

(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
25. Juli 2024 (25.07.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/153501 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 3/24 (2006.01) H02K 3/52 (2006.01)
H02K 9/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/050418

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Januar 2024 (10.01.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 101 007.7
17. Januar 2023 (17.01.2023) DE

(71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) Erfinder: **STREBL, Martin**; Gartenstraße 3, 80809 Mün-
chen (DE).

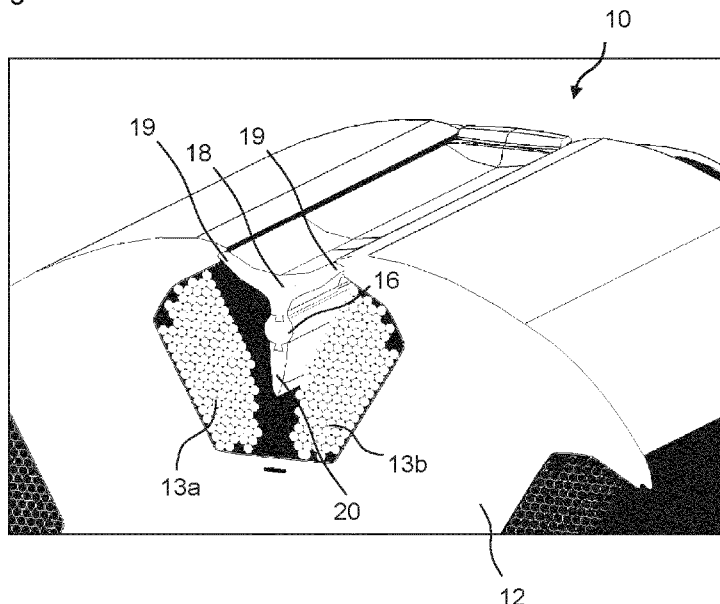
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD,
SL, ST, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

(54) Title: ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to an electric machine (50) comprising a rotor (10) that is mounted for rotation relative to a stator (40), and comprising at least one heat exchange element (16) that is designed to dissipate heat generated during operation of the electric machine (50). The invention also relates to a corresponding heat exchange element (16).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (50) mit einem relativ zu einem Stator (40) drehbar gehaltenen Rotor (10), aufweisend wenigstens ein Wärmetauschelement (16), welches eingerichtet ist, eine im Betrieb der elektrischen Maschine (50) entstehende Wärme abzuleiten, sowie ein entsprechendes Wärmetauschelement (16).

WO 2024/153501 A1

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Elektrische Maschine

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem relativ zu einem Stator drehbar gelagerten Rotor, aufweisend wenigstens ein zwischen zwei benachbarten Wicklungen des Rotors angeordnetes Wärmetauschelement, welches eingerichtet
5 ist, eine im Betrieb der elektrischen Maschine entstehende Wärme abzuleiten.

Elektrische Maschinen können als Arbeitsmaschinen für elektrisch antreibbare Kraftfahrzeuge, beispielsweise Elektro- und Hybridfahrzeuge, eingesetzt werden. Hierbei können elektrische Maschinen vielfältiger Ausprägungen zur Verwendung kommen, wobei eine elektrische Maschine typischerweise einen orts- bzw. drehfest
10 gelagerten Stator und einen relativ zu dem Stator beweglich gelagerten Rotor aufweist.

Bei stromerregten elektrischen Maschinen weisen aktive Komponenten magnetfelderzeugende Systeme beispielsweise in Form von bestrombaren Wicklungen auf, welche von einem Eisenkern gehalten werden, um einen magnetischen Fluss zu
15 erzeugen. Solche Wicklungen können sich im Betrieb der elektrischen Maschine erhitzen, wodurch beispielsweise aufgrund einer inhomogenen Temperaturverteilung in der Wicklung lokale Heißpunkte bzw. Hotspots entstehen können. Da eine Erhitzung der elektrischen Maschine eine Effizienz und eine Dauerleistung negativ beeinflussen kann, sind Lösungen zur Kühlung der elektrischen Maschine bekannt,
20 bei welchen der Rotor beispielsweise durch eine Rotorhohlwellenkühlung und/ oder an einer Stirnseite durch eine Stirnseitenkühlung, mit einem Kühlfluid gekühlt werden kann.

Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine elektrische Maschine, insbesondere in Bezug auf ihre thermischen Eigenschaften, zu verbessern.
25 Insbesondere soll ein Aufbau eines Rotors der elektrischen Maschine dahingehend verbessert werden, dass eine verbesserte Wärmeverteilung während des Betriebs innerhalb des Rotors erzielt werden kann.

- 2 -

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine elektrische Maschine mit den Merkmalen von Anspruch 1 und durch ein Wärmetauschelement mit den Merkmalen von Anspruch 9. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Gemäß einem ersten Aspekt wird eine elektrische Maschine mit einem relativ zu einem Stator drehbar gelagerten Rotor angegeben, aufweisend wenigstens ein zwischen zwei benachbarten Wicklungen des Rotors angeordnetes Wärmetauschelement, welches eingerichtet ist, eine im Betrieb der elektrischen Maschine entstehende Wärme an wenigstens eine Stirnseite des Rotors zu leiten. Das Wärmetauschelement ist insbesondere dazu eingerichtet, die in dem Bereich der Wicklungen aufgenommene Abwärme in Richtung einer oder beider Stirnseiten des Rotors bzw. der elektrischen Maschine zu transportieren und dort an eine Wärmesenke des Rotors bzw. der elektrischen Maschine zum Abführen der Abwärme abzugeben. Dadurch kann eine Kühlung bzw. verbesserte Wärmeverteilung in dem Rotor bewirkt werden, sodass eine Effizienz und/ oder eine Dauerleistung der elektrischen Maschine gesteigert werden kann.

Die elektrische Maschine kann beispielsweise als elektrische Traktionsmaschine für ein elektrisch betreibbares Kraftfahrzeug eingesetzt werden. Die elektrische Maschine ist dabei insbesondere als eine Strom erregte Synchronmaschine (SSM) oder eine Asynchronmaschine (ASM) ausgebildet und kann einen ortsfest gelagerten Stator sowie einen bezüglich des Stators beweglich, insbesondere drehbar, gelagerten Rotor aufweisen.

Der Rotor weist typischerweise ein an einer Rotorwelle angeordnetes Rotoreisen auf, welches beispielsweise durch ein Rotorblechpaket aus axial gestapelten Blechlamellen ausgebildet sein kann. Außerdem weist der Rotor elektrisch leitfähige Wicklungen auf, welche für die Erzeugung bzw. Erregung eines magnetischen Flusses zur Stromführung ausgebildet sind. Beispielsweise kann eine Wicklung bei einer stromerregten Synchronmaschine als bestrombare Erregerspule ausgebildet sein. Die Erregerspule kann beispielsweise stabförmige Leiter bzw. Formstäbe umfassen, welche in Nuten des Rotoreisens oder auf dessen Umfangsoberfläche

- 3 -

angeordnet sind oder die Spule kann Wicklungsdrähte umfassen, welche um Pole des Rotoreisens gewickelt sind.

Zur Kühlung des Rotors kann die Rotorwelle fluiddurchströmbar ausgebildet sein und mit einem Kühlmedium durchströmbar sein. Das Kühlmedium kann beispielsweise aus einem Kühlmittelkreislauf oder einem Schmiermittelkreislauf entnommen
5 werden und mittels einer Hohllanze in die Rotorwelle eingebracht werden. Die Rotorwelle kann wenigstens einen Auslass bzw. eine Auslassöffnung aufweisen, die zur Abgabe von Kühlmittel aus der Rotorhohlwelle an eine Stirnseite des Rotors und/ oder ein dort angeordnetes Stirnelement ausgebildet sind. Eine Verteilung von
10 diesem Fluid bzw. Kühlmedium an der/ den Stirnseite(n) bzw. dem oder den Stirnelement(en) kann durch im Rotorbetrieb vorherrschende Fliehkräfte erfolgen bzw. begünstigt werden. Hierdurch kann stirnseitig des Rotors eine gleichmäßige Verteilung von Kühlfluid ermöglicht werden, was wiederum zum stirnseitigen Wärmeabtransport genutzt werden kann.

Das wenigstens eine Wärmetauschelement ist an einem zwischen zwei Wicklungen des Rotors angeordneten Nutauskleidungselement angeordnet. Ein Nutauskleidungselement ist insbesondere als Abdichtkomponente für Vergussmaterial des Rotors eingerichtet und/ oder kann beispielsweise ein Kunststoffelement sein, welches zur Isolation und/ oder Beabstandung zweier benachbarter Wicklungen zwischen diesen angeordnet bzw. anordenbar ist. Dadurch, dass das Wärmetauschelement an einem solchen Nutauskleidungselement angeordnet ist, kann das Wärmetauschelement auf einfache Weise zwischen den beiden benachbarten Wicklungen bzw. in dem durch diese gebildeten Zwischenraum angeordnet werden, um somit eine ausreichende Beabstandung des Wärmetauschelements zu den Wicklungen zu ermöglichen und eine elektrische Isolation des Wärmetauschelements gegenüber den Wicklungen gewährleisten zu können.
25

Das Wärmetauschelement ist an das Nutauskleidungselement angeformt. Das Wärmetauschelement kann insbesondere mittels eines Spritzgießverfahrens, eines Spritzverfahrens oder eines Gießverfahrens mit dem Nutauskleidungselement

- 4 -

verbunden sein bzw. kann das Nutauskleidungselement an das insbesondere zuvor bereitgestellte Wärmetauschelement angespritzt bzw. angegossen sein. Hierdurch kann eine Kombination zweier Rotorkomponenten bereitgestellt werden, wodurch das Wärmetauschelement mittels des Nutauskleidungselements auf einfache Weise zwischen den Wicklungen platziert werden, um Montagezeit zu reduzieren. Hierbei kann das Wärmetauschelement wenigstens eine Profilierung aufweisen, um eine formschlüssige Verbindung zwischen Wärmetauschelement und Nutauskleidungselement zu ermöglichen bzw. zu begünstigen.

Die Erfindung basiert nun unter anderem auf der Idee, eine Überhitzung bzw. ein Überschreiten eines insbesondere vorbestimmten maximalen Temperaturgrenzwerts dadurch zu vermeiden, dass wenigstens ein Wärmetauschelement vorgesehen ist, welches eingerichtet ist, eine (Ab-)Wärme, welche im Betrieb des Rotors bzw. der Wicklungen entsteht, von den, insbesondere benachbart zu dem Wärmetauschelement angeordneten, Wicklungen abzuführen und zu wenigstens einer Stirnseite des Rotors als Wärmesenke zu leiten.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Wärmetauschelement vorgeschlagen, welches zur Verwendung in einer hierin beschriebenen elektrischen Maschine eingerichtet ist. Das Wärmetauschelement ist insbesondere massiv ausgebildet und kann dabei stabförmig und/ oder translateral invariant ausgebildet sein, oder geometrische Abwandlungen, wie beispielsweise wenigstens eine Verdickung und/ oder Verjüngung und/ oder einen wellenförmigen bzw. mäandernden Verlauf, insbesondere in seiner Längserstreckung, aufweisen. Ferner kann das Wärmetauschelement beispielsweise wenigstens eine Profilierung bzw. Profilgeometrie aufweisen und/ oder einen thermisch leitfähigen Werkstoff aufweisen oder aus einem solchen gefertigt sein, um einen günstigen Wärmeübergang bzw. -transport zu ermöglichen. Dabei kann das Wärmetauschelement eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, so dass eine Temperaturverteilung in dem Rotor homogenisiert und/oder lokale Hotspots vermieden werden können.

- 5 -

Durch die mittels des Wärmetauschelements geschaffene thermische Verbindung zwischen Wicklung und wenigstens einer Stirnseite des Rotors, kann im Betrieb entstehende Wärme abgeleitet und dem System des Rotors entzogen werden. Dadurch kann eine Kerntemperatur des Rotors bzw. der elektrischen Maschine ge-
5 senkt werden und somit ein erreichbares Dauermoment der elektrischen Maschine gesteigert werden.

Bei einer Ausführungsform ist das wenigstens eine Wärmetauschelement mit wenigstens einem Stirnelement des Rotors wärmeleitend verbunden. Hierbei weist der Rotor insbesondere an beiden seiner Stirnseiten jeweils ein wenigstens im Wesent-
10 lichen scheibenförmig ausgebildetes Stirnelement auf, welches an Wicklungsköpfen der Rotorwicklungen anliegen und/ oder thermisch mit diesen verbunden sein kann. Dabei können eine oder beide Stirnseiten bzw. Stirnelemente des Rotors mit einem Kühlmedium überströmt werden, um Wärme von den Stirnseiten bzw. Stirn-
15 elementen abzuführen. Das Kühlmedium kann dabei beispielsweise aus einem Kühlmittelkreislauf oder einem Schmiermittelkreislauf entnommen werden, um eine konstruktiv bzw. fertigungstechnisch einfache, jedoch wirkungsvolle Wärmeabfuhr von den Rotorstirnseiten in den Kühlmittelkreislauf zu ermöglichen.

Bei einer Ausführungsform ist das wenigstens eine Wärmetauschelement abschnittsweise in dem Stirnelement aufgenommen. Hierbei kann das Stirnelement
20 wenigstens eine Auslassung oder Bohrung aufweisen, in welcher das wenigstens eine Wärmetauschelement abschnittsweise, insbesondere formschlüssig, aufgenommen sein kann, um einen Wärmeübergang zwischen dem Wärmetauschelement und dem Stirnelement zu begünstigen. Hierbei ist insbesondere ein oder
25 beide Endbereich(e) des Wärmetauschelements in dem Stirnelement aufgenommen, sodass das Wärmetauschelement nicht über das Stirnelement hinausragt, um insbesondere kühlmittelbedingte Wirbelstromverluste bei der Rotordrehung zu vermeiden.

Bei einer Ausführungsform schließt das wenigstens eine Wärmetauschelement bündig mit einer Außenfläche des Stirnelements ab. Hierbei können die

Stirnflächen des Wärmetauschelements an eine Geometrie des Stirnelements angepasst ausgebildet sein, um eine möglichst homogen überströmbare Oberfläche des Stirnelements auszubilden und so einen Wärmeabtransport mittels des Kühlmittels zu begünstigen. Zudem kann bei dieser Lösung eine Wärmeübertragung
5 von Abwärme an das Kühlmittel unmittelbar an den Stirnflächen des Wärmetauschelements erfolgen. Insgesamt kann hierdurch eine, insbesondere ebenmäßige, Oberfläche für das Stirnelement bereitgestellt werden, wodurch ein gleichmäßiger Flüssigkeitsstrom für das Kühlmittel über die Oberfläche des Stirnelements ermöglicht werden kann, um einen homogenen Wärmeabtransport zu ermöglichen.

10 Bei einer Ausführungsform erstreckt sich das wenigstens eine Wärmetauschelement zwischen zwei Stirnelementen der elektrischen Maschine. Hierdurch kann ein Wärmeabtransport von den Rotorwicklungen zu den Stirnseiten bzw. Stirnelementen gleichmäßig in axialer Richtung erfolgen. Da Hotspots bzw. Heißstellen typischerweise in einem Axialmittelpunkt der Wicklungen bzw. des Rotors auftreten,
15 kann somit eine effiziente Wärmeableitung in Richtung beider Stirnseiten des Rotors ermöglicht werden, um eine Absenkung einer Innentemperatur des Rotors zu ermöglichen und somit eine Lebensdauer des Rotors zu erhöhen.

Bei einer Ausführungsform ist das wenigstens eine Wärmetauschelement zusammen mit dem Nutauskleidungselement in einem Rotor der elektrischen Maschine
20 vergossen. Hierbei wird das wenigstens eine Wärmetauschelement, insbesondere mittels des Nutauskleidungselements zwischen zwei benachbarten Rotorwicklungen platziert bzw. wird ein solches Nutauskleidungselement mit Wärmetauschelement in insbesondere jedem Zwischenraum zwischen benachbarten Rotorwicklungen angeordnet, bevor der Rotor bzw. das Rotoreisen, insbesondere mittels eines
25 Kunststoffs bzw. Vergussmaterials vergossen wird. Mittels des Vergussmaterials kann eine dauerhafte elektrische Isolierung des Wärmetauschelements gegenüber den elektrisch leitenden Komponenten des Rotors ermöglicht werden. Bei anderen Ausführungsformen kann das Wärmetauschelement als solches bzw. ohne Nutauskleidungselement in dem Zwischenraum angeordnet und dort vergossen sein.

- 7 -

Bei einer Ausführungsform ist das Wärmetauschelement mittels des Nutauskleidungselements, insbesondere über dessen gesamte axiale Erstreckung, gleichmäßig beabstandet zu den benachbarten Wicklungen angeordnet. Hierdurch kann ein insbesondere axial gleichmäßiger Wärmeabtransport von beiden benachbarten
5 Wicklungen ermöglicht werden und zudem eine ausreichende Beabstandung des Wärmetauschelements zu beiden Wicklungen ermöglicht werden, um eine elektrische Isolation des Wärmetauschelement sicherstellen zu können.

Bei einer Ausführungsform weist das Wärmetauschelement Aluminium und/ oder einen anderen geeigneten Werkstoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit auf. Dabei kann
10 das wenigstens eine Wärmetauschelement insbesondere ein Material aufweisen bzw. aus einem Material gefertigt sein, welches gute Wärmeleiteigenschaften bereitstellt, um einen Wärmetransfer aus einem insbesondere axial mittleren Bereich bis an die stirnseitigen Kühlungsflächen bzw. Stirnelemente zu ermöglichen, um die Kerntemperatur des Rotors zu senken.

15 Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einer hierin beschriebenen elektrischen Maschine vorgeschlagen. Die beschriebenen Ausführungsformen und Vorteile gelten entsprechend für ein Kraftfahrzeug aufweisend eine solche elektrische Maschine.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren
20 und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar. Wei-
25 tere Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren.

- 8 -

Fig. 1 zeigt eine Ansicht einer elektrischen Maschine gemäß einer beispielhaften Ausführung der Erfindung in einer schematischen Schnittdarstellung; und

5 Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt einer elektrischen Maschine gemäß einer beispielhaften Ausführung der Erfindung in einer dreidimensionalen schematischen Teilansicht.

Fig. 1 zeigt eine Darstellung einer elektrischen Maschine 50 gemäß einer beispielhaften Ausführung in einem Schnitt entlang einer Drehachse 51 der elektrischen Maschine 50 in einer schematischen Ansicht.

10 Die elektrische Maschine 50 weist einen relativ zu einem (lediglich symbolisiert dargestellten) Stator 40 drehbar gelagerten Rotor 10 auf, wobei der Rotor 10 eine hier fluiddurchströmte Rotorwelle 11 und ein um die Rotorwelle 11 drehfest angeordnetes Rotoreisen 12 aufweist. An dem Rotoreisen 12 ist eine bestrombare Wicklung 13, hier in Form einer Erregerspule, dargestellt, wobei eine Mehrzahl an Wicklungen 13 gleichmäßig in einer Umfangrichtung des Rotors 10 zueinander beab-

15 standet angeordnet sind. An den Stirnseiten 14 des Rotors 10 ist jeweils ein Stirnelement 15 angeordnet, welches einen Rotorinnenraum gegenüber einem Innenraum 17 der elektrischen Maschine 10 abschließt.

In einem zwischen zwei benachbarten Wicklungen 13 des Rotors 10 ausgebildeten

20 Zwischenraum ist jeweils wenigstens ein Wärmetauschelement 16 angeordnet, welches eingerichtet ist, eine im Betrieb der elektrischen Maschine 10, insbesondere in den Wicklungen 13, entstehende Wärme an wenigstens eine Stirnseite 14 des Rotors 10 zu leiten. Dabei ist das Wärmetauschelement 16 in dem dargestellten Ausführungsbeispiel an einem in dem Zwischenraum angeordneten Nutauskle-

25 dungselement 18 angeordnet. Mittels des durch das wenigstens eine Wärmetauschelement 16 ermöglichten Wärmeabtransport, kann eine Temperaturverteilung in dem Rotor homogenisiert und/oder lokale Hotspots vermieden werden, um

- 9 -

beispielsweise eine Leistungsreduktion durch Überhitzung von Rotorkomponenten zu vermeiden.

Um einen gleichmäßigen Wärmetransport in Richtung der beiden Stirnseiten zu ermöglichen, erstreckt sich das Wärmetauschelement 16 zwischen beiden Stirnelementen 15 des Rotors 10 und ist mit den Stirnelementen 15, insbesondere mittels
5 einer formschlüssigen Verbindung, wärmeleitend verbunden. In dem abgebildeten Ausführungsbeispiel ist das Wärmetauschelement 16 jeweils an einem seiner stirnseitigen Endbereiche abschnittsweise in dem Stirnelement 15 aufgenommen und schließt bündig mit einer dem Innenraum 17 der elektrischen Maschine 50 zugewandten Außenfläche des Stirnelements 15 ab. Hierdurch können Wirbelstromverluste an der Außenfläche des Rotors 10 bzw. des Stirnelements 15 reduziert werden.
10

In **Fig. 2** ist eine Teilansicht der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 50 der Fig. 1 bzw. deren Rotor 10 in einer dreidimensionalen schematischen Schnittdarstellung dargestellt. Gezeigt ist ein Ausschnitt des Rotoreisens 12 des Rotors 10
15 der elektrischen Maschine 50 mit daran angeordneten Wicklungen 13a und 13b.

In dem zwischen den Wicklungen 13a und 13b gebildeten Zwischenraum ist ein Nutauskleidungselement 18 angeordnet, welches als Abdichtungskomponente für Vergussmaterial des Rotors 10 dienen kann. An diesem Nutauskleidungselement
20 18 ist das Wärmetauschelement 16 angeformt bzw. ist das Wärmetauschelement 16 wenigstens teilweise von dem Nutauskleidungselement 18 umgeben. Dies kann beispielsweise durch umspritzen oder umgießen des Wärmetauschelements 16 mit der Geometrie des Nutauskleidungselements 18 erzielt werden.

Das Wärmetauschelement 16 ist im Wesentlichen stabförmig ausgebildet und weist
25 in dem dargestellten Ausführungsbeispiel an einander gegenüberliegenden Seiten Profilierungen 21 auf, die dazu dienen, eine Verbindung zwischen dem Wärmetauschelement 16 und dem dieses wenigstens teilweise umgebenden Nutauskleidungselement 18 zu ermöglichen. Das Nutauskleidungselement 18 ist an dem

- 10 -

Wärmetauschelement 16 insbesondere an einer, bezogen auf den Rotor 10, radial äußeren und inneren Seite angeordnet, wodurch Bereiche des Wärmetauschelements 16, welche den Wicklungen 13 zugewandt sind, frei bleiben, um einen Wärmeübergang zwischen Wicklungen 13 und Wärmetauschelement 16 zu begünstigen.

Bei einigen Ausführungsformen ist das wenigstens eine Wärmetauschelement 16 zusammen mit dem Nutauskleidungselement 18 in dem Rotor der elektrischen Maschine vergossen bzw. mittels eines (hier nicht dargestellten) Vergussmaterials insbesondere dauerhaft mit dem Rotor 10 bzw. Rotoreisen 12 verbunden, wodurch eine elektrische Isolation des Wärmetauschelements 16 zu elektrisch leitenden Komponenten des Rotors 10 ermöglicht werden kann.

Das Nutauskleidungselement 18 weist an seinem radial äußeren Ende zwei Eingriffsflügel 19 auf, mittels welchen es an dem Rotoreisen 12 positionierbar ist. Hierdurch kann ein Zentralbereich 20 des Nutauskleidungselements 18, an welchem das Wärmetauschelement 16 angeordnet ist, gleichmäßig beabstandet zu den benachbarten Wicklungen 13a und 13b angeordnet sein bzw. werden. Durch die so ermöglichte gleichmäßige Beabstandung des Wärmetauschelements 16 zu den Wicklungen 13a, 13b, insbesondere über die axialen Erstreckung des Wärmetauschelements 16 hinweg, kann ein gleichmäßiger Abtransport von Wärme aus den Wicklungen 13 hin zu den Stirnseiten 14 bzw. den Stirnelementen 15 erfolgen. Hierdurch kann eine Kerntemperatur des Rotors 10 gesenkt werden, wodurch ein zu erreichendes Dauermoment der elektrischen Maschine 50 steigerbar sein kann.

BEZUGSZEICHENLISTE

	10	Rotor
	11	Rotorwelle
	12	Rotoreisen
5	13, 13a, 13b	Wicklung
	14	Stirnseite
	15	Stirnelement
	16	Wärmetauschelement
	17	Innenraum der elektrischen Maschine
10	18	Nutauskleidungselement
	19	Eingriffsflügel
	20	Zentralbereich
	40	Stator
	50	elektrische Maschine
15	51	Drehachse

ANSPRÜCHE

1. Elektrische Maschine (50) mit einem relativ zu einem Stator (40) drehbar gelagerten Rotor (10), aufweisend wenigstens ein zwischen zwei benachbarten Wicklungen (13) des Rotors (10) angeordnetes Wärmetauschelement (16), welches eingerichtet ist, eine im Betrieb der elektrischen Maschine (50) entstehende Wärme an wenigstens eine Stirnseite (14) des Rotors (10) zu leiten, wobei das Wärmetauschelement (16) an einem zwischen zwei Wicklungen (13) des Rotors (10) angeordneten Nutauskleidungselement (18) angeordnet ist und das Wärmetauschelement (16) an das Nutauskleidungselement (18) angeformt ist.
2. Elektrische Maschine (50) nach Anspruch 1, wobei das Wärmetauschelement (16) mit wenigstens einem Stirnelement (15) des Rotors (10) wärmeleitend verbunden ist.
3. Elektrische Maschine (50) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Wärmetauschelement (16) abschnittsweise in dem Stirnelement (15) aufgenommen ist.
4. Elektrische Maschine (50) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei das Wärmetauschelement (16) bündig mit einer Außenfläche des Stirnelements (15) abschließt.
5. Elektrische Maschine (50) nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, wobei sich das Wärmetauschelement (16) zwischen zwei Stirnelementen (15) des Rotors (10) erstreckt.
6. Elektrische Maschine (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das wenigstens eine Wärmetauschelement (16) zusammen mit dem Nutauskleidungselement (16) in dem Rotor (10) vergossen ist.
7. Elektrische Maschine (50) nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, wobei das Wärmetauschelement (16) mittels des Nutauskleidungselements (16) gleichmäßig beabstandet zu den benachbarten Wicklungen (13) angeordnet ist.

- 13 -

8. Elektrische Maschine (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Wärmetauschelement (16) Aluminium aufweist.
9. Wärmetauschelement (16), welches zur Verwendung in einer elektrischen Maschine (50), die nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist, eingerichtet ist.

Fig. 1

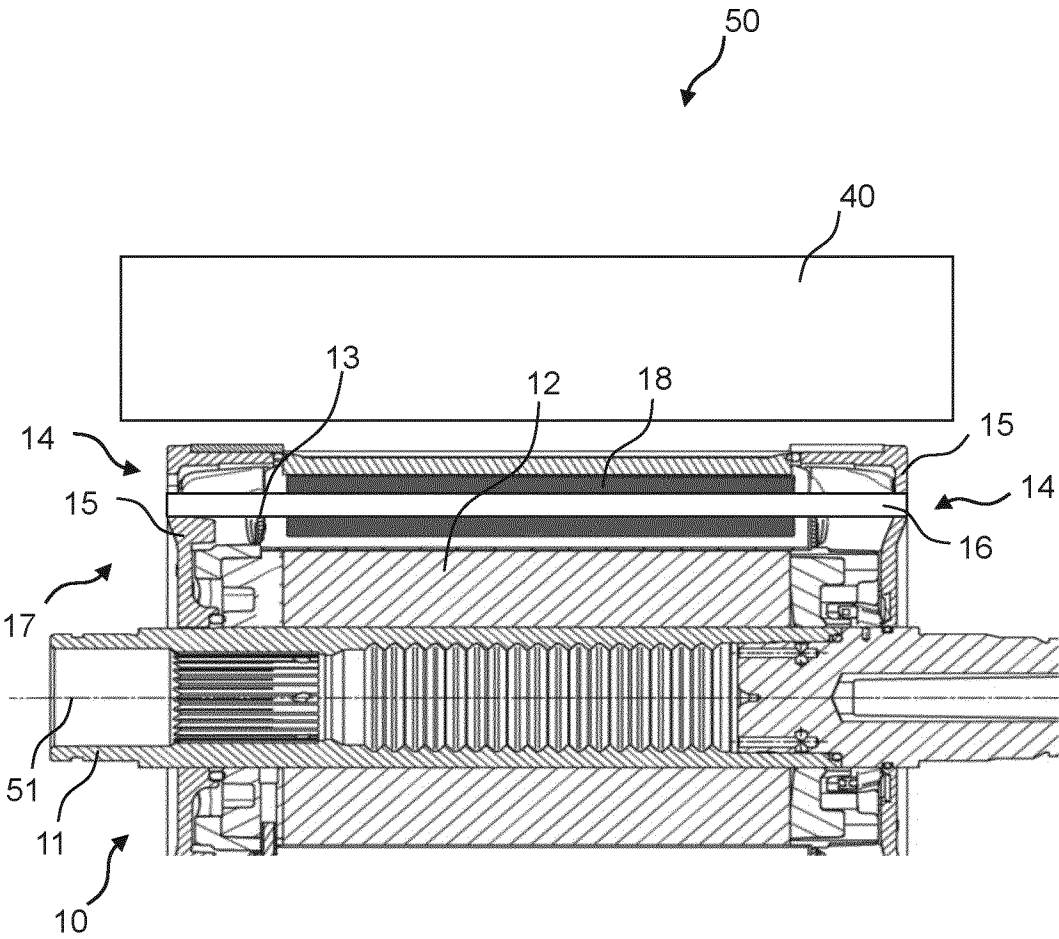
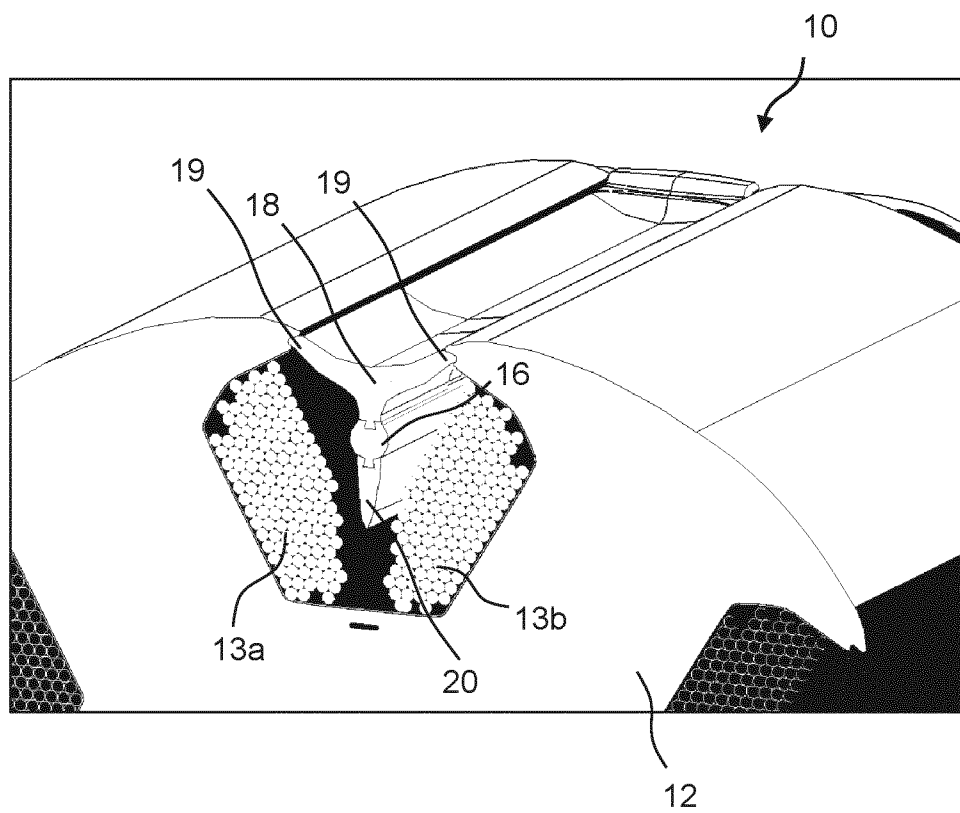


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/050418

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 3/24 (2006.01)i; H02K 9/22 (2006.01)i; H02K 3/52 (2006.01)n 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5140204 A (CASHMORE DOUGLAS H [US] ET AL) 18 August 1992 (1992-08-18) figures 1.2A, 3A page 2, lines 53-54 page 4, paragraph 4 page 5, lines 32-36 page 6, paragraph 6 page 7, paragraph 2 page 7, paragraph 5 - page 8, paragraph 1 page 8, paragraph 3	1,2,5,7-9
X Y	US 2016043613 A1 (PATEL DHAVAL [US] ET AL) 11 February 2016 (2016-02-11) figures 1, 2, 7 paragraphs [0022] - [0027], [0030]	1,2,5,7-9 4
X	US 2022216773 A1 (CAMPBELL KRIS H [US] ET AL) 07 July 2022 (2022-07-07) figures 1, 2, 3 paragraphs [0011] - [0014]	1,2,5,7-9
☒ 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 25 March 2024		Date of mailing of the international search report 05 April 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Friedrich, Léo Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/050418

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015155753 A1 (KUBO KAORU [JP] ET AL) 04 June 2015 (2015-06-04) figure 2 paragraphs [0038] - [0040]	1, 9
X	US 2005231058 A1 (DOWN EDWARD M [US] ET AL) 20 October 2005 (2005-10-20) figures 5, 6, 7 paragraphs [0027], [0029], [0031]	1,2,5,7-9
X Y	JP S59179454 U (.) 30 November 1984 (1984-11-30) figures 2-4 paragraph [0002]	1,7,9 6
X Y	US 2021328471 A1 (BÖCKENHOFF PAUL [DE] ET AL) 21 October 2021 (2021-10-21) figure 2 paragraphs [0032], [0037], [0039]	1,2,5,7,9 3,4,6
X	DE 102021111321 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 03 November 2022 (2022-11-03) figures 1-5 paragraphs [0021] - [0025], [0033] - [0034]	1-3, 5-9
Y	US 2012007453 A1 (LEIBER HEINZ [DE] ET AL) 12 January 2012 (2012-01-12) figures 2,2B paragraphs [0044] - [0046]	3, 4, 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/050418

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	5140204	A	18 August 1992	NONE			
US	2016043613	A1	11 February 2016	EP	2985885	A1	17 February 2016
				US	2016043613	A1	11 February 2016
US	2022216773	A1	07 July 2022	EP	4024673	A1	06 July 2022
				US	2022216773	A1	07 July 2022
				US	2023170770	A1	01 June 2023
US	2015155753	A1	04 June 2015	CN	104471837	A	25 March 2015
				EP	2845295	A2	11 March 2015
				JP	5742804	B2	01 July 2015
				JP	2014054067	A	20 March 2014
				US	2015155753	A1	04 June 2015
				WO	2014037776	A2	13 March 2014
US	2005231058	A1	20 October 2005	NONE			
JP	S59179454	U	30 November 1984	JP	S6341814	Y2	02 November 1988
				JP	S59179454	U	30 November 1984
US	2021328471	A1	21 October 2021	CN	113541362	A	22 October 2021
				DE	102020110664	A1	21 October 2021
				EP	3902116	A1	27 October 2021
				US	2021328471	A1	21 October 2021
DE	102021111321	A1	03 November 2022	CN	117296229	A	26 December 2023
				DE	102021111321	A1	03 November 2022
				WO	2022233531	A1	10 November 2022
US	2012007453	A1	12 January 2012	CN	102422512	A	18 April 2012
				CN	102428629	A	25 April 2012
				EP	2404365	A2	11 January 2012
				EP	2404366	A2	11 January 2012
				EP	2404367	A2	11 January 2012
				JP	2012519463	A	23 August 2012
				KR	20110128334	A	29 November 2011
				US	2012007453	A1	12 January 2012
				US	2012133221	A1	31 May 2012
				WO	2010099974	A2	10 September 2010
				WO	2010099975	A2	10 September 2010
				WO	2010099976	A2	10 September 2010

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/050418

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2022/216773 A1 (CAMPBELL KRIS H [US] ET AL) 7. Juli 2022 (2022-07-07) Abbildungen 1, 2, 3 Absätze [0011] - [0014] -----	1, 2, 5, 7-9
X	US 2015/155753 A1 (KUBO KAORU [JP] ET AL) 4. Juni 2015 (2015-06-04) Abbildung 2 Absätze [0038] - [0040] -----	1, 9
X	US 2005/231058 A1 (DOWN EDWARD M [US] ET AL) 20. Oktober 2005 (2005-10-20) Abbildungen 5, 6, 7 Absätze [0027], [0029], [0031] -----	1, 2, 5, 7-9
X	JP S59 179454 U (.) 30. November 1984 (1984-11-30)	1, 7, 9
Y	Abbildungen 2-4 Absatz [0002] -----	6
X	US 2021/328471 A1 (BÖCKENHOFF PAUL [DE] ET AL) 21. Oktober 2021 (2021-10-21)	1, 2, 5, 7, 9
Y	Abbildung 2 Absätze [0032], [0037], [0039] -----	3, 4, 6
X	DE 10 2021 111321 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 3. November 2022 (2022-11-03) Abbildungen 1-5 Absätze [0021] - [0025], [0033] - [0034] -----	1-3, 5-9
Y	US 2012/007453 A1 (LEIBER HEINZ [DE] ET AL) 12. Januar 2012 (2012-01-12) Abbildungen 2, 2B Absätze [0044] - [0046] -----	3, 4, 6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/050418

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5140204	A	18-08-1992	KEINE
US 2016043613	A1	11-02-2016	EP 2985885 A1 17-02-2016
		US 2016043613 A1	11-02-2016
US 2022216773	A1	07-07-2022	EP 4024673 A1 06-07-2022
		US 2022216773 A1	07-07-2022
		US 2023170770 A1	01-06-2023
US 2015155753	A1	04-06-2015	CN 104471837 A 25-03-2015
		EP 2845295 A2	11-03-2015
		JP 5742804 B2	01-07-2015
		JP 2014054067 A	20-03-2014
		US 2015155753 A1	04-06-2015
		WO 2014037776 A2	13-03-2014
US 2005231058	A1	20-10-2005	KEINE
JP S59179454	U	30-11-1984	JP S6341814 Y2 02-11-1988
		JP S59179454 U	30-11-1984
US 2021328471	A1	21-10-2021	CN 113541362 A 22-10-2021
		DE 102020110664 A1	21-10-2021
		EP 3902116 A1	27-10-2021
		US 2021328471 A1	21-10-2021
DE 102021111321	A1	03-11-2022	CN 117296229 A 26-12-2023
		DE 102021111321 A1	03-11-2022
		WO 2022233531 A1	10-11-2022
US 2012007453	A1	12-01-2012	CN 102422512 A 18-04-2012
		CN 102428629 A	25-04-2012
		EP 2404365 A2	11-01-2012
		EP 2404366 A2	11-01-2012
		EP 2404367 A2	11-01-2012
		JP 2012519463 A	23-08-2012
		KR 20110128334 A	29-11-2011
		US 2012007453 A1	12-01-2012
		US 2012133221 A1	31-05-2012
		WO 2010099974 A2	10-09-2010
		WO 2010099975 A2	10-09-2010
		WO 2010099976 A2	10-09-2010