den Stator **10** aufweisende elektrische Maschine zu betreiben ist. Je höher dabei die Drehzahl ist, in welcher die elektrische Maschine zu betreiben ist, desto höher ist dann

die Anzahl der Litzen-Elemente **15b** im Vergleich zur Anzahl der Flachdraht-Leiterelemente **15a**.

[0029] Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass jedes Wicklungssegment **13** der Wicklung **12** des Stators **10**, das in einer jeweiligen Nut **14** des Stator-Blechkpakets **11** des Stators **10** angeordnet ist, mindestens ein Flachdraht-Leiterelement **15a** und mindestens ein Litzen-Leiterelement **15b** aufweist.

[0030] Dabei ist nach einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass in der jeweiligen Nut **14** das mindestens eine Litzen-Leiterelement **15a** radial innen und das mindestens ein Flachdraht-Leiterelement **15a** radial außen angeordnet ist. Das jeweilige Litzen-Leiterelement **15b** ist demnach näher am Rotor positioniert als das jeweilige Flachdraht-Leiterelement **15a** des jeweiligen Wicklungssegments **13** der Wicklung **12** des Stators **10**. Hiermit kann der Wirkungsgrad einer den Stator **10** aufweisenden elektrischen Maschine weiter erhöht werden

[0031] Sowohl die Flachdraht-Leiterelemente **15a** als auch die Litzen-Leiterelemente **15b** können als haarnadelförmige Leiterelemente oder U-förmige Leiterelemente oder als stabförmige Leiterelemente ausgeführt sein.

[0032] Jedes Flachdraht-Leiterelement **15** besteht vorzugsweise aus einem einzigen Flachdraht, der in einem senkrecht zur Längsrichtung desselben verlaufenden Querschnitt eine rechteckartige Außenkontur mit vorzugsweise abgerundeten Ecken aufweist.

[0033] Jedes Litzen-Leiterelement **15b** ist aus mehreren verdichteten und vorzugsweise verdrehten Runddrähten aufgebaut, die gegeneinander isoliert sein können, wobei die Runddrähte des jeweiligen Litzen-Leiterelements **15b** derart zusammengepresst bzw. kompaktiert sind, dass in einem sich senkrecht zur Längsrichtung des Litzen-Leiterelements **15b** laufenden Querschnitt gesehen eine Einhüllende der Runddrähte des jeweiligen Litzen-Leiterelements **15b** der Außenkontur der Flachdraht-Leiterelemente **15a** entspricht. In diesem Fall können dann die Flachdraht-Leiterelemente **15a** und die Litzen-Leiterelemente **15b** eines jeweiligen Wicklungssegments **13** der Wicklung **12** besonders vorteilhaft unter Ausnutzung des in der jeweiligen Nut **14** zur Verfügung stehenden Bauraums angeordnet werden.

[0034] Die Erfindung betrifft weiterhin eine elektrische Maschine, die den erfindungsgemäßen Stator **10** und einen Rotor umfasst. Der Stator **10** ist, wie oben beschrieben, ausgeführt.

[0035] Bei der elektrischen Maschine handelt es sich vorzugsweise um eine als Antriebsaggregat dienende elektrische Maschine eines Kraftfahrzeugs, insbesondere eines Elektrofahrzeugs, über die an einem Abtrieb des Kraftfahrzeugs Antriebsleistung bzw. Traktionsleistung bereitgestellt werden kann.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102013225130 A1 [0003]
- DE 10362345 B3 [0004]

Patentansprüche

1. Stator (10) einer elektrischen Maschine, insbesondere einer als Antriebsaggregat dienenden elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeugs, über die an einem Abtrieb Antriebsleistung oder Traktionsleistung bereitstellbar ist, mit einem Nuten (14) aufweisenden Stator-Blechpaket (11), mit einer Wicklungssegmente (13) aufweisenden Wicklung (12), wobei jedes Wicklungssegment (13) mindestens zwei Leiterelemente (15a, 15b) aufweist, wobei die Leiterelemente (15a, 15b) jedes Wicklungssegments (13) in einer jeweiligen Nut (14) des Stator-Blechpakets (11) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Wicklungssegment (13) mindestens ein Flachdraht-Leiterelement (15a) und mindestens ein Litzen-Leiterelement (15b) aufweist, sodass in jeder Nut (14) des Stator-Blechpakets (11) jeweils mindestens ein Flachdraht-Leiterelement (15a) und jeweils mindestens ein Litzen-Leiterelement (15b) angeordnet ist.

2. Stator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der jeweiligen Nut (14) des Stator-Blechpakets (11) die Leiterelemente (15a, 15b) in Radialrichtung gesehen übereinander angeordnet sind.

3. Stator nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der jeweiligen Nut (14) das mindestens eine Litzen-Leiterelement (15b) radial innen und das mindestens eine Flachdraht-Leiterelement (15a) radial außen angeordnet ist.

4. Stator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiterelemente (15a, 15b) als haarnadelförmige Leiterelemente oder U-förmige Leiterelemente ausgebildet sind.

5. Stator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiterelemente (15a, 15b) als stabförmige Leiterelemente ausgebildet sind.

6. Stator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das jeweilige Flachdraht-Leiterelement (15a) aus einem einzigen Flachdraht besteht.

7. Stator nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das jeweilige Litzen-Leiterelement (15b) aus mehreren verdrehten und verdichteten Runddrähten besteht.

8. Stator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das jeweilige Flachdraht-Leiterelement (15a) und das jeweilige Litzen-Leiterelement (15b) in einem sich senkrecht zur Längsrichtung des Leiterelements verlaufenden Querschnitt gesehen derart konturiert sind,

dass eine Einhüllende der Runddrähte des jeweiligen Litzen-Leiterelements (15b) der Außenkontur des Flachdrahts des jeweiligen Flachdraht-Leiterelements (15a) entspricht.

9. Stator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Flachdraht-Leiterelemente (15a) und die Anzahl der Litzen-Leiterelemente (15b) je Wicklungssegment (13) vom Drehzahlbereich abhängig ist, in welchem die den Stator (10) aufweisende elektrische Maschine zu betreiben ist.

10. Elektrischen Maschine, insbesondere als Antriebsaggregat dienende elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeugs, über die an einem Abtrieb Antriebsleistung oder Traktionsleistung bereitstellbar ist, mit einem Stator (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Rotor.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

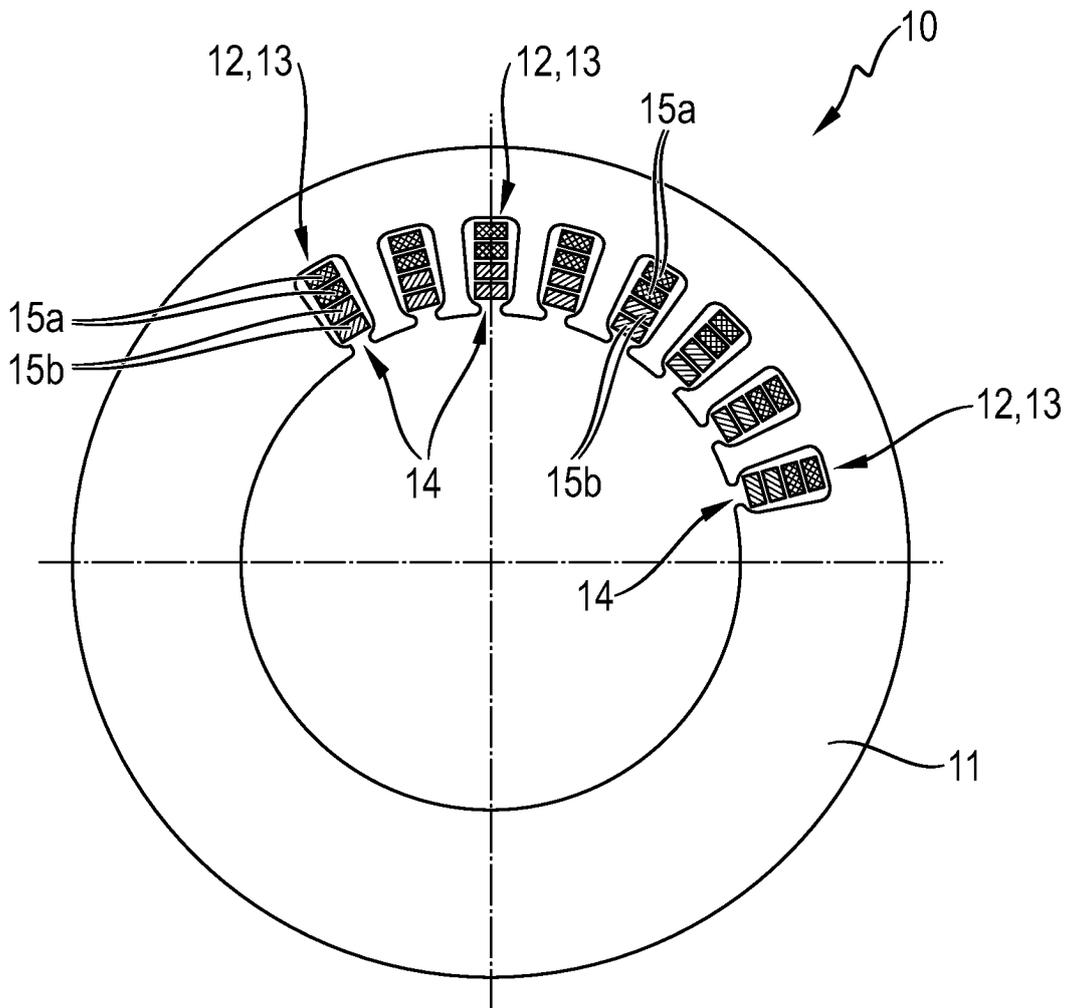


Fig. 1