

(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. August 2018 (16.08.2018)



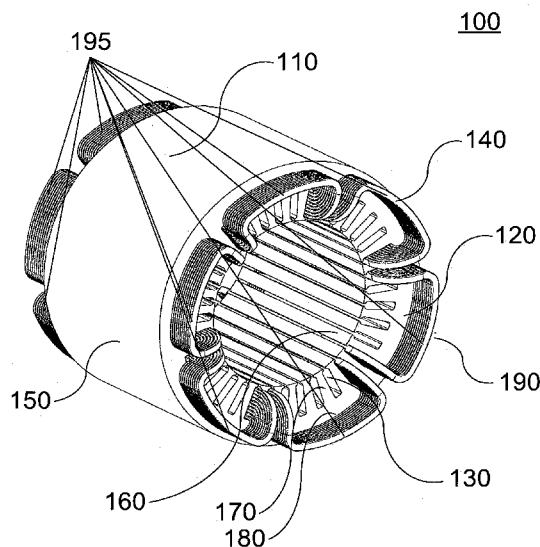
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/145807 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: H02K 3/12 (2006.01) H02K 9/22 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/000042
- (22) Internationales Anmeldedatum: 01. Februar 2018 (01.02.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: DE 10 2017 102 314.3
07. Februar 2017 (07.02.2017) DE
- (71) Anmelder: SCIMO - ELEKTRISCHE HOCHLEISTUNGSANTRIEBE GMBH [DE/DE]; Rintheimer Quer-
allee 2, 76131 Karlsruhe (DE).
- (72) Erfinder: SCHIEFER, Markus; Am Westblick 7, 89233
Neu-Ulm (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST,

(54) Title: WINDING OF AN ELECTRIC MACHINE HAVING INCREASED WINDING FACTOR

(54) Bezeichnung: WICKLUNG EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE MIT GESTEIGERTEM FÜLLGRAD

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a device (100) comprising: at least one stator (110) having two radially symmetrical cover surfaces (120), wherein the stator (110) has at least two grooves (130) which each extend in the axial or transverse-axial direction from a cover surface (120) to the opposite cover surface (120) through the entire stator (110) and into the stator (110) in the radial direction, and which have an internal end surface (330); and at least one flat wire winding (140) formed by at least two coil windings (220) by means of a flat wire (210). Wherein these (220) are arranged without joining points and stacked on top of one another in such a way that the respective flat wire (210) runs substantially parallel to the respective neighbouring flat wire (210) and is formed such that they are substantially adjacent to one another. Wherein the flat wire winding (140) is at least partially introduced inside the grooves (130) in such a way that the first coil winding (220) runs substantially adjacent to the end surface (330) of the respective groove (130), and at least one region of the flat wire winding (140), which is arranged outside of the grooves (130), is arranged along a groove-free region (180) and runs substantially parallel to the respective cover surface (120).

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung (100) aufweisend: mindestens einen Stator (110) mit zwei radialsymmetrischen Deckflächen (120); wobei der Stator (110) mindestens zwei Nuten (130) aufweist und sich diese jeweils in axialer oder schräg-axialer Richtung von einer Deckfläche (120) zur gegenüberliegenden Deckfläche (120) durch den gesamten Stator (110) hindurch- sowie in radialer Richtung in den Stator (110) hinein erstrecken und eine innenliegende Stirnflächen (330) aufweisen; und zumindest eine Flachdrahtwicklung (140),



WO 2018/145807 A1

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

gebildet aus mindestens zwei Spulenwindungen (220) mittels einem Flachdraht (210). Wobei diese (220) frei von Fügestellen und derart übereinander gestapelt angeordnet sind, dass der Flachdraht (210) jeweils überwiegend parallel zum jeweils benachbarten Flachdraht (210) verläuft und überwiegend aneinander angrenzend gebildet ist. Wobei die Flachdrahtwicklung (140) zumindest teilweise derart innerhalb der Nuten (130) eingebracht ist, dass die erste Spulenwindung (220) überwiegend angrenzend an die Stirnfläche (330) der jeweiligen Nut (130) verläuft und zumindest ein Bereich der Flachdrahtwicklung (140), der außerhalb der Nuten (130) angeordnet ist, entlang eines nutfreien Bereichs (180) angeordnet ist, und überwiegend parallel zur jeweiligen Deckfläche (120) verläuft.

5

Wicklung einer elektrischen Maschine mit gesteigertem Füllgrad

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für eine elektrische Maschine, insbesondere eine Wicklung einer elektrischen Maschine mit gesteigertem Füllgrad.

- 10 Die Erfindung betrifft allgemein rotierende elektrische Maschinen mit mehreren Phasen und einer verteilten Wicklung. Drehfeldmaschinen werden durch Wechselströme, oder Wechselspannung, gespeist, welche die gleiche Frequenz aufweisen und um einen festen Phasenwinkel zu einander verschoben sind. In Drehfeldmaschinen wird ein drehendes
- 15 Magnetfeld dadurch erzeugt, dass eine zur Anzahl der Wechselströme, oder Wechselspannungen, korrespondierende Anzahl an Spulen räumlich um feste Winkel zueinander angeordnet sind, wobei diese Winkel möglichst den festen Phasenwinkeln der speisenden Wechselströme, bzw. Wechselspannungen entsprechen. Die Leiter, bzw.
- 20 Spulenwindungen, welche sich zu einer dieser Spulen zuordnen lassen werden dann allgemein als zu dieser Phase zugehörig bezeichnet. Im Falle einer Maschine mit drei Phasen, spricht man dann auch von einer Dreiphasenwechselstrommaschinen. Bei einer verteilten Wicklung wird im Unterschied zur konzentrierten Wicklung nicht jeder Zahnpol
- 25 einzeln bewickelt, sondern Spulen welche mehrere Zahnpole umfassen in die Statornuten eingebracht. Hierin ist unter „Statornut“ eine Nut zu verstehen, die zur Füllung mit einer Wicklung mit einem elektrisch leitfähigen Draht bzw. Flachdraht vorgesehen ist und in den Stator gefräst, gestanzt, gelasert, wasserstrahlgeschnitten, erodiert und/oder geschnitten bzw. jeweils in ein Statorblech eines
- 30 Statorblechpakets gefräst, gestanzt, gelasert, wasserstrahlgeschnitten, erodiert und/oder geschnitten wurde. Hierin ist unter einem Flachdraht ein Draht zu verstehen, dessen Querschnitt im Wesentlichen gemäß einem Rechteck bzw. quadratisch ist, wobei die

Kanten zumindest teilweise abgerundet bzw. abgeschrägt sein können. D.h. mit anderen Worten, dass ein Flachdraht einen im Wesentlichen rechteckigen bzw. quadratischen Querschnitt aufweist, wobei die Kanten des Querschnitts zumindest teilweise schräg bzw. eine Rundung aufweisen können. Der Flachdraht kann zumindest eines der Materialien aus der Gruppe von elektrisch leitfähigen Materialien aufweisen bzw. daraus gebildet sein, wobei diese Gruppe umfasst: Kupfer, Kupferlegierungen, Silber, Silberlegierungen, Gold, Goldlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierung oder jedes weitere elektrisch leitfähige oder supraleitende Material. Erfindungsgemäß ist der Draht bzw. der Flachdraht derart gebildet, dass bei der Wicklung des Drahts bzw. Flachdrahts an den Kontaktpunkten bzw. -flächen ein Kurzschluss verhindert wird. D.h. der Draht kann zumindest teilweise mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet sein und/oder es kann zwischen aneinander angrenzenden Drahtwicklungen elektrisch isolierendes Material angeordnet sein. Auch die Kontaktpunkte bzw. -flächen zwischen Draht bzw. Flachdraht und Statorblech sind mit zumindest einem der oben genannten elektrisch isolierenden Materialien voneinander elektrisch isoliert. Das elektrisch isolierende Material weist zumindest ein Material aus der Gruppe von elektrisch isolierenden Materialien auf bzw. ist daraus gebildet, wobei diese Gruppe umfasst: Flächenisolierstoffe zum Beispiel aus Kunststofffolien wie Polyimid, Polyester, Polyetheretherketon, Polyamid, Polyethylen oder anderen Thermoplasten oder anderen Flächenwerkstoffen wie Aramid-Papier, Glasgewebe oder ähnlich, welche auch z.B. mit Harz getränkt werden können. Es können auch verschiedene Folien mit unterschiedlichen Eigenschaftsprofilen in sogenannten Mehrschichtisolationsystemen aufeinander verbunden werden. Sinnvoll ist dies, wenn mechanisch widerstandsfähige Schichten eine andere, elektrisch hoch-isolierende Schicht ein- oder beidseitig schützen. Neben den flexiblen Isolierstoffen können auch vorgeformte Isolierstoffe aus der Gruppe der Keramiken, Glimmer oder der Duroplaste verwendet werden. Ebenso möglich sind bei niedrigeren Spannungsanforderungen Beschichtungen des Stators zum Beispiel durch Pulverbeschichten, aber auch Tränken mit Harz oder der Verzicht auf einen zusätzlichen Flächenisolierstoff. Die zwischen den Statornuten verbleibenden Bereiche werden als Zahn oder Zahnpol bezeichnet.

Insbesondere betrifft die Erfindung einen Stator mit mindestens einer Wicklung bzw. einer Flachdrahtwicklung. Mittels Flachdrahtwicklungen können gesteigerte Füllgrade erreicht werden. Hierin wird unter einem gesteigerten Füllgrad verstanden, dass mittels der

5 Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung es ermöglicht wird, dass das maximal zu Verfügung stehende Volumen in den dafür vorgesehenen Nuten in den Statornuten vollständig bzw. möglichst vollständig genutzt wird. Der Begriff „gesteigert“ bezieht sich hierin auf bisherige konventionelle Lösungen, wie bspw. Wicklungen mit einem

10 Runddraht. Mit anderen Worten, mittels einer erfindungsgemäßen Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung soll das in den Statornuten bereitgestellte Volumen für die Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung vollständig bzw. nahezu vollständig befüllt bzw. genutzt werden, wobei hierbei keine bzw. lediglich eine geringe Anzahl an

15 Fügestellen erforderlich ist.

Bei konventionellen Lösungen wird oftmals eine vergleichbare Wicklung dadurch gebildet, dass man den Stator segmentiert und nach Einlegen einer vorgeformten Wicklung zusammen "schiebt". Der Aufwand für die Segmentierung und die elektromagnetischen Nachteil sind

20 jedoch sehr hoch.

WO 2007 / 146 252 A2 offenbart ein Verfahren zum Erzielen eines hohen Kupferfüllgrad mit verteilter Wicklung, welches an einem nicht segmentierten Statorpaket eingesetzt werden kann. Hierzu werden vorgeformte Kupferstäbe mit rechteckigem Querschnitt durch die Nuten

25 eines Stators gesteckt, auf der gegenüberliegenden Seite umgeformt und durch ein Fügeverfahren, wie Schweißen oder Crimpen, miteinander leitend verbunden. Hierdurch entsteht eine mehrphasige Wicklung mit hohem Füllfaktor. Die nach diesem Verfahren gebildeten Wicklungen weisen eine hohe Anzahl an Fügestellen auf. Fügestellen zeichnen

30 sich durch schlechtere mechanische und elektrische Eigenschaften aus, als durchgängiger Draht. Für die Fertigung der Fügestellen wird ausreichend Platz benötigt. Aus diesen Gründen ist diese Art der Wicklung nur sinnvoll, wenn eine geringe Anzahl an Windungen und große Drahtquerschnitte verwendet werden. Große Drahtquerschnitte in

35 radialer Nutrichtung führen jedoch zu zusätzlichen Stromverdrängungseffekten und Wirbelströmen in den Leitern und dadurch zu höheren Verlusten bei hohen elektrischen Frequenzen.

Zudem ist die Maschinenauslegung durch die niedrige Windungszahl eingeschränkt.

In EP 1 255 344 A1 ist ein Verfahren offenbart, nach dem eine vorgefertigte Wicklung aus Flachdrähten in einen segmentierten Stator eingebracht wird. Das Einlegen der Wicklung ist dabei nur durch anschließendes oder gleichzeitiges zusammenfügen der Statorsegmente möglich. Die Fügestelle der Statorsegmente kann beispielhaft durch einen Schwalbenschwanzverbindung ausgeführt werden. Das Fügen von segmentierten Statorblechpaketen führt zu einem zusätzlichen Luftspalt in der Verbindungsstelle und häufig auch zu ungewollten elektrischen Verbindungen zwischen verschiedenen Blechebenen der Blechpakete, hervorgerufen zum Beispiel durch einen leichten axialen Versatz oder Gradbildung beim Fügen. Zusätzliche Luftspalte führen zu einem erhöhten Magnetisierungsstrombedarf des Elektroblechs und elektrische Verbindungen zwischen den Blechebenen zu zusätzlichen Wirbelströmen.

Gemäß CA 2539592 A1 ist ein Verfahren zum Einsetzen vorgefertigter Spulen aus Flachdraht in die offenen Nuten eines Statorpakets offenbart. Stromverdrängungseffekte und Wirbelstromverluste in den Flachleitern werden minimiert, indem die Flachdrähte der Spulen mit ihrer breiteren Seite aufeinander liegend ausgeführt sind. Um die Spulen durch den Nutschlitz einsetzen zu können, muss der Nutschlitz größer als die Breite der Spule sein, also breiter als die breitere Kantenlänge des Flachdrahtquerschnitts. Der große Nutzschlitz schränkt die Maschinenauslegung stark ein, führt zu einem reduzierten Drehmoment und bei permanenterregten Synchronmaschinen zu höheren Rotorverlusten. Um die Spulen bei der Montage nicht verformen zu müssen, sind in der Nut entsprechende Aussparungen vorzusehen, welche zu einem reduzierten Kupferfüllgrad führen.

WO 2004 / 055 957 A1 offenbart einen Wickelkopf in ein thermisch leitendes Material einzubetten, um eine gute Kühlungsanbindung an das gekühlte Gehäuse der Maschine zu erzielen. Es wird hierbei jedoch keine spezielle Formung des Wickelkopfes betrachtet.

EP 2 562 917 A1 offenbart, dass die Spulen vorab gewickelt werden und in axialer Richtung in die Statornuten eingeschoben werden

können. Die Wickelkopfform ist dabei klassisch, mit dem Unterschied, dass der Wickelkopf auf einer Seite nach innen (zum Rotor hin) gebogen ist, um das Einbringen in die Nuten zu ermöglichen.

5 US 2015 0364977 A1 offenbart eine Ergänzung zur Hairpin-Wicklung, welche auch in der Erfindungsmeldung angegeben ist. In dieser Veröffentlichung wird eine Methode vorgeschlagen, wie man die Isolierung zwischen den Phasen dieser Maschinen gestalten kann. Um die Spulen zu verbinden, müssen diese durch Schweißen oder Crimpen gefügt werden.

10 EP 2 782 220 A2 offenbart eine Weiterführung von EP 2562917 A1. Die Spulen werden auch hier vorab gefertigt und axial in den Stator geschoben. Die Neuerung bei dieser Offenlegung ist, dass die Spulen weniger Wickelkopflänge haben als in EP 2562917 A1 und, dass die Wickelkopfseiten der Spulen eine ebene Fläche bilden. Dies sind
15 gleichzeitig auch die Ansprüche der Veröffentlichung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung bereitzustellen, die eine Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung und einen Statorblechpaket einer elektrischen Maschine bzw. rotierenden elektrischen Maschine oder einem Elektromotor
20 aufweist, die es ermöglicht einen gesteigerten Füllgrad in den Statornuten zu erzielen, wobei keine bzw. lediglich eine geringe Anzahl an Fügstellen hierfür erforderlich sein soll.

Diese Aufgabe wird mit der Vorrichtung gemäß den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Hierauf bezogene
25 Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen bzw. Ausführungsformen wieder. Vorteilhafte Weiterbildungen, welche einzeln oder in beliebiger Kombination realisierbar sind, sind in den abhängigen Ansprüchen dargestellt.

Im Folgenden werden die Begriffe "aufweisen", "umfassen" oder
30 "einschließen" oder beliebige grammatikalische Abweichungen davon in nicht-ausschließlicher Weise verwendet. Dem entsprechend können sich diese Begriffe sowohl auf Situationen beziehen, in welchen, neben den durch diese Begriffe eingeführten Merkmalen, keine weiteren Merkmale vorhanden
35 sind, oder auf Situationen, in welchen ein oder mehrere

weitere Merkmale vorhanden sind. Beispielsweise kann sich der Ausdruck "A weist B auf", "A umfasst B" oder "A schließt B ein" sowohl auf die Situation beziehen, in welcher, abgesehen von B, kein weiteres Element in A vorhanden ist (d. h. auf eine Situation, in welcher A ausschließlich aus B besteht), als auch auf die Situation, in welcher, zusätzlich zu B, ein oder mehrere weitere Elemente in A vorhanden sind, beispielsweise Element C, Elemente C und D oder sogar weitere Elemente.

10 Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Begriffe „mindestens ein“ und „ein oder mehrere“ sowie grammatikalische Abwandlungen dieser Begriffe, wenn diese in Zusammenhang mit einem oder mehreren Elementen oder Merkmalen verwendet werden und ausdrücken sollen, das das Element oder Merkmal einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann, in der Regel lediglich einmalig verwendet werden, beispielsweise bei der erstmaligen Einführung des Merkmals oder Elementes. Bei einer nachfolgenden erneuten Erwähnung des Merkmals oder Elementes wird der entsprechende Begriff „mindestens ein“ oder „ein oder mehrere“ in der Regel nicht mehr verwendet, ohne Einschränkung der Möglichkeit, dass das Merkmal oder Element einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann.

Weiterhin werden im Folgenden die Begriffe „vorzugsweise“, „insbesondere“, „beispielsweise (bspw.)“ oder ähnliche Begriffe in Verbindung mit optionalen Merkmalen verwendet, ohne dass alternative Ausführungsformen hierdurch beschränkt werden. So sind Merkmale, welche durch diese Begriffe eingeleitet werden, optionale Merkmale, und es ist nicht beabsichtigt, durch diese Merkmale den Schutzzumfang der Ansprüche und insbesondere der unabhängigen Ansprüche einzuschränken. So kann die Erfindung, wie der Fachmann erkennen wird, auch unter Verwendung anderer Ausgestaltungen durchgeführt werden. In ähnlicher Weise werden Merkmale, welche durch „in einer Ausführungsform“ oder durch „in einer weiteren Ausführungsform“ eingeleitet werden, als optionale Merkmale verstanden, ohne dass hierdurch alternative Ausgestaltungen oder der Schutzzumfang der unabhängigen Ansprüche eingeschränkt werden soll. Weiterhin sollen durch

diese einleitenden Ausdrücke sämtliche Möglichkeiten, die hierdurch eingeleitete Merkmale mit anderen Merkmalen zu kombinieren, seien es optionale oder nicht-optionale Merkmale, unangetastet bleiben.

5 Unter dem Begriff „überwiegend“ ist hierin zu verstehen, dass ein Bereich von mindestens 50 % bis zu einschließlich 100 % des Merkmals vorliegen muss. D. h.

- „überwiegend parallel“ beschreibt hierin, dass jeweils benachbarte Spulenwindungen in einem Bereich von
10 mindestens 50 % bis zu einschließlich 100 % parallel zu einander verlaufen;
- „überwiegend angrenzend“ beschreibt hierin, dass der Flachdraht von zwei benachbarten Spulenwindungen mindestens in einem Bereich von 50 % bis zu einschließlich 100 %
15 aneinander angrenzend gebildet ist;
- „überwiegend angrenzend an die Stirnfläche der jeweiligen Nut“ beschreibt hierin, dass die Flachdrahtwicklung zumindest teilweise derart innerhalb der Nuten eingebracht ist, dass die erste Spulenwindung mindestens in einem Bereich von mindestens 50 % bis
20 zu einschließlich 100 % angrenzend an die Stirnfläche der jeweiligen Nut verläuft, und
- „überwiegend parallel“ beschreibt in einem weiteren Merkmal, dass zumindest ein Bereich von mindestens 50 % bis zu
25 einschließlich 100 % der Flachdrahtwicklung parallel zur jeweiligen Deckfläche verläuft.

Die Begriffe „Wicklung“ bzw. „Flachdrahtwicklung“ werden in der vorliegenden Beschreibung bzw. den Ansprüchen synonym verwendet.

30 Unter einem „Wickelpopf“ ist der Teil der Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung zu verstehen, der außerhalb der Nuten des Stators bzw. Statorblechpakets verläuft.

Die Begriffe „Stator“ bzw. „Statorblechpaket“ werden hierin synonym verwendet.

35 Unter dem Begriff „erfindungsgemäße Vorrichtung“ ist hierin eine Vorrichtung bzw. eine Ausführungsform zu verstehen, die

zumindest alle Merkmale gemäß dem Gegenstand des ersten unabhängigen Anspruchs aufweist bzw. unter dessen Schutzbereich fällt. Darüber hinaus sind auch alle Vorrichtungen bzw. Ausführungsformen zu verstehen, die
5 zusätzlich ein Merkmal bzw. mehrere Merkmale zumindest eines abhängigen Anspruchs aufweisen bzw. unter den Schutzbereich eines abhängigen Anspruchs bzw. mehrerer abhängiger Ansprüche fallen.

In einer ersten Ausführungsform weist eine Vorrichtung auf:
10 mindestens einen segmentfreien Stator, der gemäß eines axialsymmetrischen Hohlzylinders gebildet ist, wobei der Stator zumindest eine äußere und eine innere axialsymmetrische Mantelfläche aufweist, sowie an beiden Enden des Hohlzylinders, jeweils zumindest
15 eine abschließende radialsymmetrische Deckfläche, wobei sich die Deckflächen gegenüberliegen, und wobei die Deckflächen jeweils zumindest einem ersten und einem zweiten radialsymmetrischen Bereich aufweisen; und wobei der Stator mindestens zwei Nuten aufweist, wobei sich die Nuten jeweils in axialer oder schräg-axialer
20 Richtung, von einer Deckfläche zur gegenüberliegenden Deckfläche durch den gesamten Stator hindurch erstrecken, und wobei sich die Nuten von der inneren Mantelfläche in radialer Richtung zumindest teilweise in den Stator hineinerstrecken, und wobei die Nuten
jeweils zumindest zwei radial verlaufende innenliegende
25 Seitenflächen und eine innenliegende Stirnflächen aufweisen; wobei jeweils im ersten radialsymmetrischen Bereich Nuten gebildet sind und der zweite radialsymmetrischen Bereich frei von Nuten ist, und wobei die Nuten im Bereich der inneren Mantelfläche jeweils mittels zumindest eines Zahnkopfes verjüngt sind; und zumindest eine
Flachdrahtwicklung, gebildet aus mindestens zwei Spulenwindungen
30 mittels mindestens einem Flachdraht, wobei die Spulenwindungen jeweils frei von Fügestellen sind, wobei die Spulenwindungen derart übereinander gestapelt angeordnet sind, dass der Flachdraht einer Spulenwindung jeweils überwiegend parallel zum Flachdraht der
benachbarten Spulenwindung bzw. den benachbarten Spulenwindungen
35 verläuft; und der Flachdraht von zwei benachbarten Spulenwindungen jeweils überwiegend aneinander angrenzend gebildet ist; wobei die Flachdrahtwicklung zumindest teilweise derart innerhalb der Nuten eingebracht ist, dass die erste Spulenwindung überwiegend angrenzend an die Stirnfläche der jeweiligen Nut verläuft; und wobei zumindest

teilweise ein Bereich der Flachdrahtwicklung, welcher außerhalb der Nuten verläuft, entlang des zweiten radialsymmetrischen Bereichs angeordnet ist, und überwiegend parallel zur jeweiligen Deckfläche verläuft.

5 Hierin werden mit dem Begriff „schräg-axial“ in Verbindung mit Nuten eines jeweiligen Stators, der aus mehreren einzelnen Statorblechen gebildet ist, einer erfindungsgemäße Ausführungsform der Vorrichtung Nuten definiert bzw. sind darunter zu verstehen, die nicht über die gesamte Länge des Stators gleichmäßig parallel zur Rotationsachse
10 des Stators verlaufen, sondern zueinander parallel und verdreht entlang dessen Rotationsachse verlaufen. Ein Stator mit geschrägten Statornuten ist derart gebildet, dass hierfür dessen Statorbleche jeweils in axialer Richtung leicht um die Rotationsachse des Stators zueinander verdreht sind. D. h. mit anderen Worten die einzelnen
15 Statorbleche sind jeweils zueinander um einen vorbestimmten Winkel in einer radialen Richtung um die Rotationsachse des Stators verdreht, wobei dieser Winkel in einem Bereich von mehr als 0° bis zu ungefähr 5° liegt bzw. vorzugsweise in einem Bereich von ungefähr 0.0175° bis zu ungefähr 5° bzw. insbesondere in einem
20 Bereich von ungefähr 0.00006° bis zu ungefähr 5° bzw. auch in einem Bereich von ungefähr 0.6° bis zu ungefähr 5° . Durch das oben beschriebene Verdrehen der Statorbleche zueinander wird ein Stator gebildet, dessen Nuten schräg-axial entweder entlang seiner inneren Mantelfläche oder entlang seiner äußeren Mantelfläche verlaufen.
25 Hierdurch können Drehmomentwelligkeiten, Geräuschanregungen, aber auch der Oberwellengehalt z.B. der induzierten Spannung aber auch viele weitere durch Oberwelle verursachte Effekte gegenüber Statoren mit gerade verlaufenden Nuten reduziert werden. Die übliche Schrägung bzw. axiale Schrägung des Stators beträgt eine halbe
30 Nutteilung über die komplette Statorlänge L_{Stator} . Die Nutteilung ist die Distanz zwischen zwei Nuten. Bei einer verteilten Wicklung ergibt sich zum Beispiel ein Schrägungswinkel Ω_{opt} über die komplette Länge des Stators nach der Formel (1):

$$\Omega_{\text{opt}} = \frac{360^\circ}{2 \cdot m \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

35 mit der Phasenzahl bzw. der Anzahl der Phasen m , der Polpaarzahl, welche die Anzahl der Paare an magnetischen Polen in rotierenden elektrischen Maschinen angibt, bzw. Anzahl der Polpaare p und der

Lochzahl einer Hilfsgröße zur Beschreibung von Magnetfeldern in elektrischen Maschinen, welche sich aus der Anzahl der Nuten N pro Polzahl 2p und Phasen m ergibt, des jeweiligen Stators und der Verdrehwinkel γ zwischen den einzelnen Blechen des Stators ergibt sich dann bspw. aus der Formel (2):

$$\gamma = \frac{\Omega_{opt}}{N_{Bleche}} \quad (2),$$

wobei N_{Bleche} die Anzahl der Bleche eines Stators repräsentiert. Typische Winkel über die gesamte Statorlänge bzw. zwischen den Blechen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

	m	P	Q	Ω_{opt} [°]	L_{Stator} [mm]	D_{Blech} [mm]	N_{Blech}	γ [°]
1.	3	3	2	10	200	0,35	571	0,0175
2.	5	10	3	1,2	500	0,025	200000	0,00006
3.	3	1	1	60	500	0,5	100	0,6

10 wobei D_{Blech} die Dicke der einzelnen Bleche des Stators repräsentiert. In der 1. Zeile der oben stehenden Tabelle sind bspw. typische Winkel Ω_{opt} und γ angegeben. Zum Beispiel sind in der 2. Zeile der oben stehenden Tabelle bspw. eine untere Bereichsgrenze für Ω_{opt} und γ offenbart und in der 3. Zeile der oben stehenden Tabelle sind bspw.
 15 Werte für eine obere Bereichsgrenze für Ω_{opt} und γ angegeben.

In einer weiteren Ausführungsform ist jeweils die Form der Nuten derart an den Flachdraht angepasst ist, dass jeweils zwei sich gegenüberliegende Seiten des Flachdrahts an die jeweiligen zwei Seitenflächen der Nuten angrenzend eingebracht sind.

20 In einer weiteren Ausführungsform ist der Bereich zwischen Deckfläche und dem Bereich der Drahtwicklung, welcher außerhalb der Nuten verläuft, zumindest teilweise mit einem wärmeleitfähigen Material gefüllt, und wobei das wärmeleitfähige Material zumindest ein Material aus der Gruppe von Materialien aufweist bzw. daraus
 25 gebildet ist, wobei diese Gruppe umfasst: Vergussmasse zum Beispiel

auf Epoxidharz-, Silikon oder Polyesterbasis, wobei der Vergussmasse zur besseren Wärmeleitfähigkeit Zusatzstoffe, wie beispielsweise Keramikpulver, typischerweise Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, aber auch beliebige andere Füllstoffe in verschiedenen Formen mit höherer Wärmeleitfähigkeit als das Vergussmaterial, z. B. Kohlenstoff in Form von Graphit oder Nanomaterialien. Des Weiteren kann das wärmeleitfähige Material auch aus der Gruppe der Imprägniermittel oder der Flächenisolierwerkstoffe bestehen.

Gegenüber dem Stand der Technik liegt der Erfindung eine Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung mit gesteigertem Füllgrad zu Grunde, welche die vorerwähnten Nachteile nach dem Stand der Technik vermeidet. D.h. bspw. in Hinsicht auf die o. g. Druckschrift EP 2 562 917 A1, dass Nutöffnungen zum Rotor hin müssen weiter sein als breite Flachdrahtseite, während dies bei der Erfindungsmeldung eben nicht der Fall ist und der Wickelkopf auf einer Seite in den Rotorraum gebogen sein muss, während dies bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht notwendig ist. Wiederum hinsichtlich der o. g. Druckschrift US 2015 0 364 977 A1 werden die Spulen eingesteckt, gebogen und in jeder Windung mindestens einmal geschweißt, während in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mindestens zwei Windungen ohne Fügestelle bereitgestellt sind, wobei die in der o. g. US 2015 0364977 A1 offenbarte Art der Phasentrenner bzw. Isolation ist für eine erfindungsgemäße Vorrichtung nicht relevant. Bezüglich der o. g. EP 2 782 220 A2 ist anzumerken, dass die darin offenbarten Nutöffnungen zum Rotor hin weiter sein müssen als zumindest eine breite Flachdrahtseite, während dies bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung eben gerade nicht der Fall ist. Des Weiteren muss ein Wickelkopf gemäß der o. g. EP 2 782 220 A2 auf einer Seite in den Rotorraum gebogen sein, während dies bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht notwendig ist. Somit fällt keine erfindungsgemäße Vorrichtung unter den Schutzbereich der Ansprüche dieser Offenlegung, da die Fläche aller Drähte im Wickelkopf keine ebene Fläche bildet. Insbesondere ist zur zuletzt genannten Druckschrift anzumerken, dass diese sich auch aufgrund der Art der Herstellung fundamental von einer erfindungsgemäßen Vorrichtung unterscheidet, d.h. hierbei werden die dafür weit geöffneten Nut mittels axialem Einschieben befüllt.

Eine erfindungsgemäße Wicklung ist bspw. dadurch gekennzeichnet, dass sie aus Flachdraht also einem Leitermaterial mit bevorzugt annähernd rechteckigem Querschnitt, wobei eine Kantenlänge eine größere Weite aufweist als die zweite, besteht, die Windungen in der

5 Nut mehrheitlich mit den breiteren Flachdrahtseiten aufeinander liegen und die Leiter in die Nuten eines nicht, zur Vereinfachung der Wicklungseinbringung, segmentierten Statorblechpakets eingebracht sind, wobei dieses Statorblechpaket Nuten aufweist, deren, dem rotierenden Maschinenteil zugewandte, Nutöffnung eine

10 kleinere Weite aufweist als die breitere Querschnittskantenlänge des Flachdrahtes und der Flachdraht für mindestens zwei Spulenwindungen keine Fügestelle aufweist. Die Wicklung ist zusätzlich dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Phase einzelne Windungen an einem Wickelkopf derart geformt sind, dass der Flachdraht axial aus

15 einer ersten Nut austritt und im folgenden räumlichen Verlauf entlang des Flachdrahtes zunächst um seine breitere Querschnittskante gebogen ist, anschließend um seine schmalere Querschnittskante gebogen ist, einen Teil des Weges zu einer zweiten Nut zurücklegt, anschließend um die schmalere Querschnittskante

20 gebogen ist und nach einer weiteren Biegung um die breitere Querschnittskante in die zweite Nut eintritt. Eine Biegung sei definiert als Richtungsänderung des Drahtes von mehr als 45° in einem, in der Profilmittte gemessenen, kürzerem Drahtabschnitt als fünfmal der breiteren Querschnittskante des Drahtes.

25 Eine Einbringung der Wicklung in die Nuten kann beispielsweise durch einfädeln erfolgen.

Erfindungsgemäß kann in einer Ausführungsform zusätzlich der Wickelkopf derart gebildet sein, dass er thermisch an eine Mantelkühlung angeschlossen werden kann und durch den definierten

30 Lagenaufbau wird eine automatisierte Fertigung ermöglicht.

Als weiterer Vorteil der Erfindung wird angeführt, dass durch den definierten Lagenaufbau der Wicklung und des Wickelkopfes die automatisierte Fertigung einer Wicklung mit den angeführten Merkmalen ermöglicht wird.

Durch die erfindungsgemäße Gestaltung der Wickelköpfe ergibt sich eine kurze axiale Länge der Wickelköpfe.

Die gute thermische Anbindung des Wickelkopfes erfolgt dadurch, dass große Teile des Wickelkopfes räumlich sehr nahe an einer den Stator umschließenden, gekühlten Gehäusewandung verlaufen. Ein guter wärmeleitender Kontakt kann zum Beispiel durch Vergießen oder Imprägnieren der Wicklung hergestellt werden.

Erfindungsgemäß sind folgende Merkmale wesentlich

1. Wicklung einer rotierenden elektrischen Maschine.
2. Wicklung aus Flachdraht, also Draht mit annähernd rechteckigem Querschnittprofil.
3. Die Wicklung weist für mindestens zwei zusammenhängende Spulenwindungen keine Fügestelle auf.
4. Wicklung eingebracht in einem nicht, zur Vereinfachung der Wicklungseinbringung, segmentierten Statorblechpaket.

In einer Ausführungsform ist das Statorblechpaket aus vielen Einzelblechen gebildet, welche durch eine dünne Isolationsschicht von einander getrennt sind. Von einer Segmentierung spricht man in der Regel, wenn das Blechpaket durch Schnitte in axialer Richtung in mehrere Einzelteile getrennt ist.

In einer Ausführungsform weist der Stator bzw. das Statorblechpaket zumindest zwei Nuten auf. Die Nutöffnung ist jeweils bzw. zumindest teilweise durch einen Zahnkopf verjüngt, so dass der Flachdraht nicht mit seiner breiteren Profildbreite hindurch passt. Dadurch soll bspw. vermieden werden dass die Nutöffnung gleich der Nutbreite ist, dann kann eine vorgefertigte Wicklung axial eingeschoben werden. In dem Fall, dass sich die Nut am Zahnkopf nicht gegenüber der eigentlichen Nutbreite verjüngt, wird ein Freiheitsgrad bei der elektromagnetischen Auslegung des Magnetkreises eingeschränkt. Diese Ausführungsform sei im Folgenden als "Maschine ohne ausgeprägten Zahnkopf" bezeichnet, während als "Maschine mit ausgeprägtem Zahnkopf" eine Maschine bezeichnet, welche eben eine Verjüngung der Nut im Bereichs des Zahnkopfes, als an der Nutöffnung, gegenüber der

eigentlichen Nutbreite aufweist. Luft weist eine gegenüber Eisen kleine magnetische Permeabilität auf. In der Maschinenauslegung ist es daher wünschenswert den durch den Zahn geführten Fluss über einen Zahnkopf auf einen breiten Bereich des Luftspalts zu verteilen. Eine Maschine mit ausgeprägtem Zahnkopf weist damit in der Regel ein höheres Drehmoment auf, als eine Maschine ohne ausgeprägten Zahnkopf. Der Verzicht auf einen ausgeprägten Zahnkopf führt in der Regel auch zu höheren Zahnpulsationsverlusten. Des Weiteren kann in vielen Fällen durch einen ausgeprägten Zahnkopfes die Drehmomentwelligkeit der Maschine reduziert werden.

Folgende Ausführungsformen von Wickelkopfgestaltung sind erfindungsgemäß umfasst:

In einer Ausführungsform tritt zumindest eine Spulenwindung aus einer Nut in axialer Richtung aus. Nach dem Austritt aus der Nut ist der Draht biegsam, so dass er in radialer Richtung, vom drehenden Maschinenteil „Rotor“ weg, verläuft. Bei einem Innenläufer entspricht dies „nach außen“ hin. Hierzu ist anzumerken, dass diese Formulierung für Radialflussmaschinen gilt. Radialflussmaschinen sind die am weitest verbreiteten Maschinenbauweisen. Prinzipiell ist die erfindungsgemäßen Vorrichtungen bzw. Ausführungsformen aber auch auf Axialflussmaschinen anwendbar bzw. können als solche gebildet werden, wobei dabei die Bezeichnungen „axial“ und „radial“ dann vertauscht werden müssen. Eine alternative Formulierung hierfür wäre bspw., dass der Rotor in senkrechter Richtung zum Drahtverlauf in der Nut und senkrecht zum Luftspalt vom Luftspalt weg verläuft.

In einer weiteren Ausführungsform weist der Draht im Wickelkopf eine weitere Biegung auf, durch welche er in einer Bahn, welche konzentrisch (bzw. bei Linearmaschine parallel) zum Luftspalt verläuft.

Mit Ausnahme der Biegung am Nutaustritt liegt der Draht für den Verlauf bis zur Biegung am nächsten Nutaustritt bzw. Nuteintritt überwiegend in einer Ebene und ist überwiegend frei von Verdrehung um seine Profilachse.

Durch die Wicklung der zuerst gewickelten Phase werden die Nuten der anderen Phasen in axialer Richtung nicht verdeckt.

Folgende Merkmale erfindungsgemäßer Ausführungsformen können folgende Vorteile aufweisen:

1. Die Nut weist bis auf die Nutöffnung einen rechteckigen Querschnitt auf. Dann wird sie durch einen Draht mit konstantem Querschnitt maximal ausgefüllt.
2. Zur besseren Wärmeabfuhr ist der Raum zwischen Wickelkopf und Gehäuse mit einem gut wärmeleitenden Material gefüllt ist.
3. Die Windungen im Wickelkopf einer Phase in mehreren radialen Schichten geführt wird, um den Wickelkopf axial kürzer zu gestalten.
4. Die zuletzt bewickelte Phase vom Wickelschema wird unterschiedlich zu den vorhergehenden Wicklungen gebildet, um dadurch eine kürzere Wickelkopflänge zu erzielen.
5. An den axialen Enden können optional zusätzlich Vorrichtungen vorgesehen sind, um die Verlustwärme der zuletzt gewickelten Phase in axialer Richtung abzuführen.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Wicklung einer rotierenden elektrischen Mehrphasenmaschine dadurch gekennzeichnet, dass sie aus Flachdraht, also einem Leitermaterial mit annähernd rechteckigem Querschnitt, wobei eine Kantenlänge eine größere Weite aufweist als die zweite, besteht, die Windungen in der Nut überwiegend mit den breiteren Flachdrahtseiten aufeinander liegen und die Leiter in die Nuten eines nicht, zur Vereinfachung der Wicklungseinbringung, segmentierten Statorblechpakets eingebracht sind, wobei dieses Statorblechpaket Nuten aufweist, deren, dem rotierenden Maschinenteil zugewandte, Nutöffnung eine kleinere Weite aufweist als die breitere Querschnittskantenlänge des Flachdrahtes und der Flachdraht für mindestens zwei Spulenwindungen keine Fugestelle aufweist. Die Wicklung ist zusätzlich dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Phase einzelne Windungen an einem Wickelkopf derart geformt sind, dass der Flachdraht axial aus einer ersten Nut austritt und im folgenden räumlichen Verlauf entlang des Flachdrahtes zunächst um seine breitere Querschnittskante gebogen ist, anschließend um seine schmalere Querschnittskante gebogen ist,

einen Teil des Weges zu einer zweiten Nut zurücklegt, anschließend um die schmalere Querschnittskante gebogen ist und nach einer weiteren Biegung um die breitere Querschnittskante in die zweite Nut eintritt. Eine Biegung sei definiert als Richtungsänderung des Drahtes von mehr als 45° in einem, in der Profilmittte gemessenen, kürzerem Drahtabschnitt als fünfmal der breiteren Querschnittskante des Drahtes.

In einer weiteren Ausführungsform ist zur besseren Wärmeabfuhr der Raum zwischen Wickelkopf und Gehäuse mit einem wärmeleitenden Material gefüllt ist.

In einer weiteren Ausführungsform sind die Windungen im Wickelkopf einer Phase in mehreren radialen Schichten geführt, um den Wickelkopf, im Vergleich zur Ausführung der Windungen im Wickelkopf einer Phase mit nur einer radialen Schicht, in axialer Richtung kürzer, das heißt mit einem geringeren axialen Überstand des gesamten Wickelkopfs, welcher über den Stator axial herausragt, zu gestalten. Dies ist möglich, wenn im Bereich des Jochs ausreichend Platz für radiale Schichten vorhanden ist. Ein erster Teil der aus der Nut austretenden Spulenwindungen verläuft beispielsweise in einem radial nur geringfügig kleineren Durchmesser als der Außendurchmesser des Stators. Hierdurch ermöglicht sich für den zweiten Teil der aus der Nut austretenden Spulenwindungen eine Wickelkopf, bei welchem die Spulenwindungen dieser zweiten Gruppe ebenfalls in axialer Richtung parallel zueinander liegen, aber radial in einem Bereich liegen, welcher zwischen der ersten Gruppe an Spulenwindungen und dem Innendurchmesser des Stators liegt.

In einer weiteren Ausführungsform weicht die jeweils zuletzt bewickelte Phase vom Wickelschema gemäß Anspruch 1 derart ab, dass die Wicklung im Bereich des Wickelkopfes einen direkteren Weg von der austretenden zur wieder eintretenden Nut nimmt, um den Wickelkopf, im Vergleich zu den vorhergehend bewickelten Phasen, sowohl in axialer Richtung kürzer, das heißt mit einem geringeren axialen Überstand des gesamten Wickelkopfs, welcher über den Stator axial herausragt, als auch kürzer bezüglich der Weglänge des Drahtes, welchen dieser nach dem Austritt aus einer ersten Nut bis zum Eintritt in eine zweite Nut außerhalb der Statornuten

zurücklegt, wodurch ohmsche Verluste im Draht reduziert werden, zu gestalten. Dies ist möglich, da bei der zuletzt bewickelten Phase keine Nuten einer noch zu bewickelten Phase in axialer Richtung für das spätere Bewickeln freigehalten werden müssen. Ein kurzer
5 Wickelkopf ergibt sich zum Beispiel, wenn die Windungen in einem bogenförmigen Verlauf von der austretenden zur eintretenden Nut gebildet sind und dabei nur geringe Biegungen in radialer Richtung aufweisen.

In einer weiteren Ausführungsform ist an den axialen Enden optional
10 zusätzlich mindestens eine Vorrichtung vorgesehen, um die Verlustwärme der letzten gewickelten Phase in axialer Richtung abzuführen.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Wicklung dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Phase einzelne Windungen an
15 beiden Wickelköpfen derart geformt sind, dass der Flachdraht axial aus einer ersten Nut austritt und im folgenden räumlichen Verlauf entlang des Flachdrahtes zunächst um seine, dem rotierenden Maschinenteil abgewandte, breite Querschnittskante gebogen ist, anschließend um seine schmalere Querschnittskante gebogen ist, einen
20 Teil des Weges zu einer zweiten Nut zurücklegt, anschließend um die schmalere Querschnittskante gebogen ist und nach einer weiteren Biegung um die breitere Querschnittskante in die zweite Nut eintritt. Eine Biegung sei definiert als Richtungsänderung des Drahtes von mehr als 45° in einem, in der Profilmittte gemessenen,
25 kürzerem Drahtabschnitt als fünfmal der breiteren Querschnittskante des Drahtes.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten
Ausführungsbeispiels, insbesondere in Verbindung mit den abhängigen
30 Ansprüchen. Hierbei können die jeweiligen Merkmale für sich alleine oder zu mehreren in Kombination miteinander verwirklicht sein. Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt.

Die Ausführungsbeispiele sind schematisch in den nachfolgenden Figuren dargestellt. Hierbei bezeichnen gleiche Bezugsziffern in den

Figuren gleiche oder funktionsgleiche Elemente bzw. hinsichtlich ihrer Funktionen einander entsprechende Elemente.

Zur Veranschaulich und ohne einschränkende Wirkung ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung aus der Beschreibung der
5 beigefügten Zeichnungen. Darin zeigen:

- Fig. 1** eine schematische Schrägansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 2** eine schematische radiale Querschnittsansicht gemäß FIG. 1;
- Fig. 3** einen vergrößerten Ausschnitt der schematischen
10 Querschnittsansicht gemäß FIG. 2;
- Fig. 4** eine schematische axiale Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 5** eine schematische axiale Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 6** eine schematische Schrägansicht einer Ausführungsform einer
15 erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 7** eine schematische radiale Querschnittsansicht gemäß FIG. 6;
- Fig. 8** einen vergrößerten Ausschnitt der schematischen Querschnittsansicht gemäß FIG. 7,
20 und
- Fig. 9** zwei schematische Seitenansichten von Ausführungsformen erfindungsgemäßer Vorrichtungen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Schrägansicht auf eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 100. Die Vorrichtung 100 weist mindestens einen segmentfreien Stator bzw. ein Statorblechpaket 110 auf. Der Stator 110 ist gemäß einem

5 axialsymmetrischen Hohlzylinder gebildet. Der Stator 110 weist zumindest eine äußere axialsymmetrische Mantelfläche 150 und eine innere axialsymmetrische Mantelfläche 160 auf, sowie an beiden Enden des Hohlzylinders, jeweils zumindest eine abschließende

10 radialsymmetrische Deckfläche 120, wobei sich diese Deckflächen gegenüberliegen und sie jeweils zumindest einem ersten radialsymmetrischen Bereich 170 und einem zweiten

radialsymmetrischen Bereich 180 aufweisen. Der Stator 110 weist mindestens zwei Nuten auf 130. Die Nuten 130 erstrecken sich jeweils in axialer oder schräg-axialer Richtung von einer Deckfläche 120 zur

15 gegenüberliegenden Deckfläche (nicht sichtbar) durch den gesamten Stator 110 hindurch. Die Nuten 130 erstrecken sich von der inneren Mantelfläche 160 in radialer Richtung zumindest teilweise in den Stator 110 hinein erstrecken. Die Nuten 130 weisen jeweils zumindest

20 zwei radial verlaufende innenliegende Seitenflächen und eine innenliegende Stirnflächen auf. Im Stator 110 sind jeweils im ersten radialsymmetrischen Bereich 170 Nuten 130 gebildet und der zweite radialsymmetrischen Bereich 180 ist frei von Nuten 130. Die

Nuten 130 im Bereich der inneren Mantelfläche 160 gemäß der Ausführungsform 100 sind jeweils mittels zumindest eines Zahnkopfes

25 verjüngt. Die Vorrichtung 100 weist ferner zumindest eine Flachdrahtwicklung 140 auf, wobei ein Teil der Flachdrahtwicklung 140, der außerhalb der Nuten 130 angeordnet ist, hierin als Wickelkopf 190 bezeichnet wird. Die Vorrichtung weist somit in dieser Ausführungsform beispielhaft zwei Wickelköpfe 190

30 auf, wobei hier beispielhaft jeweils der Wickelkopf 190 auf jeder Seite des Stators 110 mit einer Phase 195 bzw. Wicklungen bzw. Flachdrahtwicklungen 140 gebildet ist, wobei eine erfindungsgemäße Vorrichtung auf mehr als zwei Wickelköpfe 190 und mehr als eine

Phase 195. Zur Vereinfachung der Darstellung und um das Prinzip zu

35 verdeutlichen, wurde hierbei lediglich beispielhaft eine Phase 195 dargestellt. Die Flachdrahtwicklung 140 ist jeweils aus mindestens zwei Spulenwindungen mittels mindestens einem Flachdraht gebildet. Die Spulenwindungen sind jeweils frei von Fügstellen. Die

Spulenwindungen sind derart übereinander gestapelt angeordnet, dass der Flachdraht einer Spulenwindung jeweils überwiegend parallel zum Flachdraht der benachbarten Spulenwindung bzw. den benachbarten Spulenwindungen verläuft und er von zwei benachbarten

5 Spulenwindungen jeweils überwiegend aneinander angrenzend gebildet ist. Die Flachdrahtwicklung 140 ist zumindest teilweise derart innerhalb der Nuten 130 eingebracht, dass die erste Spulenwindung überwiegend angrenzend an die Stirnfläche der jeweiligen Nut 130 verläuft. Wobei zumindest teilweise ein Bereich der

10 Flachdrahtwicklung 140, welcher außerhalb der Nuten 130 verläuft, entlang des zweiten radialsymmetrischen Bereichs 180 angeordnet ist, und überwiegend parallel zur jeweiligen Deckfläche 120 bzw. zum zweiten radialsymmetrischen Bereich 180 der jeweiligen Deckfläche 120 verläuft. Das Statorblechpaket 110 in dessen

15 Nuten 130 die Wicklung 140 der ersten Phase, mit in diesem Fall beispielhaft zehn Windung, eingelegt ist. Die Wicklung 140 der ersten Phase umfasst in diesem Fall sechs Spulen. Die zweite Phase kann analog zur ersten Phase gewickelt werden, nur um den entsprechenden Winkel verdreht und axial über die erste Phase

20 herausragend. Für die Wickelköpfe der letzten Phase ist es zulässig, dass diese aus axialer Sicht alle Nuten bedecken. Es müssen aus axialer Sicht keine Nuten mehr zum Bewickeln mit einer weiteren Phase freigehalten werden. Idealerweise wird dieser Umstand genutzt, um möglichst kurze Wickelköpfe zu erhalten und um einen axial

25 bündigen Abschluss dieser Wicklung zu erhalten, welcher mittels eines thermisch leitfähiges Material axial an ein weiteres Bauteil angebunden werden kann. Somit ist die Vorrichtung 100 derart gebildet, dass ein Rotor innerhalb der Vorrichtung 100 angeordnet werden kann.

30 **Fig. 2** zeigt eine schematische radiale Querschnittsansicht 200 durch die Vorrichtung 100 gemäß FIG. 1. Hierin ist sind die in den Nuten 130 verlaufenden, übereinandergestapelten Spulenwindungen 220 des Flachdrahts 210 schematisch dargestellt. Die Flachdrahtwicklungen 140 füllen, gemäß ihrem an die Nuten 130

35 angepassten Querschnitt, das dafür vorgesehene Volumen in Nuten 130 vollständig bzw. fast vollständig aus. Im Bereich der Öffnungen im Inneren des Stators 110, d.h. im Bereich der inneren

Mantelfläche 160, sind hier jeweils beispielhaft zwei Zahnköpfe 230 an beiden Seiten der Nuten 130 angeordnet, wobei optional auch nur ein Zahnkopf 230 an einer Seite der Öffnung der Nuten 130 angeordnet sein kann. Der jeweils eine Zahnkopf 230 bzw. die zwei Zahnköpfe 230
5 begrenzen jeweils das Volumen innerhalb der Nuten 130 für die Flachdrahtwicklungen 140 und verhindern ein Herausrutschen der Flachdrahtwicklungen aus den Nuten 130 in den inneren Bereich des Stators 110. Mit anderen Worten, FIG. 2 zeigt einen den Schnitt durch das Statorblechpaket 110 in axialer Richtung. Hierin sind
10 schematisch die Statorblechpaket 110 hat Nuten 110, in welche die Leiter bzw. den elektrisch leitfähigen Flachdraht 210 der Wicklung 140 eingelegt sind. Die Nutöffnung zum rotierenden Maschinenteil hin wird auch als Nutschlitz bezeichnet.

Fig. 3 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt 300 der schematischen
15 Querschnittsansicht der Vorrichtung 100 gemäß FIG. 2. Insbesondere sind in Fig. 3 die innere Stirnfläche 330 der Nuten 130 dargestellt, entlang derer jeweils der erste Flachdraht 210, der innerhalb einer Nut 130 verläuft, der ersten Spulenwindung 220 einer Wicklung 140 überwiegend angrenzend verläuft. Auch in Fig. 3 ist dargestellt,
20 dass jeweils sich benachbarte Spulenwindungen 220 der Wicklung 140 überwiegend parallel zueinander verlaufen. Darüber hinaus sind die die zwei radial verlaufenden innenliegenden Seitenflächen 310 und 320 dargestellt. Ebenso zeigt dieser vergrößerte Ausschnitt 300, dass die Form der Nuten 130 an den Querschnitt des Flachdrahts 210
25 derart angepasst sind, dass dieser das zur Verfügung stehende Volumen fasst vollständig ausfüllt. Darüber hinaus ist die beispielhafte Ausführung von jeweils zwei Zahnköpfen 230 im Bereich der inneren Mantelfläche des Stators 110 dargestellt.

Fig. 4 zeigt eine schematische axiale Querschnittsansicht einer
30 Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 400. Dabei zeigt Figur 4 den axialen Schnitt von der Seite durch den Stator 110, bestehend aus Statorblechpaket 110, einem Gehäuse 410 und Wicklung 140. In das Gehäuse 410 sind Kühlkanäle 420 eingebracht. Kühlkanäle führen ein Kühlmedium. Über die mit dem Kühlmedium in
35 Kontakt stehenden Oberflächen kommt es zu einem Wärmeaustausch. In Fig. 4 sind beispielhaft drei Phasen dargestellt. Zur Herstellung der Wicklung 140 kann eine Scheibe 430, welche die gleichen

Nutgeometrie wie das Statorblech aufweist, aus isolierendem Material zwischen Statorblechpaket 110 und den Wickelköpfen 190 der Wicklung 140 oder auch zwischen verschiedenen Phasen 195 angeordnet sein, wobei das isolierende Material mindestens ein Material aus der Gruppe von isolierenden Materialien aufweist und wobei die Gruppe umfasst: Hartpapier, Pertinax, Mehrschichtisolation, Keramik oder Kunststoff. Die zuletzt bzw. zu allerletzt bewickelte bzw. gewickelte Phase 440 kann vereinfacht gewickelt werden, um die Länge des Wickelkopfs 190 zu verkürzen. Dabei bildet prinzipiell die zuletzt gewickelte Phase 440 auch einen Bereich, an dem axial Wärme abgeführt werden kann. Für die Wickelköpfe der letzten Phase ist es zulässig, dass diese aus axialer Sicht alle Nuten bedecken. Es müssen aus axialer Sicht keine Nuten mehr zum Bewickeln mit einer weiteren Phase freigehalten werden. Idealerweise wird dieser Umstand genutzt, um möglichst kurze Wickelköpfe zu erhalten und um einen axial bündigen Abschluss dieser Wicklung zu erhalten, welcher mittels eines thermisch leitfähiges Material axial an ein weiteres Bauteil angebunden werden kann.

Fig. 5 zeigt den Detailausschnitt 500 der Vorrichtung 400 gemäß Fig. 3 des Wickelkopfes 190. Der Abstand zwischen Wicklung 140 und Gehäuse 410 ist gering, idealerweise im Bereich von 0,01mm bis 1mm., wodurch Verlustwärme durch ein wärmeleitendes Material 510 abgeführt werden kann, wobei das wärmeleitende Material 510 mindesten ein Material aus der Gruppe von wärmeleitenden Materialien aufweist, wobei die Gruppe umfasst: Vergussharze zu Beispiel Epoxidharz-basiert oder auf Silikonbasis, Tränkharze und alle Duroplaste. Für eine höhere Wärmeleitfähigkeit können die die Materialien mit zusätzlichen Partikeln, Fasern oder allgemein Füllstoffen gefüllt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Füllung mit Aluminiumoxid-Keramikpulver.

Fig. 6 zeigt eine schematische Schrägansicht auf eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 600. Die Vorrichtung 600 weist mindestens einen segmentfreien Stator bzw. ein Statorblechpaket 110 auf. Der Stator 110 ist gemäß einem axialsymmetrischen Hohlzylinder gebildet. Der Stator 110 weist zumindest eine äußere axialsymmetrische Mantelfläche 150 und eine innere axialsymmetrische Mantelfläche 160 auf, sowie an beiden Enden

des Hohlzylinders, jeweils zumindest eine abschließende radialsymmetrische Deckfläche 120 (wobei nur eine der beiden Deckflächen in Fig. 6 dargestellt ist), wobei sich diese Deckflächen gegenüberliegen und sie jeweils zumindest einem ersten

5 radialsymmetrischen Bereich 170 und einem zweiten radialsymmetrischen Bereich 180 aufweisen. Der Stator 110 weist mindestens zwei Nuten auf 130. Die Nuten 130 erstrecken sich jeweils in axialer oder schräg-axialer Richtung von einer Deckfläche 120 zur gegenüberliegenden Deckfläche (nicht sichtbar) durch den gesamten

10 Stator 110 hindurch. Die Nuten 130 erstrecken sich von der äußeren Mantelfläche 150 in radialer Richtung zumindest teilweise in den Stator 110 hinein. Die Nuten 130 weisen jeweils zumindest zwei radial verlaufende innenliegende Seitenflächen und eine innenliegende Stirnflächen auf. Im Stator 110 sind jeweils im ersten

15 radialsymmetrischen Bereich 170 Nuten 130 gebildet und der zweite radialsymmetrischen Bereich 180 ist frei von Nuten 130. Die Nuten 130 im Bereich der äußeren Mantelfläche 150 gemäß der Ausführungsform 600 sind jeweils mittels zumindest eines Zahnkopfes verjüngt. Die Vorrichtung 600 weist ferner zumindest eine

20 Flachdrahtwicklung 140 auf, wobei ein Teil der Flachdrahtwicklung 140, der außerhalb der Nuten 130 angeordnet ist, hierin als Wickelkopf 190 bezeichnet wird. Die Vorrichtung weist somit in dieser Ausführungsform beispielhaft zwei Wickelköpfe 190 auf, wobei hier beispielhaft jeweils der Wickelkopf 190 auf jeder

25 Seite des Stators 110 einer Phase 195 aus sechs Spulen bzw. Wicklungen bzw. Flachdrahtwicklungen 140 gebildet ist, wobei eine erfindungsgemäße Vorrichtung auch mehr als zwei Wickelköpfe bzw. mehr als sechs oder weniger als sechs Spulen bzw. Wicklungen bzw. Flachdrahtwicklungen aufweisen kann. Die Flachdrahtwicklung 140 ist

30 jeweils aus mindestens zwei Spulenwindungen mittels mindestens einem Flachdraht gebildet. Die Spulenwindungen sind jeweils frei von Fügstellen. Die Spulenwindungen sind derart übereinander gestapelt angeordnet, dass der Flachdraht einer Spulenwindung jeweils überwiegend parallel zum Flachdraht der benachbarten Spulenwindung

35 bzw. den benachbarten Spulenwindungen verläuft und er von zwei benachbarten Spulenwindungen jeweils überwiegend aneinander angrenzend gebildet ist. Die Flachdrahtwicklung 140 ist zumindest teilweise derart innerhalb der Nuten 130 eingebracht, dass die erste

Spulenwindung überwiegend angrenzend an die Stirnfläche der jeweiligen Nut 130 verläuft. Wobei zumindest teilweise ein Bereich der Flachdrahtwicklung 140, welcher außerhalb der Nuten 130 verläuft, entlang des zweiten radialsymmetrischen Bereichs 180 angeordnet ist, und überwiegend parallel zur jeweiligen Deckfläche 120 bzw. zum zweiten radialsymmetrischen Bereich 180 der jeweiligen Deckfläche 120 verläuft. Das Statorblechpaket 110 in dessen Nuten 130 die Wicklung 140 der ersten Phase, mit in diesem Fall beispielhaft zehn Windung, eingelegt ist, wobei ebenso weniger bzw. mehr als zehn Windungen möglich sind. Die Wicklung 140 der ersten Phase umfasst in diesem Fall sechs Spulen. Die zweite Phase kann analog zur ersten Phase gewickelt werden, nur um den entsprechenden Winkel verdreht und axial über die erste Phase herausragend. Für die Wickelköpfe der letzten Phase ist es zulässig, dass diese aus axialer Sicht alle Nuten bedecken. Es müssen aus axialer Sicht keine Nuten mehr zum Bewickeln mit einer weiteren Phase freigehalten werden. Insbesondere wird dieser Umstand genutzt, um möglichst kurze Wickelköpfe zu erhalten und um einen axial bündigen Abschluss dieser Wicklung zu erhalten, welcher mittels eines thermisch leitfähigen Materials axial an ein weiteres Bauteil angebunden werden kann. Somit ist die Vorrichtung 600 derart gebildet, dass ein Rotor außerhalb der Vorrichtung 600 angeordnet werden kann.

Fig. 7 zeigt eine schematische radiale Querschnittsansicht 600 durch die Vorrichtung 600 gemäß FIG. 6. Hierin sind die in den Nuten 130 verlaufenden, übereinandergestapelten Spulenwindungen 220 des Flachdrahts 210 schematisch dargestellt. Die Flachdrahtwicklungen 140 füllen, gemäß ihrem an die Nuten 130 angepassten Querschnitt, das dafür vorgesehene Volumen in Nuten 130 vollständig bzw. fast vollständig aus. Im Bereich der Öffnungen im Inneren des Stators 110, d.h. im Bereich der inneren Mantelfläche 160, sind hier jeweils beispielhaft zwei Zahnköpfe 230 an beiden Seiten der Nuten 130 angeordnet, wobei optional auch nur ein Zahnkopf 230 an einer Seite der Öffnung der Nuten 130 angeordnet sein kann. Der jeweils eine Zahnkopf 230 bzw. die zwei Zahnköpfe 230 begrenzen jeweils das Volumen innerhalb der Nuten 130 für die Flachdrahtwicklungen 140 und verhindern ein Herausrutschen der

Flachdrahtwicklungen aus den Nuten 130 in den inneren Bereich des Stators 110. Mit anderen Worten, Fig. 7 zeigt einen den Schnitt durch das Statorblechpaket 110 in axialer Richtung. Hierin sind schematisch die Statorblechpaket 110 hat Nuten 110, in welche die
5 Leiter bzw. den elektrisch leitfähigen Flachdraht 210 der Wicklung 140 eingelegt sind. Die Nutöffnung zum rotierenden Maschinenteil hin wird auch als Nutschlitz bezeichnet.

Fig. 8 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt 800 der schematischen Querschnittsansicht der Vorrichtung 600 gemäß FIG. 7. Insbesondere
10 sind in Fig. 8 die innere Stirnfläche 330 der Nuten 130 dargestellt, entlang derer jeweils der erste Flachdraht 210, der innerhalb einer Nut 130 verläuft, der ersten Spulenwindung 220 einer Wicklung 140 überwiegend angrenzend verläuft. Auch in Fig. 8 ist dargestellt, dass jeweils sich benachbarte Spulenwindungen 220 der Wicklung 140
15 überwiegend parallel zueinander verlaufen. Darüber hinaus sind die die zwei radial verlaufenden innenliegenden Seitenflächen 310 und 320 dargestellt. Ebenso zeigt dieser vergrößerte Ausschnitt 800, dass die Form der Nuten 130 an den Querschnitt des Flachdrahts 210 derart angepasst sind, dass dieser das zur Verfügung stehende
20 Volumen fasst vollständig ausfüllt. Darüber hinaus ist die beispielhafte Ausführung von jeweils zwei Zahnköpfen 230 im Bereich der inneren Mantelfläche des Stators 110 dargestellt.

Fig. 9 zeigt zwei schematische Seitenansichten von zwei beispielhaften Ausführungsformen zweier erfindungsgemäßer
25 Vorrichtungen 900 und 1000. Hierbei sind auf Grund der Sichtbarkeit für den Betrachter und ohne Beschränkung der Allgemeinheit bei der Vorrichtung 900 und der Vorrichtung 1000 Statoren 110, gebildet mittels mindestens zwei oder mehr als zwei Statorblechen, deren Nuten 130 an der äußeren Mantelfläche 150 der Statoren 110 gebildet
30 sind und sich in die Statoren hineinerstrecken und sich vollständig axial entlang der Rotationsachse der Statoren 110 erstrecken. Jedoch können die Nuten 130 der Vorrichtung 900 und 1000 auch jeweils an der inneren Mantelfläche 160 gemäß einer der oben beschriebenen Vorrichtungen 100 bis 500 Dabei weist Vorrichtung 900 Nuten 130 auf,
35 die sich parallel und gerade sowie vollständig axial entlang der Rotationsachse der Statoren 110 erstrecken. Wohingegen die Vorrichtung 1000 Nuten 130 aufweist, die sich vollständig schräg-

axial entlang der Rotationsachse der Statoren 110 erstrecken. Wie oben beschrieben werden hierin mit dem Begriff „schräg-axial“ in Verbindung mit Nuten 130 eines jeweiligen Stators 110, der aus mehreren einzelnen Statorblechen gebildet ist, so dass ein

5 Statorblechpaket 110 gebildet wird, eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Vorrichtung 1000 Nuten 130 definiert bzw. ist darunter zu verstehen, die nicht über die gesamte Länge des Stators 110 bzw. Statorblechpaket gleichmäßig parallel zur Rotationsachse des Stators 110 verläuft, sondern zueinander parallel und verdreht

10 entlang dessen Rotationsachse. Ein Stator 110 mit geschrägten Statornuten 130 ist derart gebildet, dass hierfür dessen Statorbleche jeweils in axialer Richtung leicht um die Rotationsachse des Stators 110 zueinander verdreht sind. D. h. mit anderen Worten die einzelnen Statorbleche sind jeweils zueinander um

15 einen vorbestimmten Winkel in einer radialen Richtung um die Rotationsachse des Stators verdreht, wobei dieser Winkel in einem Bereich mehr als 0° bis zu ungefähr 5° liegt bzw. vorzugsweise in einem Bereich von ungefähr 0.008° bis zu ungefähr 5° bzw. insbesondere in einem Bereich von ungefähr 0.00003° bis zu

20 ungefähr 5° bzw. auch in einem Bereich von ungefähr 0.3° bis zu ungefähr 5° . Die Winkel können auch mittels der Formel (1) und/oder der Formel (2) ermittelt werden, welche oben beschrieben sind.

Bezugszeichenliste

	100	Vorrichtung
	110	Stator bzw. Statorblechpaket
	120	Eine Deckfläche des Stators 110
5	130	Nut (en)
	140	Wicklung bzw. Flachdrahtwicklung
	150	Äußere Mantelfläche des Stators 110
	160	Innere Mantelfläche des Stators 110
	170	Erster radialsymmetrischer Bereich
10	180	Zweiter radialsymmetrischer Bereich
	190	Wickelkopf
	195	Spulen einer Phase
	200	Schematischer Querschnitt der Vorrichtung 100
	210	Draht bzw. Flachdraht
15	220	Spulenwindung
	230	Zahnkopf
	300	Vergrößerte Querschnittsansicht der Vorrichtung 100
	310	Erste innere Seitenflächen einer Nut 130
	320	Zweite innere Seitenflächen einer Nut 130
20	330	Innere Stirnflächen einer Nut 130
	400	Vorrichtung
	410	Gehäuse
	420	Kühlkanal
	430	Scheibe
25	440	Wickelkopf der zuletzt bewickelten Phase
	500	Vergrößerter Ausschnitt der Vorrichtung 400
	510	Wärmeleitendes Material
	600	Vorrichtung
	670	Erster radialsymmetrischer Bereich
30	680	Zweiter radialsymmetrischer Bereich
	700	Schematischer Querschnitt der Vorrichtung 600
	800	Vergrößerte Querschnittsansicht der Vorrichtung 600
	900	Seitenansicht eines Stators 110 mit axialen Nuten
	1000	Seitenansicht eines Stators 110 mit schräg-axialen Nuten

Ansprüche:

1. Vorrichtung (100, 600), aufweisend:

a. mindestens einen segmentfreien Stator (110), der gemäß eines axialsymmetrischen Hohlzylinders gebildet ist,

5 i. wobei der Stator (110) zumindest eine äußere und eine innere axialsymmetrische Mantelfläche (150, 160) aufweist, sowie an beiden Enden des Hohlzylinders, jeweils zumindest eine abschließende radialsymmetrische Deckfläche (120),

10 1. wobei sich die Deckflächen (120) gegenüberliegen, und

2. wobei die Deckflächen (120) jeweils zumindest einem ersten und einem zweiten radialsymmetrischen Bereich (170, 670, 180, 680) aufweisen;

15 und

ii. wobei der Stator (110) mindestens zwei Nuten (130) aufweist,

20 1. wobei sich die Nuten (130) jeweils in axialer oder schräg-axialer Richtung von einer Deckfläche (120) zur gegenüberliegenden Deckfläche durch den gesamten Stator (110) hindurch erstrecken,

25 2. wobei sich die Nuten (130) von der inneren Mantelfläche (160) in radialer Richtung zumindest teilweise in den Stator (110) hineinerstrecken,

oder

30 3. wobei sich die Nuten (130) von der äußeren Mantelfläche (150) in radialer Richtung zumindest teilweise in den Stator (110) hineinerstrecken,

und

4. wobei die Nuten (130) jeweils zumindest zwei radial verlaufende innenliegende Seitenflächen (310, 320) und eine innenliegende Stirnflächen (330) aufweisen;

5 iii. wobei jeweils im ersten radialsymmetrischen Bereich (170, 670) Nuten (130) gebildet sind und der zweite radialsymmetrischen Bereich (180, 680) frei von Nuten (130) ist, und

10 iv. wobei die Nuten (130) im Bereich der inneren Mantelfläche (160) jeweils mittels zumindest eines Zahnkopfes (230) verjüngt sind;

und

15 b. zumindest eine Flachdrahtwicklung (140), gebildet aus mindestens zwei Spulenwindungen (220) mittels mindestens einem Flachdraht (210),

 i. wobei die Spulenwindungen (220) jeweils frei von Fügstellen sind,

 ii. wobei die Spulenwindungen (220) derart übereinander gestapelt angeordnet sind, dass

20 1. der Flachdraht (210) einer Spulenwindung (220) jeweils überwiegend parallel zum Flachdraht (210) der benachbarten Spulenwindung (220) bzw. den benachbarten Spulenwindungen (220) verläuft, und

25 2. der Flachdraht (210) von zwei benachbarten Spulenwindungen (220) jeweils überwiegend aneinander angrenzend gebildet ist;

30 iii. wobei die Flachdrahtwicklung (140) zumindest teilweise derart innerhalb der Nuten (130) eingebracht ist, dass die erste Spulenwindung (220) überwiegend angrenzend an die Stirnfläche (330) der jeweiligen Nut (130) verläuft; und

iv. wobei zumindest teilweise ein Bereich der Flachdrahtwicklung (140), welcher außerhalb der Nuten (130) verläuft,

1. entlang des zweiten radialsymmetrischen Bereichs (180) angeordnet ist, und

2. überwiegend parallel zur jeweiligen Deckfläche (120) verläuft.

2. Vorrichtung (100, 600) gemäß Anspruch 1,

wobei jeweils die Form der Nuten (130) derart an den Flachdraht (210) angepasst ist, dass jeweils zwei sich gegenüberliegende Seiten des Flachdrahts (210) an die jeweiligen zwei Seitenflächen (310, 320) der Nuten (130) angrenzend eingebracht sind.

3. Vorrichtung (100, 600) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 2,

a. wobei der Bereich zwischen Deckfläche (120) und dem Bereich der Flachdrahtwicklung (140), welcher außerhalb der Nuten (130) verläuft, zumindest teilweise mit einem wärmeleitfähigen Material (510) gefüllt ist,

und

b. wobei das wärmeleitfähige Material (510) zumindest ein Material aus der Gruppe von Materialien aufweist bzw. daraus gebildet ist, wobei die Gruppe umfasst: Vergussharze; Epoxidharz-basiert oder auf Silikon-basierte Vergussharze, Tränkharze und/oder Duroplaste, wobei die Materialien optional mit zusätzlichen Partikeln, Fasern oder allgemein Füllstoffen gefüllt sind.

Fig. 1

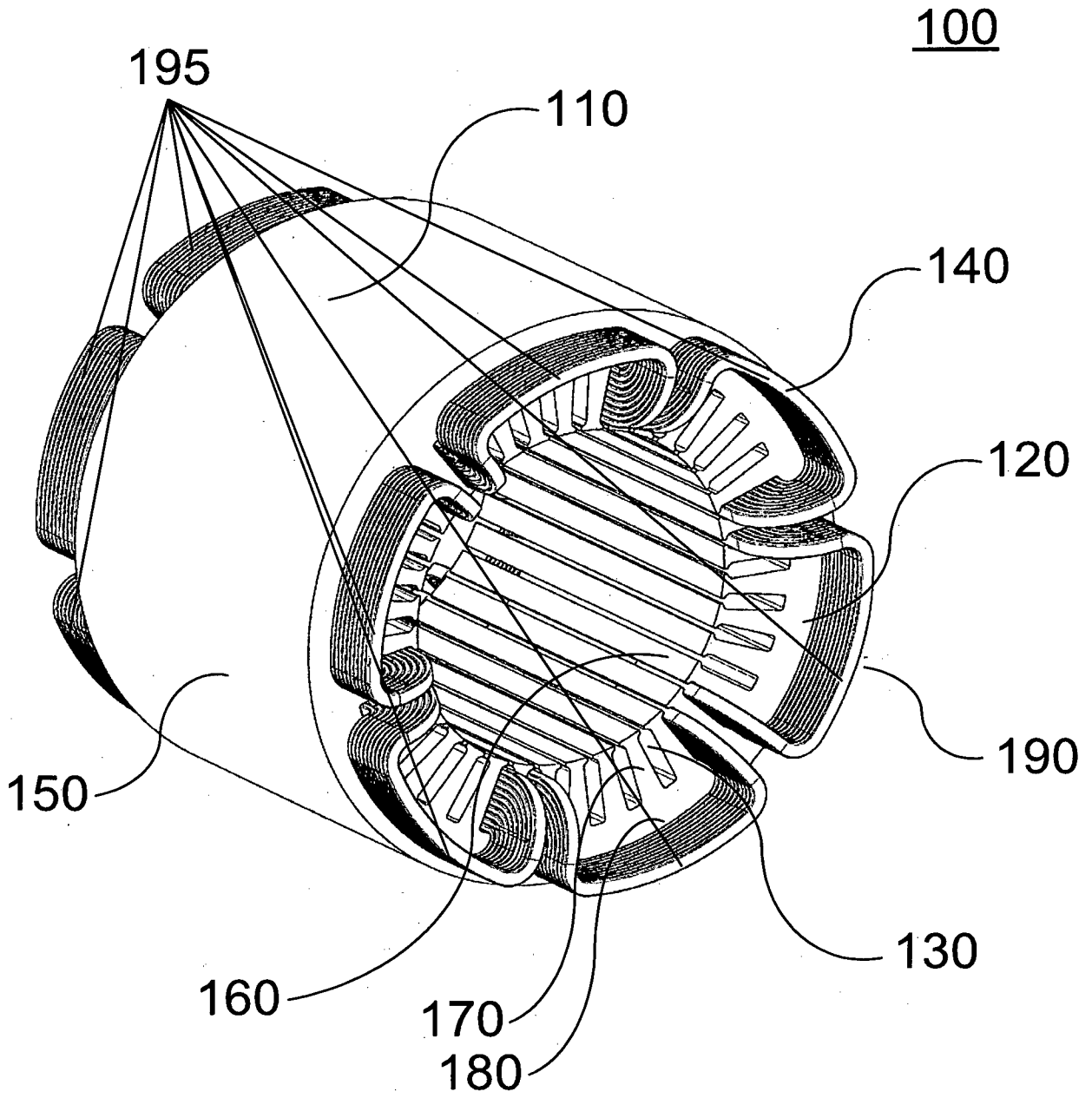


Fig. 2

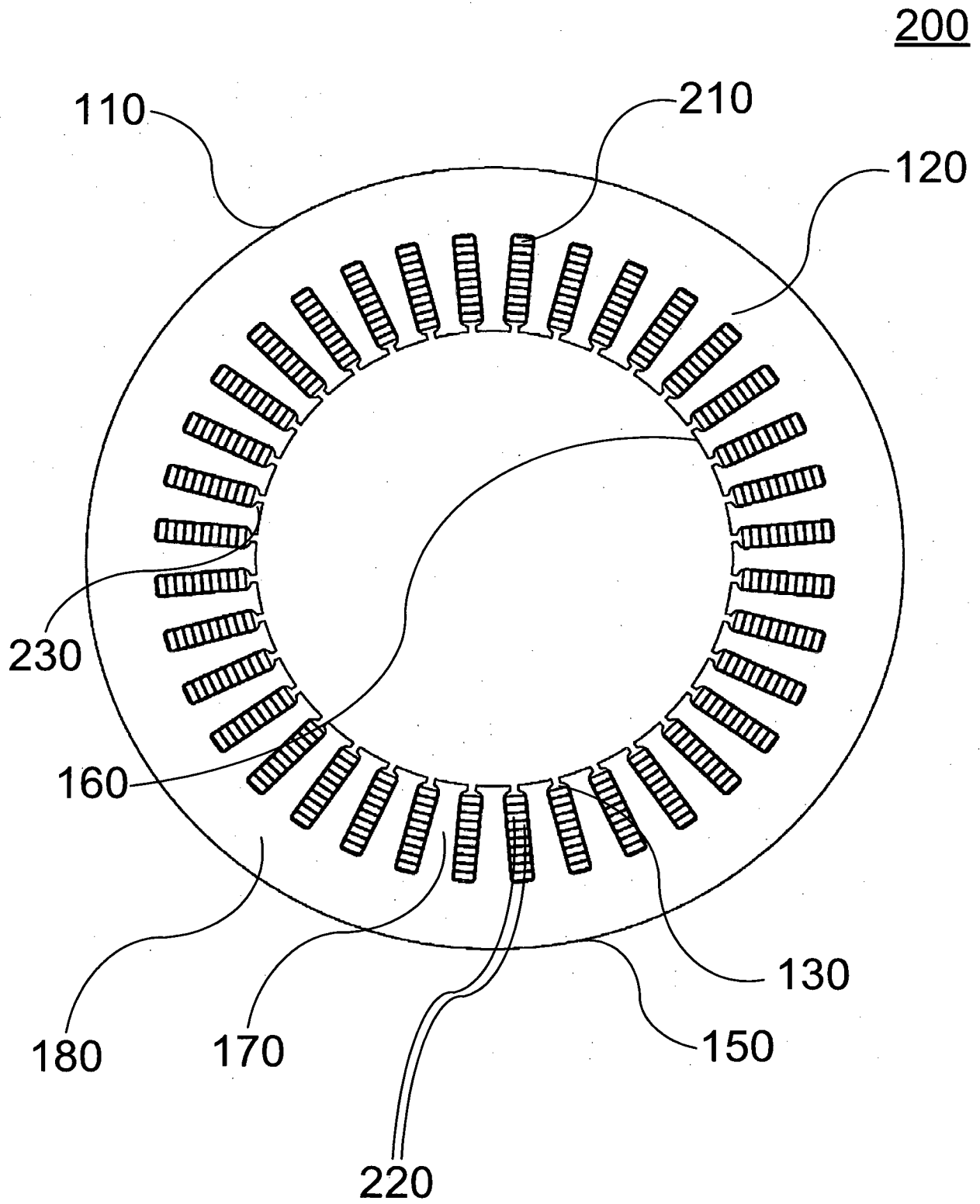


Fig. 3

300

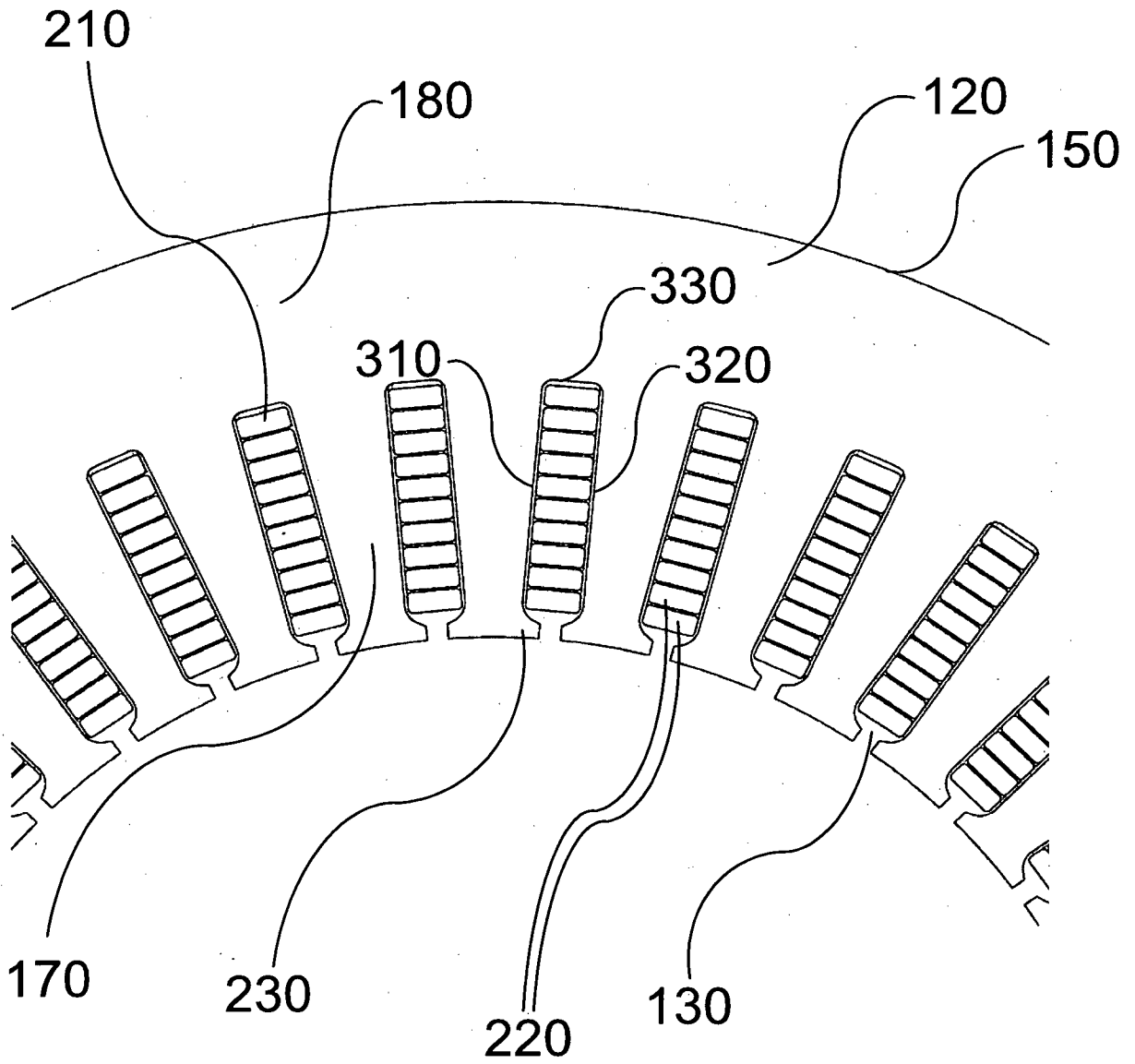


Fig. 4

400

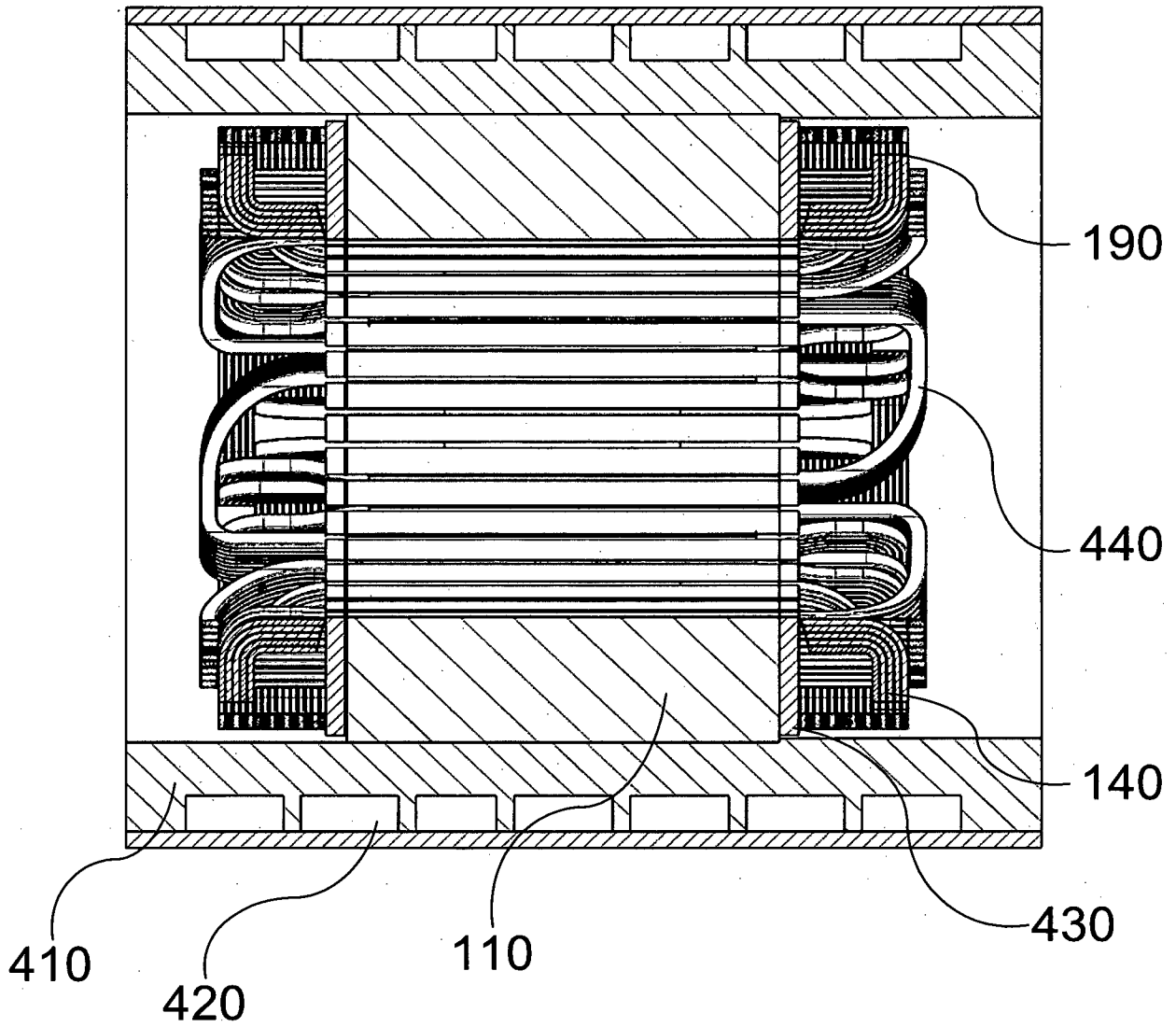


Fig. 5

500

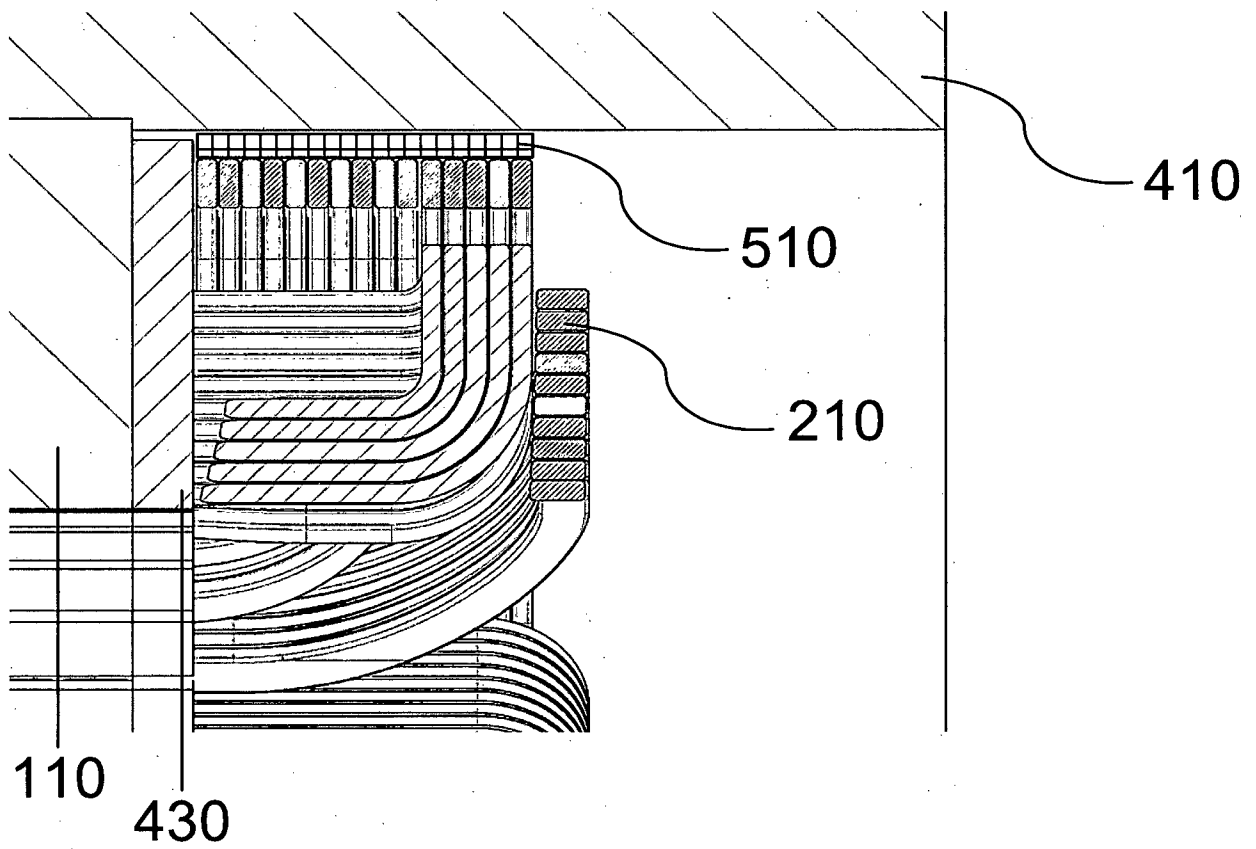


Fig. 6

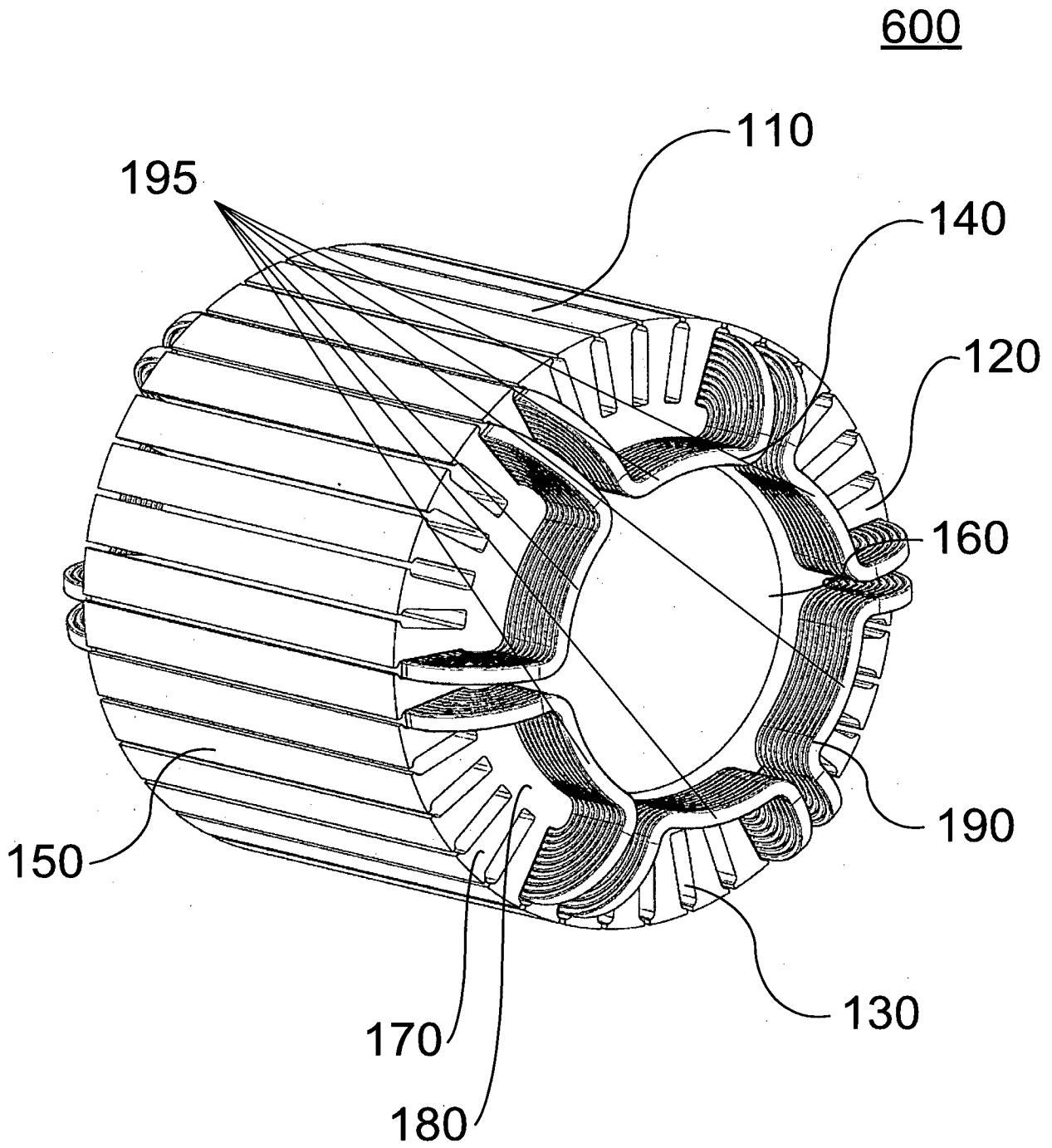


Fig. 7

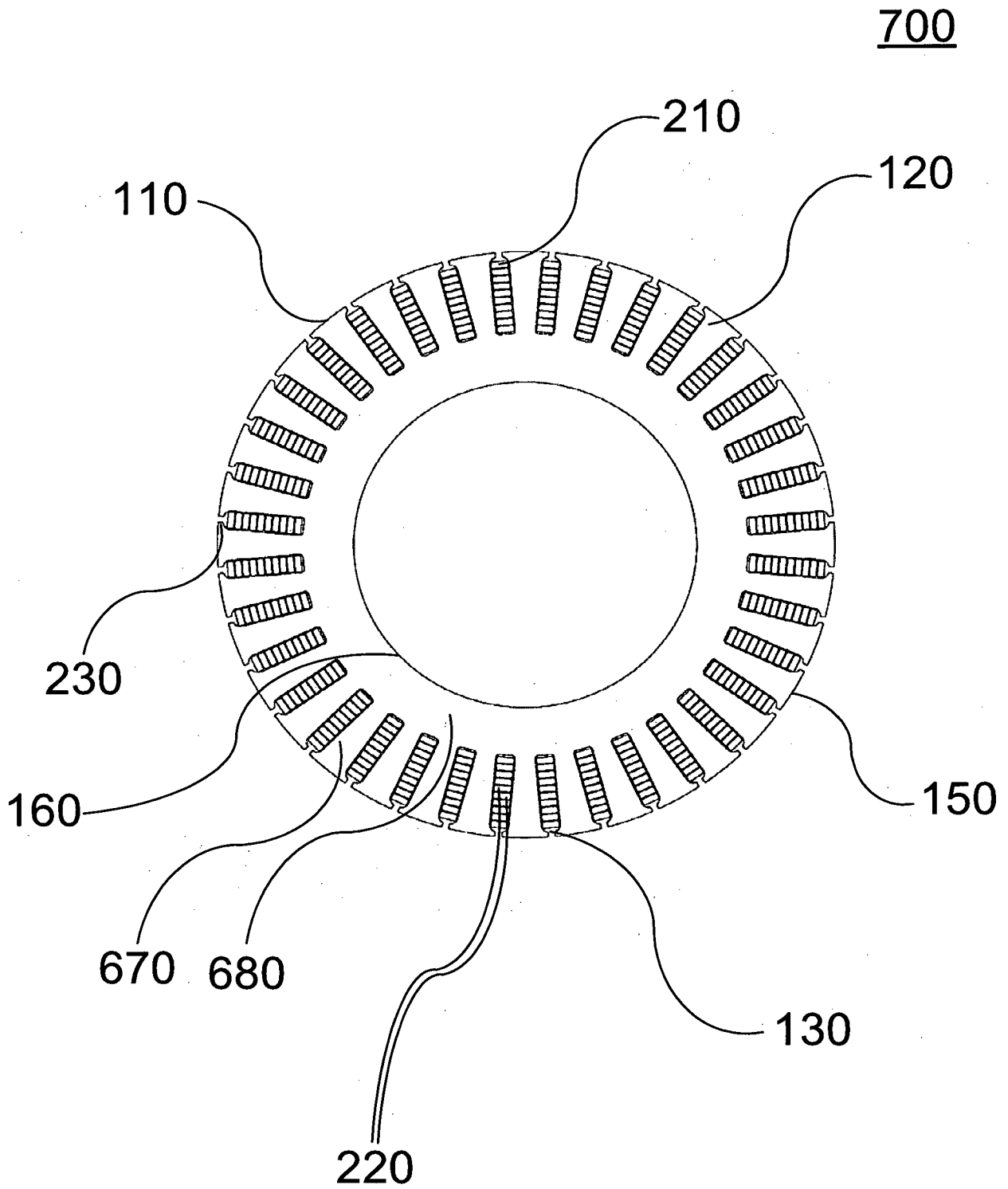


Fig. 8

800

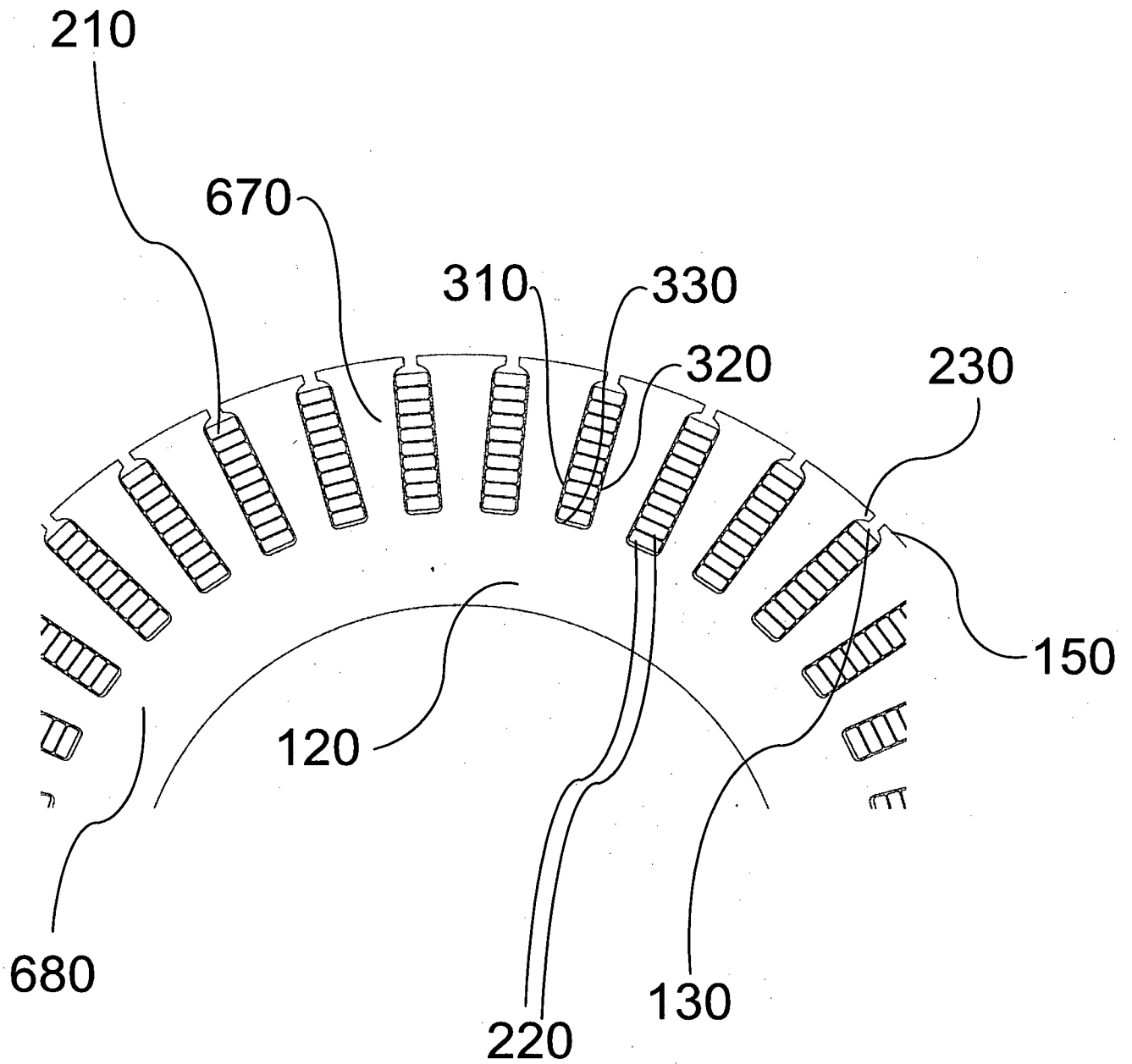
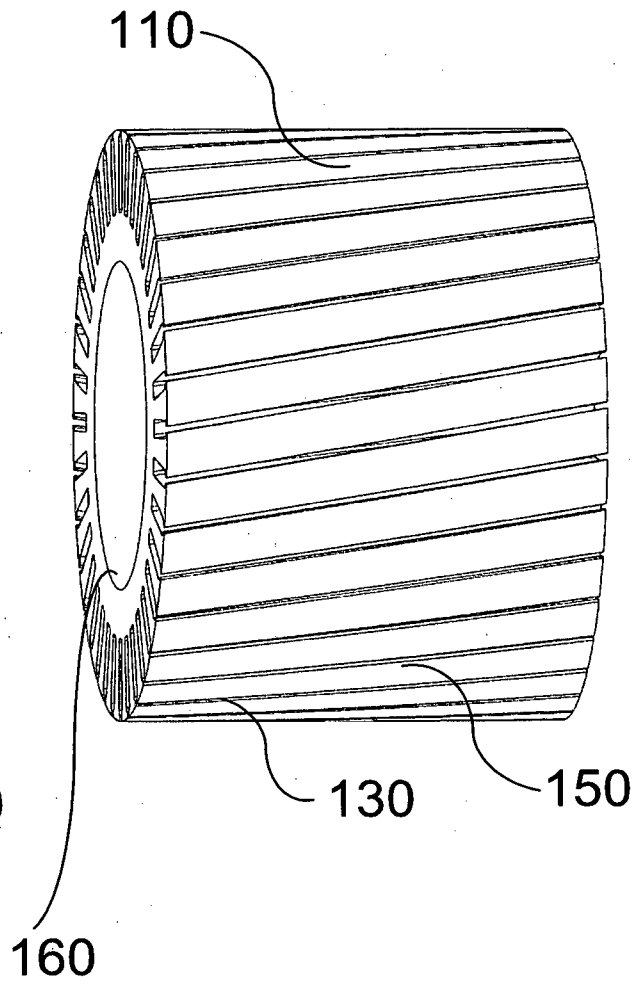
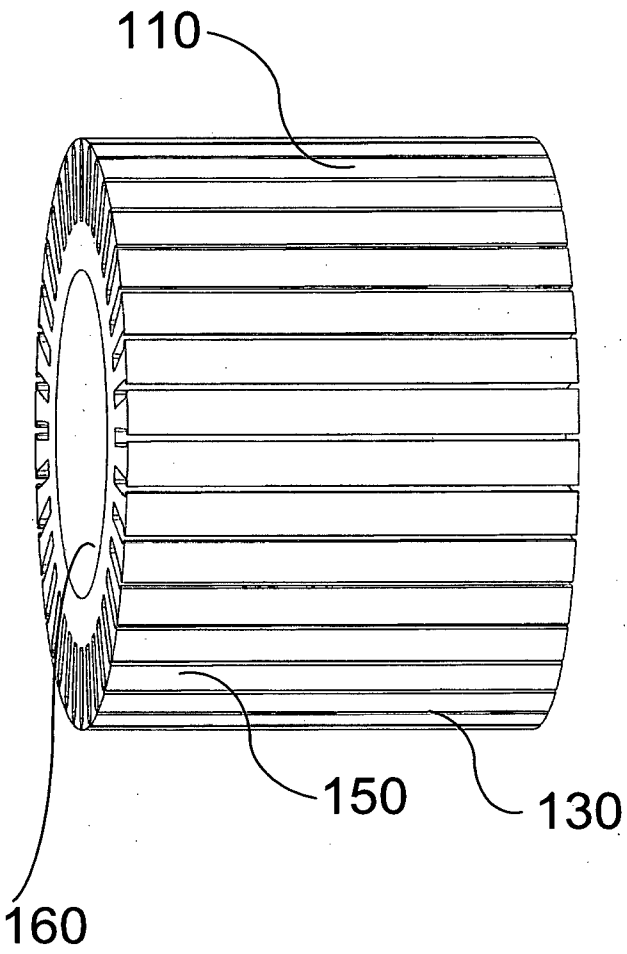


Fig. 9

900

1000



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/000042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K3/12 H02K9/22
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/001513 A1 (KAWANO HIROSHI [JP] ET AL) 5 January 2012 (2012-01-05)	1,2
Y	paragraphs [0021], [0027]; figures 1,2,4a,6b	3
Y	----- US 2004/178691 A1 (SANADA KAZUAKI [JP] ET AL) 16 September 2004 (2004-09-16)	3
	paragraph [0045]; figure 1	
X	----- EP 2 226 923 A1 (CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD [GB]) 8 September 2010 (2010-09-08)	1,2
	figures 2,6,7	
X	----- EP 2 782 218 A2 (YASKAWA DENKI SEISAKUSHO KK [JP]) 24 September 2014 (2014-09-24)	1,2
	figures 1,2,6	
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 24 April 2018	Date of mailing of the international search report 07/05/2018
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Zoukas, Eleftherios
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/000042

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2006/080465 A1 (MOSTEC INC [JP]; URATANI TATSUAKI [JP]; KAWASHIMA TAKEO [JP]) 3 August 2006 (2006-08-03) figures 46,47 -----	1
X	EP 2 782 220 A2 (YASKAWA DENKI SEISAKUSHO KK [JP]) 24 September 2014 (2014-09-24) paragraphs [0026], [0028]; figures 1,2,5,6,16 -----	1,2
X	US 6 229 241 B1 (ISHIGAMI TAKASHI [JP] ET AL) 8 May 2001 (2001-05-08) figures 17,18 -----	1,2
X	EP 3 043 456 A1 (MICAMATION AG [CH]) 13 July 2016 (2016-07-13) figure 8 -----	1
X	DE 10 2004 050824 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KARIYA KK [JP]; HAYASHI KOGYOSHO CO KK [JP]) 25 May 2005 (2005-05-25) figure 3 -----	1
A	US 2001/010442 A1 (YASUHARA TAKASHI [JP] ET AL) 2 August 2001 (2001-08-02) paragraph [0067]; figure 20 -----	3
A	US 2013/062986 A1 (TAKEUCHI KESATOSHI [JP]) 14 March 2013 (2013-03-14) paragraph [0072]; figure 10A -----	3
A	US 2006/244336 A1 (MAKITA SHINJI [JP] ET AL) 2 November 2006 (2006-11-02) paragraph [0005] -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/000042

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2012001513	A1	05-01-2012	CN 102369651 A	07-03-2012
			EP 2418757 A1	15-02-2012
			JP 5446406 B2	19-03-2014
			JP 2010246343 A	28-10-2010
			KR 20110125233 A	18-11-2011
			US 2012001513 A1	05-01-2012
			WO 2010116928 A1	14-10-2010
US 2004178691	A1	16-09-2004	CN 1531166 A	22-09-2004
			JP 2004282858 A	07-10-2004
			US 2004178691 A1	16-09-2004
EP 2226923	A1	08-09-2010	CA 2695059 A1	03-09-2010
			CN 101826764 A	08-09-2010
			EP 2226923 A1	08-09-2010
			US 2010225193 A1	09-09-2010
EP 2782218	A2	24-09-2014	CN 104065190 A	24-09-2014
			EP 2782218 A2	24-09-2014
			JP 5920259 B2	18-05-2016
			JP 2014183647 A	29-09-2014
			KR 20140115266 A	30-09-2014
			US 2014285052 A1	25-09-2014
WO 2006080465	A1	03-08-2006	JP 5021016 B2	05-09-2012
			JP 2010029063 A	04-02-2010
			WO 2006080465 A1	03-08-2006
EP 2782220	A2	24-09-2014	CN 104065217 A	24-09-2014
			EP 2782220 A2	24-09-2014
			JP 5920258 B2	18-05-2016
			JP 2014183646 A	29-09-2014
			KR 20140115265 A	30-09-2014
			US 2014285056 A1	25-09-2014
US 6229241	B1	08-05-2001	NONE	
EP 3043456	A1	13-07-2016	NONE	
DE 102004050824	A1	25-05-2005	DE 102004050824 A1	25-05-2005
			JP 2005124362 A	12-05-2005
			US 2005110357 A1	26-05-2005
US 2001010442	A1	02-08-2001	NONE	
US 2013062986	A1	14-03-2013	CN 103078431 A	01-05-2013
			JP 2013058658 A	28-03-2013
			US 2013062986 A1	14-03-2013
US 2006244336	A1	02-11-2006	CN 1855673 A	01-11-2006
			DE 102006019462 A1	15-03-2007
			JP 4626382 B2	09-02-2011
			JP 2006311713 A	09-11-2006
			KR 20060113520 A	02-11-2006
			US 2006244336 A1	02-11-2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K3/12 H02K9/22
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H02K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/001513 A1 (KAWANO HIROSHI [JP] ET AL) 5. Januar 2012 (2012-01-05)	1,2
Y	Absätze [0021], [0027]; Abbildungen 1,2,4a,6b	3
Y	US 2004/178691 A1 (SANADA KAZUAKI [JP] ET AL) 16. September 2004 (2004-09-16)	3
	Absatz [0045]; Abbildung 1	
X	EP 2 226 923 A1 (CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD [GB]) 8. September 2010 (2010-09-08)	1,2
	Abbildungen 2,6,7	
X	EP 2 782 218 A2 (YASKAWA DENKI SEISAKUSHO KK [JP]) 24. September 2014 (2014-09-24)	1,2
	Abbildungen 1,2,6	
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. April 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/05/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zoukas, Eleftherios

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2006/080465 A1 (MOSTEC INC [JP]; URATANI TATSUAKI [JP]; KAWASHIMA TAKEO [JP]) 3. August 2006 (2006-08-03) Abbildungen 46,47 -----	1
X	EP 2 782 220 A2 (YASKAWA DENKI SEISAKUSHO KK [JP]) 24. September 2014 (2014-09-24) Absätze [0026], [0028]; Abbildungen 1,2,5,6,16 -----	1,2
X	US 6 229 241 B1 (ISHIGAMI TAKASHI [JP] ET AL) 8. Mai 2001 (2001-05-08) Abbildungen 17,18 -----	1,2
X	EP 3 043 456 A1 (MICAMATION AG [CH]) 13. Juli 2016 (2016-07-13) Abbildung 8 -----	1
X	DE 10 2004 050824 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KARIYA KK [JP]; HAYASHI KOGYOSHO CO KK [JP]) 25. Mai 2005 (2005-05-25) Abbildung 3 -----	1
A	US 2001/010442 A1 (YASUHARA TAKASHI [JP] ET AL) 2. August 2001 (2001-08-02) Absatz [0067]; Abbildung 20 -----	3
A	US 2013/062986 A1 (TAKEUCHI KESATOSHI [JP]) 14. März 2013 (2013-03-14) Absatz [0072]; Abbildung 10A -----	3
A	US 2006/244336 A1 (MAKITA SHINJI [JP] ET AL) 2. November 2006 (2006-11-02) Absatz [0005] -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/000042

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
US 2012001513	A1	05-01-2012	CN 102369651 A	07-03-2012
			EP 2418757 A1	15-02-2012
			JP 5446406 B2	19-03-2014
			JP 2010246343 A	28-10-2010
			KR 20110125233 A	18-11-2011
			US 2012001513 A1	05-01-2012
			WO 2010116928 A1	14-10-2010
US 2004178691	A1	16-09-2004	CN 1531166 A	22-09-2004
			JP 2004282858 A	07-10-2004
			US 2004178691 A1	16-09-2004
EP 2226923	A1	08-09-2010	CA 2695059 A1	03-09-2010
			CN 101826764 A	08-09-2010
			EP 2226923 A1	08-09-2010
			US 2010225193 A1	09-09-2010
EP 2782218	A2	24-09-2014	CN 104065190 A	24-09-2014
			EP 2782218 A2	24-09-2014
			JP 5920259 B2	18-05-2016
			JP 2014183647 A	29-09-2014
			KR 20140115266 A	30-09-2014
			US 2014285052 A1	25-09-2014
WO 2006080465	A1	03-08-2006	JP 5021016 B2	05-09-2012
			JP 2010029063 A	04-02-2010
			WO 2006080465 A1	03-08-2006
EP 2782220	A2	24-09-2014	CN 104065217 A	24-09-2014
			EP 2782220 A2	24-09-2014
			JP 5920258 B2	18-05-2016
			JP 2014183646 A	29-09-2014
			KR 20140115265 A	30-09-2014
			US 2014285056 A1	25-09-2014
US 6229241	B1	08-05-2001	KEINE	
EP 3043456	A1	13-07-2016	KEINE	
DE 102004050824	A1	25-05-2005	DE 102004050824 A1	25-05-2005
			JP 2005124362 A	12-05-2005
			US 2005110357 A1	26-05-2005
US 2001010442	A1	02-08-2001	KEINE	
US 2013062986	A1	14-03-2013	CN 103078431 A	01-05-2013
			JP 2013058658 A	28-03-2013
			US 2013062986 A1	14-03-2013
US 2006244336	A1	02-11-2006	CN 1855673 A	01-11-2006
			DE 102006019462 A1	15-03-2007
			JP 4626382 B2	09-02-2011
			JP 2006311713 A	09-11-2006
			KR 20060113520 A	02-11-2006
			US 2006244336 A1	02-11-2006