(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2024 118 333 A1** 2025.12.31

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2024 118 333.0**
(22) Anmeldetag: **28.06.2024**
(43) Offenlegungstag: **31.12.2025**

(51) Int Cl.: ***H02K 1/20*** (2006.01)
H02K 1/16 (2006.01)

(71) Anmelder:
Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074 Herzogenaurach, DE

(72) Erfinder:
Windhab, Thomas, 72160 Horb, DE; Hosseini, Seyed-Mohsen, Dr., 77815 Bühl, DE

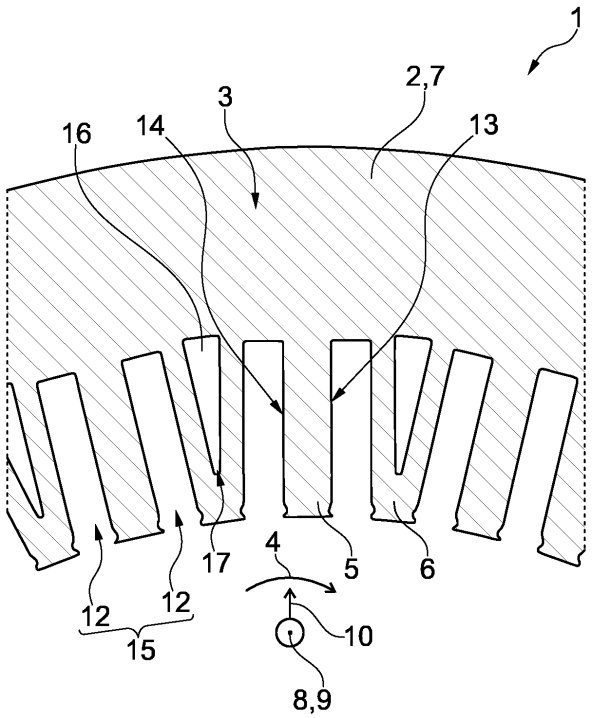
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**25 12 190**	**A1**
DE	**10 2020 003 158**	**A1**
DE	**10 90 750**	**A**
DD	**1 44 484**	**A1**
US	**11 722 019**	**B2**
EP	**3 252 925**	**A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Stator mit voneinander verschiedenen Statorzähnen; sowie elektrische Maschine**



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Stator (1) für eine elektrische Maschine, mit einem Statorgrundkörper (2), wobei der Statorgrundkörper (2) ein ringförmiges Statorjoch (3) sowie eine Vielzahl von in Umfangsrichtung (4) zueinander beabstandete Statorzähne (5 ,6) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Statorzahn (5) einen von einem zweiten Statorzahn (6) veränderte Querschnittsform aufweist. Auch betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine mit einem Rotor und einem zuvor beschriebenen Stator (1).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stator für eine elektrische Maschine, mit einem Statorgrundkörper, wobei der Statorgrundkörper ein ringförmiges Statorjoch sowie eine Vielzahl von in Umfangsrichtung zueinander beabstandete Statorzähne aufweist.

[0002] Gemäß dem Stand der Technik sind Statoren bekannt, welche aus einer Vielzahl von aufeinander gestapelten Einzelblechen gebildet sind. Diese Einzelbleche, auch bekannt als Elektrobleche, werden mithilfe eines Stanzverfahrens hergestellt. Die Elektrobleche weisen Stanzkanten auf, wobei die Bereiche der Stanzkanten eine zum Rest des Elektroblechs schlechtere magnetische Eigenschaft aufweisen. Dies sind vor allem hohe Verlustdichten und eine geringe magnetische Permeabitlität. In Kombination mit einem Rotor führt dies in einer elektrischen Maschine zu einem geringeren Wirkungsgrad.

[0003] Weiterhin sind aus dem Stand der Technik Statoren bekannt, welche nutnahe Kühlkanäle aufweisen. Diese Kühlkanäle können sich zumindest teilweise in den Statorzahn hinein erstrecken. Durch die Form des Statorzahns ist eine Breite der Kühlkanäle somit vorgegeben bzw. begrenzt. Problematisch dabei ist jedoch, dass bei zu großen Öffnungen für die Kühlkanäle die Querschnittsfläche des Statorzahns verringert ist, welches das Drehmoment der elektrischen Maschine negativ beeinflusst. Bei kleinen Breiten bzw. kleinen Querschnitten der Kühlkanäle ist der hydraulische Widerstand erhöht. Dadurch muss die Pumpe bei gleicher Kühlmittelfördermenge höhere Drücke erzeugen und gibt viel Leistung ab.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Stator bereitzustellen, welcher die angesprochenen Nachteile beseitigt oder zumindest teilweise lindert.

[0005] Dies wird bei einem gattungsgemäßen Stator dadurch gelöst, dass ein erster Statorzahn einen von einem zweiten Statorzahn veränderte Querschnittsform aufweist. In anderen Worten weisen ein erste Statorzahn und ein zweiter Statorzahn voneinander verschiedene Zahngeometrien bzw. Konturen auf. Durch die voneinander verschiedenen Querschnittsformen ist die Gesamtkantenlänge reduziert.

[0006] Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beansprucht und werden nachfolgend näher erläutert.

[0007] Es ist zweckmäßig, wenn der Statorgrundkörper als Statorblechpaket aus einer Vielzahl von in Längsrichtung gestapelten Einzelblechen gebildet ist. Vorzugsweise sind die Einzelbleche gestanzt, wodurch eine besonders vereinfachte und schnelle Herstellung der Einzelbleche gegeben ist. Gestanzte Einzelbleche in Kombination mit voneinander verschiedenen, zuvor beschriebenen Statorzähnen weisen weiterhin den Vorteil auf, dass in der Herstellung verwendete Stanzstempel weniger anfällig für eine Beschädigung sind. Dies liegt an der insgesamt verkürzten Kantenlänge, vorliegend hier als Stanzkantenlänge bezeichnet.

[0008] Vorzugsweise sind die Vielzahl an Statorzähnen aus lediglich ersten und zweiten Statorzähnen gebildet, so dass jeweils insgesamt eine Vielzahl von ersten Statorzähnen und insgesamt eine Vielzahl von zweiten Statorzähnen vorliegt.

[0009] Von Vorteil ist, wenn eine Grundform des im Querschnitt betrachteten ersten Statorzahns rechteckig ist. Vorzugsweise kann eine Grundform des im Querschnitt betrachteten zweiten Statorzahns trapezförmig sein. Bevorzugt ist, wenn der Querschnitt des zweiten Statorzahns gemäß einem symmetrischen Trapez ausgestaltet ist.

[0010] Es ist zweckmäßig, wenn die Statorzähne so angeordnet sind, dass erste Statorzähne und zweite Statorzähne jeweils abwechselnd nacheinander in Umfangsrichtung angeordnet sind und jeweils mittels einer Statornut voneinander beabstandet sind.

[0011] Des Weiteren können zwei Statornuten, welche zu einander abgewandten Umfangsseiten eines ersten Statorzahns angeordnet sind, parallel zueinander verlaufen. Die beiden Statornuten können somit eine gleiche gerade verlaufen radiale Erstreckung aufweisen.

[0012] Es ist zweckmäßig, wenn eine Wicklung in Form von um die Statorzähne gewickelte (jeweiligen Einzel-) Wicklungen gebildet ist. Die Wicklungen können so um die Statorzähne gewickelt sein, so dass diese in den Statornuten angeordnet sind. Bevorzugt kann die Wicklung aus mehreren Phasen, vorzugsweise drei Phasen, gebildet sein. Die Phasen können so angeordnet sein, dass an den ersten Statorzähnen eine oder alternativ mehrere Phasen geschaltet/angeordnet sind.

[0013] Von Vorteil ist, wenn die Wicklungen auf einer Wellenwicklung, einer Hairpin-Wicklung oder I-Pin-Wicklung basiert. Vorzugsweise weist ein Leiter (oder mehrere Leiter), der (/die) für die Wicklung eingesetzt wird (/werden), einen konstanten (Draht-) Querschnitt auf.

[0014] Vorzugsweise kann der zumindest eine zweite Statorzahn eine einen Kühlkanal ausbildende (axiale) (Durchgangs-) Öffnung aufweisen. Vorzugsweise weisen alle zweiten Statorzähne jeweils eine Öffnung auf, so dass die Öffnungen somit in

Umfangsrichtung verteilt angeordnet sind. Dadurch, dass nur zweite Statorzähne diese Öffnung aufweisen, sind die Öffnungen in Umfangsrichtung nur in jedem zweiten Statorzahn, den zweiten Statorzähnen, gebildet. Dies bringt den Vorteil, dass die Stanzkantengesamtlänge der Einzelbleche insgesamt verringert ist, da auf einen Teil von Öffnungen zum Ausbilden eines Kühlkanals verzichtet ist. Damit können zusätzliche Verluste durch eine Verschlechterung der elektromagnetischen Eigenschaften der Einzelbleche in Stanzkantennähe reduziert werden. Weiterhin ist der hydraulische Widerstand durch weniger Kühlkanäle reduziert. Weiter vorteilhaft an den Öffnungen in den zweiten Statorzähnen ist, dass durch die Kombination des trapezförmigen Querschnitts des zweiten Statorzahns sowie der Öffnung in dem zweiten Statorzahn eine Mindestquerschnittsdicke nicht unterschritten ist. Die Mindestquerschnittsdicke der Statorzähne ist durch die (Gesamt-) Erstreckung in Umfangsrichtung der jeweiligen ersten Statorzähne definiert.

[0015] Bevorzugt können sich die Öffnungen jeweils in Radialrichtung über zumindest die Hälfte, vorzugsweise dreiviertel einer Erstreckung/Länge des zweiten Statorzahns erstrecken. Damit kann der Kühlkanal nah am Luftspalt sowie nah an der am Statorzahn anliegenden Wicklung ausgebildet sein. Insgesamt ist der Abstand zwischen Kühlkanal und radial innenliegenden Leitern abgesenkt, wodurch die Entwärmung dieser Leiter verbessert wird und die Gleichmäßigkeit der Kühlung der Wicklung und damit die Homogenität der Temperaturverteilung verbessert wird.

[0016] Bevorzugt kann ein Querschnitt der Öffnung rechteckig oder dreieckig oder wellenförmig sein. Bei einem rechteckigen Querschnitt ist es bevorzugt, dass die Öffnung so ausgerichtet und ausgebildet ist, so dass eine Spitze dieses Querschnitts radial nach innen, in Richtung einer Mittelachse des Stators, zeigt/ausgerichtet ist. In anderen Worten verringert sich die Breite der Öffnung in Richtung der Mittelachse.

[0017] Von Vorteil ist, wenn sich die Öffnungen jeweils radial zumindest teilweise in das Statorjoch erstrecken.

[0018] Die Erfindung betrifft auch eine elektrische Maschine mit einem Rotor und einem zuvor beschriebenen Stator, wobei der Rotor und der Stator unter Zusammenwirkung ein Drehmoment erzeugen.

[0019] In anderen Worten betrifft die Erfindung einen Stator aus einem Statorblechpaket, wobei zwei verschiedene Zahngeometrien miteinander kombiniert sind. Es sind paarweise Statornuten vorhanden, welche parallel zueinander verlaufen. Zwischen zwei Statornuten entsteht ein Statorzahn mit stark ausgeprägter Trapezform, in die Kühlkanäle mit beträchtlichem Ausmaß integrierbar oder integriert sind.

[0020] Verschiedene vorteilbehaftete Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung mit Figuren näher erläutert.

[0021] Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Stator in einem Teilausschnitt in einer Draufsicht in einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 einen erfindungsgemäßen Stator in einem Teilausschnitt in einer Draufsicht in einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 3 einen erfindungsgemäßen Stator in einem Teilausschnitt in einer Draufsicht in einer dritten Ausführungsform,

Fig. 4 einen erfindungsgemäßen Stator in einem Teilausschnitt in einer Draufsicht in einer vierten Ausführungsform,

Fig. 5 der erfindungsgemäße Stator nach **Fig.** 2 mit einer Wicklung in einer ersten Ausführungsform in einer Draufsicht,

Fig. 6 der erfindungsgemäße Stator nach **Fig.** 2 mit der Wicklung in einer zweiten Ausführungsform in einer Draufsicht,

Fig. 7 der erfindungsgemäße Stator nach **Fig.** 2 mit der Wicklung in einer dritten Ausführungsform in einer Draufsicht.

[0022] Die Figuren sind lediglich schematischer Natur und dienen ausschließlich dem Verständnis der Erfindung. Die gleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen versehen. Merkmale der einzelnen Ausführungsformen lassen sich untereinander austauschen und alternativ / kumulativ einsetzen.

[0023] Die **Fig.** 1, **Fig.** 2, **Fig.** 3 bis **Fig.** 4 zeigen einen erfindungsgemäßen Stator 1 für eine elektrische Maschine, mit einem Statorgrundkörper 2, wobei der Statorgrundkörper 2 ein ringförmiges Statorjoch 3 sowie eine Vielzahl von in Umfangsrichtung 4 zueinander beabstandete Statorzähne 5, 6 aufweist. Hervorzuheben ist, dass ein erster Statorzahn 5 eine von einem zweiten Statorzahn 6 veränderte Querschnittsform aufweist.

[0024] Die **Fig.** 1, **Fig.** 2, **Fig.** 3 bis **Fig.** 4 zeigen insgesamt vier voneinander verschiedene Ausführungsformen des Stators 1 in einer Draufsicht in einem Teilausschnitt. Gemäß der Draufsicht erkennt man ein oberes Einzelblech 7. Der Stator 1 ist aus einer Vielzahl von in einer Längsrichtung 8 gestapelten Einzelblechen 7 gebildet.

[0025] Zur besseren Verdeutlichung ist neben einer Umfangsrichtung 4 eine Axialrichtung 9 und eine Radialrichtung 10 definiert. Die Axialrichtung 9 erstreckt sich in Richtung einer Mittelachse des Stators 1. Die Radialrichtung 10 ist senkrecht zur Axialrichtung 9 ausgerichtet. Die Umfangsrichtung 4 verläuft in Richtung einer Drehrichtung eines mit dem Stator 1 zusammenwirkenden Rotors (hier nicht dargestellt). Die zuvor beschriebene Längsrichtung 8 verläuft in Axialrichtung 9.

[0026] Nachfolgend ist der Aufbau des Stators 1 für die **Fig.** 1, **Fig.** 2, **Fig.** 3 bis **Fig.** 4 anhand des Einzelblechs 7 beschrieben. Für **Fig.** 2, **Fig.** 3 bis **Fig.** 4 sind lediglich die Unterschiede zu der jeweils vorhergehenden Figur bzw. der **Fig.** 1 beschrieben.

[0027] Der Statorgrundkörper 2 ist vorliegend aus dem Statorjoch 3 und den Statorzähnen 5, 6, vorliegend den ersten Statorzähnen 5 und zweiten Statorzähnen 6, gebildet. Die Statorzähne 5, 6 sind in Umfangsrichtung 4 abwechselnd nacheinander angeordnet. Die Statorzähne 5, 6 sind insgesamt zueinander gleichmäßig beabstandet. In Umfangsrichtung 4 zwischen zwei Statorzähnen 5, 6 ist jeweils eine Statornut 12 gebildet, so dass der Statorgrundkörper 2 eine Vielzahl von Statornuten 12 aufweist. Die Statornuten 12 weisen jeweils eine rechteckige Form / Querschnittsform auf.

[0028] Der erste Statorzahn 5 hat eine Grundform, die im Querschnitt betrachtet rechteckig ist. Der zweite Statorzahn 6 hat eine Grundform, die im Querschnitt betrachtet trapezförmig ist. Die Grundform des zweiten Statorzahn 6 spiegelt ein symmetrisches Trapez wieder.

[0029] An jeweils einer Umfangsseite 13, 14, ergo einer ersten Umfangsseite 13 und einer zweiten Umfangsseite 14, eines der ersten Statorzähne 5 sind die beiden unmittelbar angrenzenden Statornuten 12 jeweils so ausgerichtet / angeordnet / positioniert, dass deren beider radiale Erstreckung parallel zueinander verläuft. Damit bilden diese beiden Statornuten 12 ein Paar 15 aus. Insgesamt weist der Statorgrundkörper 2 somit eine Vielzahl an Paaren 15 von Statornuten 12 auf. Die Statornuten 12 weisen in Radialrichtung 10 eine konstante Breite auf.

[0030] In den zweiten Statorzähnen 6 sind vorliegend axiale Öffnungen 16 (als Durchgangslöcher) gebildet, welche zur Bildung jeweils eines Kühlkanals vorgesehen sind. Die Öffnungen 16 sind auf die zweiten Statorzähne 6 beschränkt, so dass in Umfangsrichtung 4 eine abwechselnde Anordnung von Öffnung 16 und keiner Öffnung 16 gegeben ist. Die ersten Statorzähne 5 sind damit als Vollkörper ausgebildet.

[0031] In **Fig.** 1 und 2 sind die Öffnungen 16 jeweils mit einem rechteckigen Querschnitt ausgeführt. Die Öffnungen 16 sind so ausgerichtet, dass jeweils eine Spitze 17 gemäß dem dreieckigen Querschnitt radial nach innen / in Richtung zur Mittelachse, zeigt / ausgerichtet ist.

[0032] Im Vergleich der Öffnungen 16 gemäß **Fig.** 1 und 2 ist die radiale Erstreckung der jeweiligen Öffnung 16 sowie die maximale Breite der jeweiligen Öffnung 16 in **Fig.** 2 kleiner. Im Vergleich zu **Fig.** 1 ragen die Öffnungen 16 jeweils radial weiter in das Statorjoch 3 hinein als in **Fig.** 1. Während in **Fig.** 1 die Erstreckung der Öffnung 16 in Radialrichtung 10 circa ein Dreiviertel der Erstreckung des zweiten Statorzahns 6 ist, ist in **Fig.** 2 die Erstreckung der Öffnung 16 in Radialrichtung 10 circa die Hälfte der Erstreckung des zweite Statorzahns 6. Die Grundseite des dreieckigen Querschnitts ragt in der **Fig.** 2 in Radialrichtung 10 weiter in das Statorjoch 3 hinein als in **Fig.** 1.

[0033] In **Fig.** 3 ist der Querschnitt der Öffnungen 16 rechteckig. Die Öffnungen 16 haben gemäß ihrem Querschnitt ihre größte Erstreckung in Radialrichtung 10. Ergo ist eine Erstreckung/Länge der jeweiligen Öffnungen 16 in Radialrichtung 10 größer als eine Breite (in Umfangsrichtung 4). Vorliegend erstrecken sich die jeweiligen Öffnungen 16 zumindest teilweise in Radialrichtung 10 in das Statorjoch 3 hinein.

[0034] In **Fig.** 4 sind die Öffnungen 16 mit einem wellenförmigen Querschnitt ausgeführt. Ein Wellenmuster erstreckt sind in Radialrichtung 10, so dass die beiden radialen Abschnitte 18 gewellt sind.

[0035] In **Fig.** 5, **Fig.** 6 bis **Fig.** 7 ist der Stator 1 nach **Fig.** 2 mit einer Wicklung 19 dargestellt. Die Wicklung 19 in den Ausführungsformen gemäß den **Fig.** 5, **Fig.** 6 bis **Fig.** 7 weist unterschiedliche und voneinander verschiedene Phasenanordnungen auf. Die Wicklung 19 weist verschiedene Phasen 20, 21, 22, eine erste Phase 20, eine zweite Phase 21 und eine dritte Phase 22, auf, welche mittels eines jeweiligen elektrischen Leiters 23 gewickelt sind. In **Fig.** 5 ist die Wicklung 19 so angeordnet, so dass die jeweiligen Phasen 20, 21, 22 um jeweils einen eigenen ersten Statorzahn 5 angeordnet sind.

[0036] In der **Fig.** 6 sind die jeweiligen Phasen 20, 21, 22 um jeweils den zweiten Statorzahn 6 angeordnet.

[0037] In **Fig.** 7 sind die Phasen 20, 21, 22 zum Teil um den ersten Statorzahn 5 und zum Teil um den zweiten Statorzahn 6 angeordnet.

Bezugszeichenliste

1	Stator
2	Statorgrundkörper
3	Statorjoch
4	Umfangsrichtung
5	erster Statorzahn
6	zweiter Statorzahn
7	Einzelblech
8	Längsrichtung
9	Axialrichtung
10	Radialrichtung
12	Statornut
13	erste Umfangsseite
14	zweite Umfangsseite
15	Paar von Statornuten
16	Öffnungen
17	Spitze
18	radialer Abschnitt
19	Wicklung
20	erste Phase
21	zweite Phase
22	dritte Phase
23	elektrischer Leiter

Patentansprüche

1. Stator (1) für eine elektrische Maschine, mit einem Statorgrundkörper (2), wobei der Statorgrundkörper (2) ein Statorjoch (3) sowie eine Vielzahl von in Umfangsrichtung (4) zueinander beabstandeten Statorzähnen (5 ,6) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Statorzahn (5) einen von einem zweiten Statorzahn (6) veränderte Querschnittsform aufweist.

2. Stator (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Grundform des im Querschnitt betrachteten ersten Statorzahns (5) rechteckig ist.

3. Stator (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Grundform des im Querschnitt betrachteten zweiten Statorzahns (6) trapezförmig ist

4. Stator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statorzähne (5, 6) so angeordnet sind, dass erste Statorzähne (5) und zweite Statorzähne (6) jeweils abwechselnd nacheinander in Umfangsrichtung (4) angeordnet sind und jeweils mittels einer Statornut (12) voneinander beabstandet sind.

5. Stator (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Statornuten (12), welche zu einander abgewandten Umfangsseiten (13, 14) eines ersten Statorzahns (5) angeordnet sind, parallel zueinander verlaufen.

6. Stator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine zweite Statorzahn (6) eine einen Kühlkanal ausbildende Öffnung (16) aufweist.

7. Stator (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Querschnitt der Öffnung (16) rechteckig oder dreieckig oder wellenförmig ist.

8. Stator (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Öffnung (16) radial zumindest teilweise in das Statorjoch (3) erstreckt.

9. Stator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Statorgrundkörper (2) als Statorblechpaket aus einer Vielzahl in Längsrichtung (8) gestapelten Einzelblechen (7) gebildet ist.

10. Elektrische Maschine mit einem Rotor und einem Stator (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Rotor und der Stator (1) unter Zusammenwirkung ein Drehmoment erzeugen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

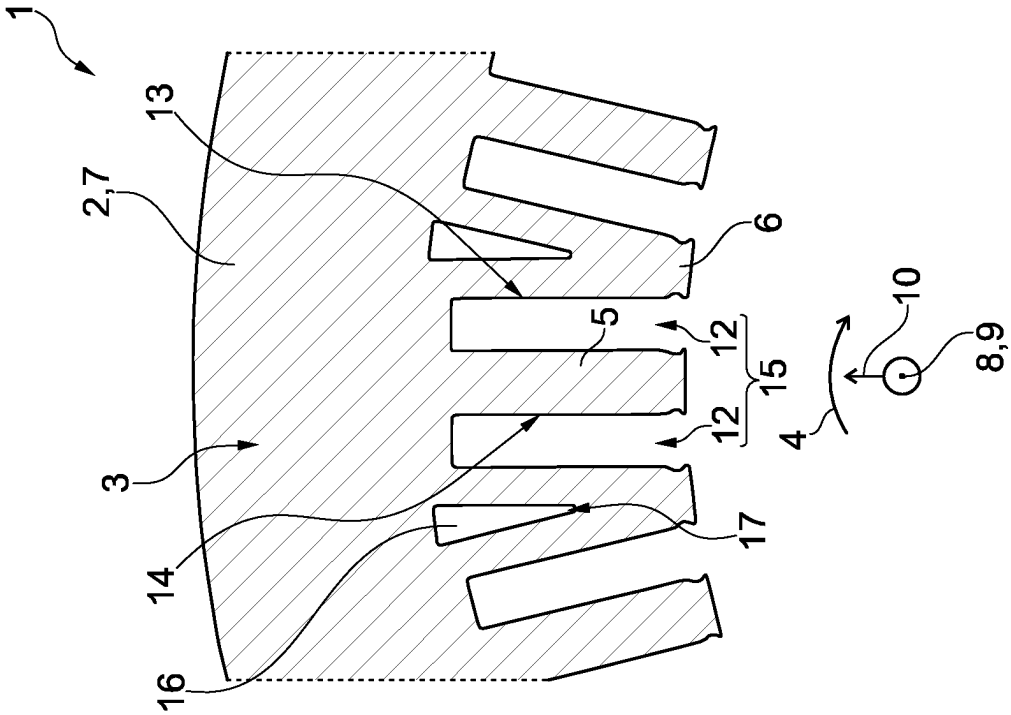


Fig. 2

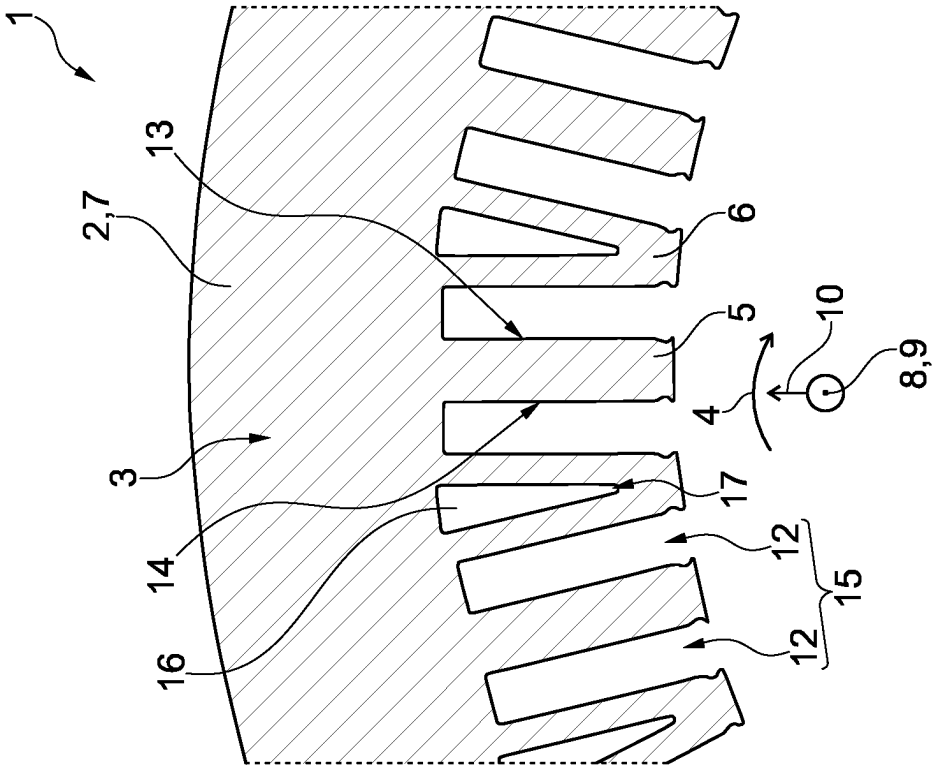


Fig. 1

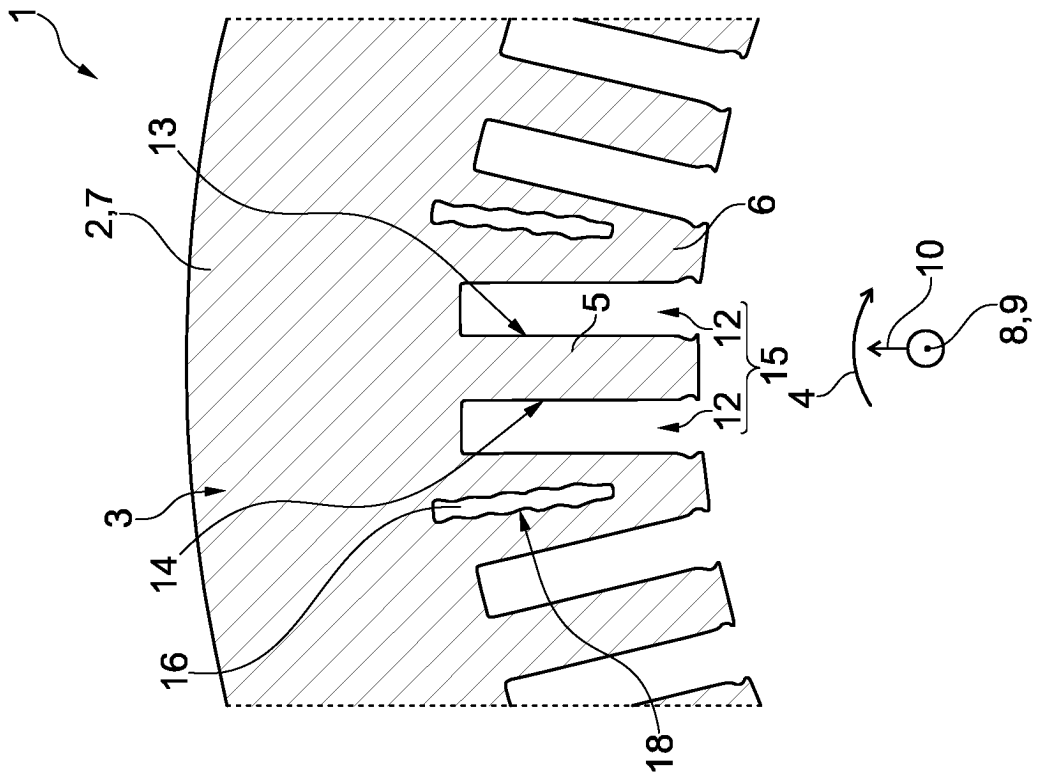


Fig. 4

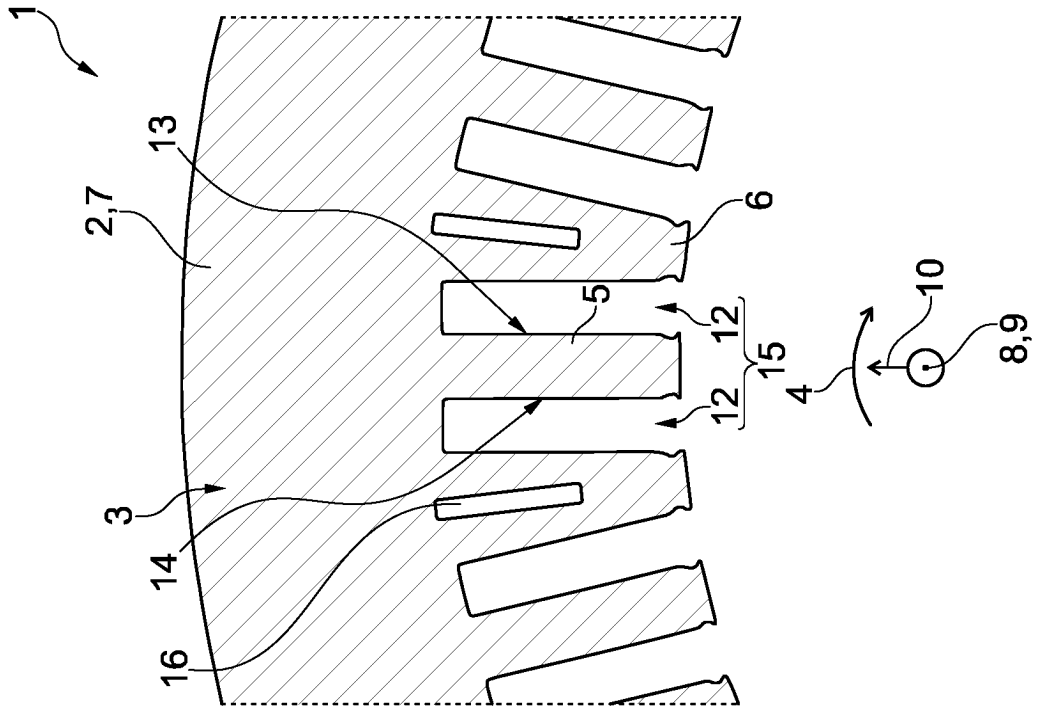


Fig. 3

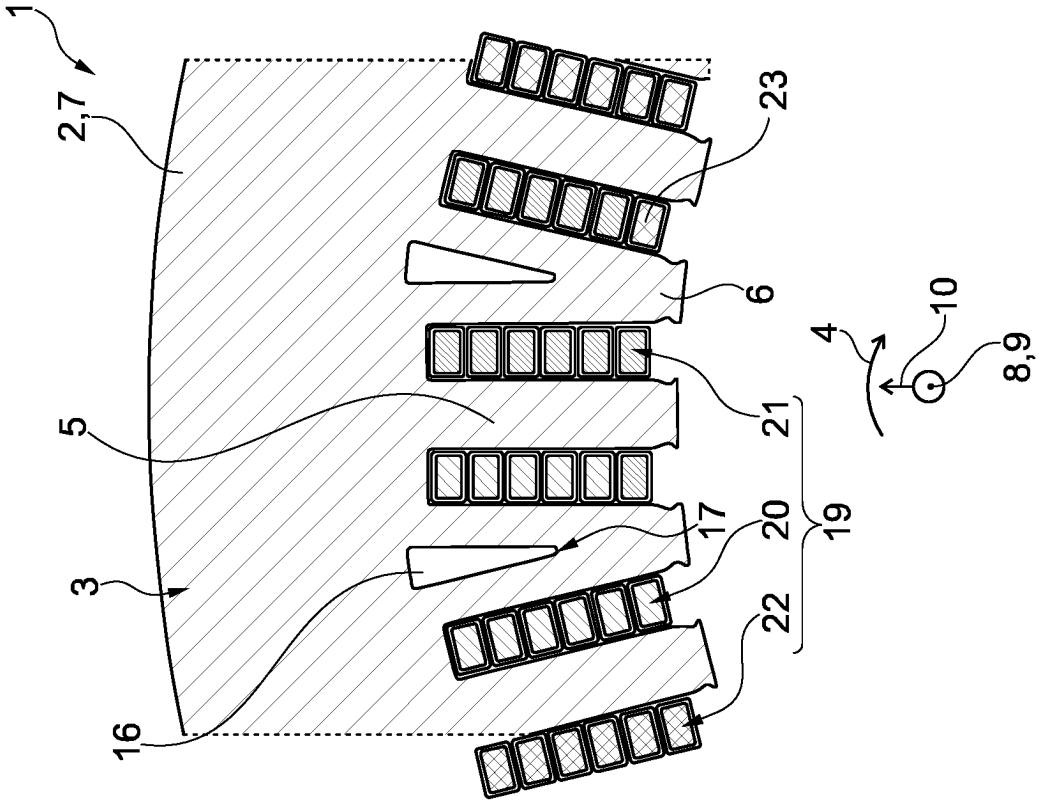

1
2,7
23
6
4
10
8,9
5
21
19
3
17
20
22
16

Fig. 6

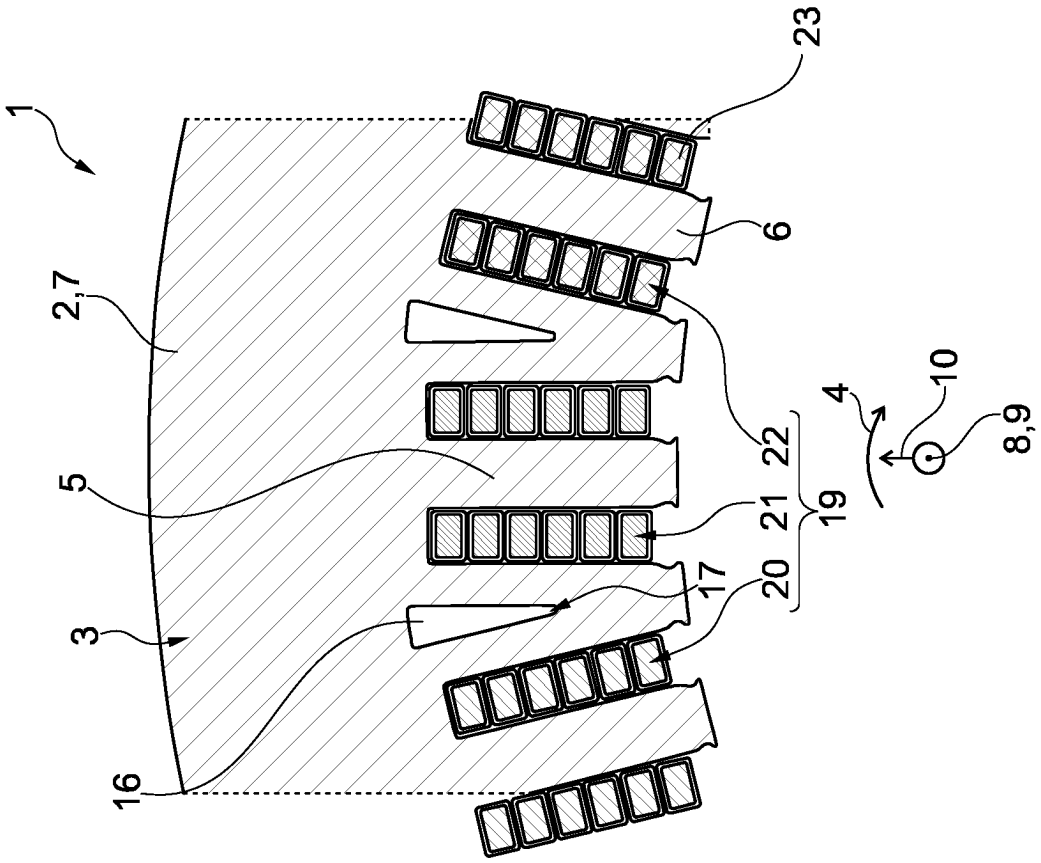

1
23
6
2,7
4
10
8,9
5
22
21
19
3
17
20
16

Fig. 5

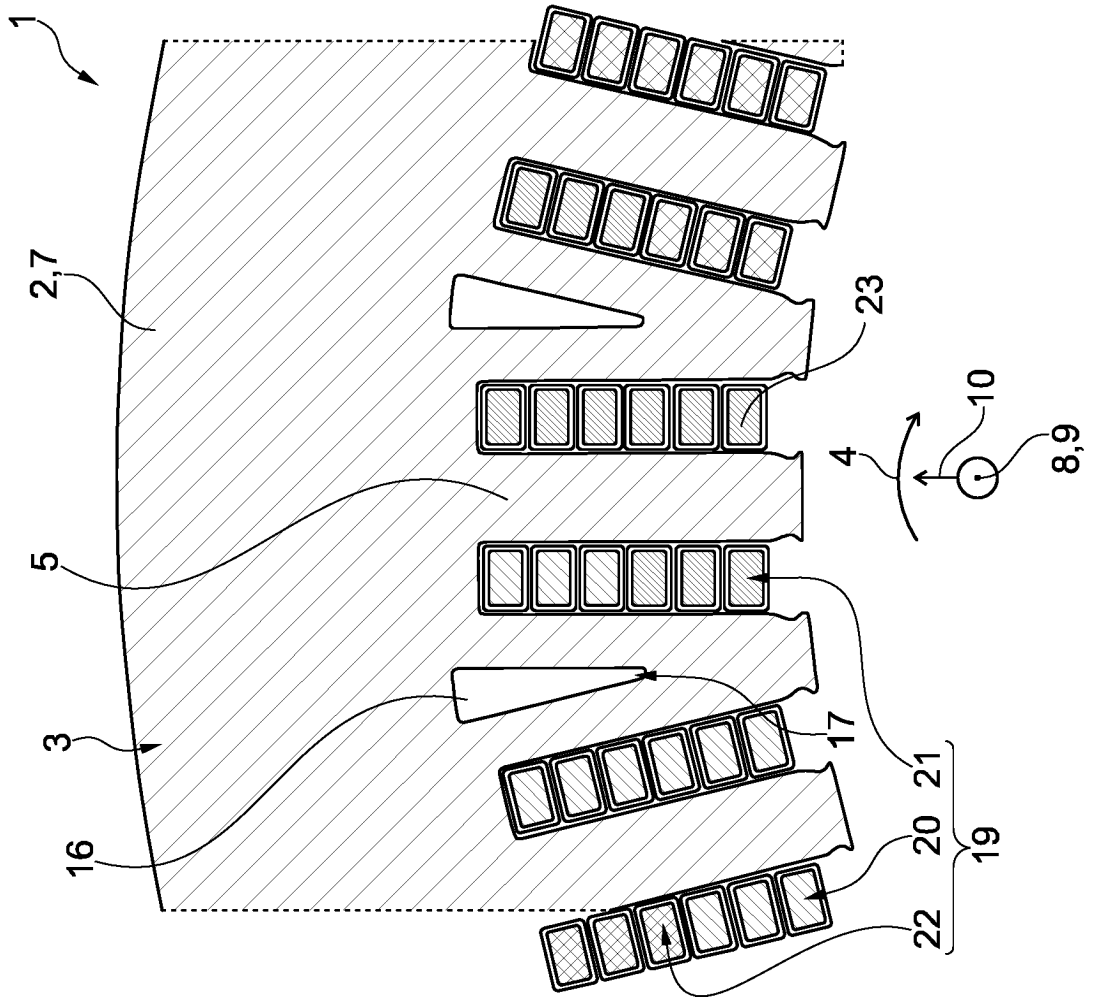


Fig. 7

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.