(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
12. Dezember 2024 (12.12.2024)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251533 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 3/38 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/064255

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2024 (23.05.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 205 277.6
06. Juni 2023 (06.06.2023) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **REUTER, Stefan**; Julius-Echter-Weg 9, 97762 Hammelburg (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, 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,

(54) **Title:** DISTRIBUTED WINDING FOR AN ELECTRIC MACHINE IN A STAR CONNECTION

(54) **Bezeichnung:** VERTEILTE WICKLUNG FÜR EINE ELEKTRISCHE MASCHINE IN STERNSCHALTUNG

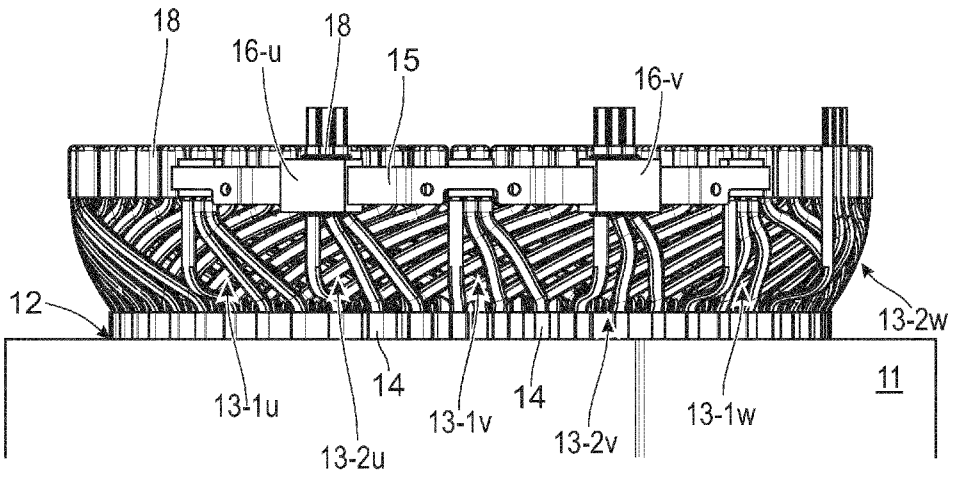


FIG. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a distributed winding (10) for an electric machine, comprising a coil body (11) having a plurality of grooves (12) distributed over the circumference of the coil body, three winding sections formed from a plurality of hairpins (13), wherein the hairpins each have axially extending groove portions (13-N) which are arranged in the radial direction in a plurality of winding layers in the grooves (12) of the coil body (11). Each of the three winding sections has, distributed over the circumference of the winding body (11), one or more first connection hairpins (13-1) projecting axially out of the grooves (12) and one or more second connection hairpins (13-2) projecting axially out of the grooves (12). A star conductor (15) couples the first connection hairpins (13-1) of the three winding sections to one another in the circumferential direction in an electrically conductive manner. The star conductor (15) has, in the circumferential direction, a plurality of vias (16), electrically insulated from the star conductor (16), for the second connection hairpins (13-2) of the three winding sections.

WO 2024/251533 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

(57) Zusammenfassung: Eine Verteilte Wicklung (10) für eine elektrische Maschine, umfassend einen Spulenkörper (11) mit einer Mehrzahl von über einen Umfang des Spulenkörpers verteilten Nuten (12), drei aus einer Mehrzahl von Hairpins (13) gebildeten Wicklungssträngen, wobei die Hairpins jeweils axial verlaufende Nutabschnitte (13-N) aufweisen, die in radialer Richtung in einer Mehrzahl von Wicklungslagen in den Nuten (12) des Spulenkörpers (11) angeordnet sind. Jeder der drei Wicklungsstränge weist über einen Umfang des Spulenkörpers (11) verteilt einen oder mehrere axial aus den Nuten (12) herausragende erste Anschluss-Hairpins (13-1) und einen oder mehrere axial aus den Nuten (12) herausragende zweite Anschluss-Hairpins (13-2) auf. Ein Sternleiter (15) koppelt die ersten Anschluss-Hairpins (13-1) der drei Wicklungsstränge in Umfangsrichtung elektrisch leitend miteinander. Der Sternleiter (15) weist in Umfangsrichtung mehrere elektrisch vom Sternleiter isolierte Durchführungen (16) für die zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) der drei Wicklungsstränge auf.

Verteilte Wicklung für eine elektrische Maschine in Sternschaltung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine verteilte Wicklung für eine elektrische Maschine, insbesondere für die Verwendung in einem Kraftfahrzeug mit vollelektrischem Antrieb oder Hybridantrieb aus Verbrennungsmotor und elektrischer Maschine.

Im Stand der Technik sind neben konzentrierten Wicklungen auch elektrische Maschinen mit verteilter Wicklung bekannt. Verteilte Wicklungen werden in der Regel mittels der sogenannten Hairpin-Technologie hergestellt, bei der mehrere Leiterelemente (Hairpins) in Nuten eines Spulenkörpers eingesetzt und zu entsprechenden Wicklungssträngen verbunden sind.

Eine verteilte Wicklung umfasst also wenigstens einen aus einer Mehrzahl von Hairpins gebildeten Wicklungsstrang, in der Regel aber mehrere, insbesondere drei Wicklungsstränge. Die Hairpins weisen jeweils axial verlaufende Schenkel bzw. Nutabschnitte auf, die in radialer Richtung in unterschiedlichen Wicklungslagen in Nuten des Spulenkörpers angeordnet sind. Die in einer Nut verlaufenden Schenkel bzw. Nutabschnitte der Hairpins sind von Isolationspapier umgeben. Dies dient der Trennung von Wicklungssystem und Erdpotential des Spulenkörpers. Ein Wicklungsstrang weist an seinen beiden Enden jeweils einen Anschlussbereich auf, der durch ein Ende eines jeweiligen Anschluss-Hairpins gebildet wird und axial über den Spulenkörper vorsteht.

Eine elektrische Maschine, wie z.B. ein Motor, kann mit unterschiedlichen Wicklungsanordnungen betrieben werden, darunter die Sternschaltung (auch als Y-Schaltung bekannt) und die Dreieckschaltung. In der Sternschaltung sind die Enden der drei Wicklungsstränge zu einem gemeinsamen Punkt, dem sogenannten Stern- oder Neutralpunkt, verbunden. Die anderen Enden der Wicklungsstränge sind mit Außen- oder Phasenleitern (L1, L2 und L3) eines Dreiphasensystems verbunden. Das Dreiphasensystem liefert die Spannungen zwischen den Phasenleitern, während der Neutralpunkt normalerweise mit dem Erdpotential verbunden ist.

In der Sternschaltung kann der Strom durch die Wicklungsstränge fließen und über den Neutralpunkt zurückkehren. Dadurch können symmetrische Ströme in den Wicklungssträngen erzeugt werden, was zu einer gleichmäßigen Verteilung der Last

führen kann. Durch den gemeinsamen Neutralpunkt können asymmetrische Spannungen in den Phasenleitungen ausgeglichen werden, was zu einer stabilen Spannungsversorgung der Maschine führen kann. Wenn ein Wicklungsstrang aufgrund eines Ungleichgewichts in der Last mehr Strom zieht als die anderen Wicklungsstränge, kann der Überschussstrom über den Neutralpunkt abgeführt werden, anstatt das System zu belasten.

Die Wahl zwischen Stern- und Dreieckschaltung hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich der gewünschten Drehmoment- und Leistungseigenschaften der Maschine. In einigen Fällen können elektrische Maschinen auch mit Umschaltmöglichkeiten ausgestattet sein, um zwischen den beiden Schaltungen zu wechseln, um die Betriebsflexibilität zu erhöhen.

Lange Enden von Anschluss-Hairpins sind schwinganfällig. Dies kann zu Drahtbrüchen im Bereich einer Verschaltungsanbindung für Sternschaltungen führen. Werden Schwingwege reduziert, verringert sich die Belastung an der Verbindungsstelle und Abrisse können verhindert werden. Durch Anschrauben können Verformungsspannungen „eingefroren“ werden und sich auch negativ auf die Bauteilfestigkeit auswirken.

Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine verteilte Wicklung mit einer verbesserten Verschaltungsanbindung bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch Vorrichtungen und/oder Verfahren gemäß den unabhängigen Patentansprüchen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Gemäß einem ersten Aspekt schafft die vorliegende Erfindung eine verteilte Wicklung für eine elektrische Maschine. Die verteilte Wicklung umfasst einen Spulenkörper mit einer Mehrzahl von über einen Umfang des Spulenkörpers verteilten Nuten. Die verteilte Wicklung umfasst drei aus einer Mehrzahl von Hairpins gebildeten Wicklungssträngen. Die Hairpins weisen jeweils axial verlaufende Nutabschnitte (Schenkel) auf, die in radialer Richtung in einer Mehrzahl von Wicklungslagen in den Nuten des Spulenkörpers angeordnet sind. Jeder der drei Wicklungsstränge weist über einen Umfang des Spulenkörpers verteilt einen oder mehrere axial aus den Nuten herausragende

erste Anschluss-Hairpins und einen oder mehrere axial aus den Nuten herausragende zweite Anschluss-Hairpins auf. Die verteilte Wicklung umfasst ferner einen (Stern-) Leiter, welcher die ersten Anschluss-Hairpins der drei Wicklungsstränge in Umfangsrichtung elektrisch leitend miteinander koppelt. Über den (Stern-) Leiter werden die drei Wicklungsstränge zu einem gemeinsamen Punkt, dem Stern- oder Neutralpunkt, verbunden. Der (Stern-) Leiter weist in Umfangsrichtung zusätzlich mehrere elektrisch vom (Stern-) Leiter isolierte Durchführungen für die zweiten Anschluss-Hairpins der drei Wicklungsstränge zu den Außen- oder Phasenleitern (L1, L2 und L3) auf. Somit können die zweiten Anschluss-Hairpins durch die Durchführungen des (Stern-) Leiters geführt und damit fixiert werden. Schwingungen der zweiten Anschluss-Hairpins können vermieden oder zumindest reduziert werden. Insbesondere können dadurch die Eigenfrequenzen der Anschlusspins beeinflusst werden. Diese Eigenfrequenzen befinden sich oft im kritischen Bereich der Fahrzeug-Resonanz. Durch die zu zuvor erläuterte Kopplung kann die Eigenfrequenz der Anschlusspins vorteilhaft in unkritischere Bereiche verschoben werden.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen ragen die zweiten Anschluss-Hairpins der drei Wicklungsstränge axial weiter aus dem Spulenkörper heraus als die ersten Anschluss-Hairpins. Somit können die längeren Enden der zweiten Anschluss-Hairpins axial durch die Durchführungen des Sternleiters geführt und damit fixiert werden.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen sind die ersten Anschluss-Hairpins der drei Wicklungsstränge und der (Stern-) Leiter mittels jeweils einer Schweiß- oder Lötverbindung elektrisch leitfähig miteinander gekoppelt. Der (Stern-) Leiter bildet somit den Stern- oder Neutralpunkt für die drei Wicklungsstränge.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen sind die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen des (Stern-) Leiters für die zweiten Anschluss-Hairpins aus elektrisch isolierendem Kunststoff gebildet. Die Kunststoff-Durchführungen können dazu an den (Stern-) Leiter an unterschiedlichen Positionen in Umfangsrichtung an- bzw. umgespritzt sein.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen sind die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen des (Stern-) Leiters ausgebildet, um die zweiten Anschluss-Hairpins zu fixieren, insbesondere formschlüssig oder stoffschlüssig oder formschlüssig und stoffschlüssig. Eine Geometrie der Durchführungen kann also an eine Geometrie der zweiten Anschluss-Hairpins angepasst sein. Beispielsweise können die Durchführungen rechteckige Durchlassöffnungen und die zweiten Anschluss-Hairpins einen entsprechenden rechteckigen Querschnitt aufweisen.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen sind die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen des (Stern-) Leiters ausgebildet, um jeweils nur einen zweiten Anschluss-Hairpin aufzunehmen. Bei manchen Ausführungsbeispielen ist also für jeden zweiten Anschluss-Hairpin eine eigene Durchführung am (Stern-) Leiter vorgesehen. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen sind die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen des (Stern-) Leiters ausgebildet, um jeweils mehrere zweite Anschluss-Hairpins aufzunehmen. Bei manchen Ausführungsbeispielen ist also eine Durchführung am (Stern-) Leiter einer Gruppe von zweiten Anschluss-Hairpins zugeordnet.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen weist der (Stern-) Leiter in Umfangsrichtung eine Durchführung für einen oder mehrere zweite Anschluss-Hairpins eines Wicklungsstrangs zwischen zwei Anschlussbereichen für erste Anschluss-Hairpins zweier Wicklungsstränge auf. Somit können in Umfangsrichtung abwechselnd erste Anschluss-Hairpins und zweite Anschluss-Hairpins angeordnet und mit dem (Stern-) Leiter gekoppelt werden.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen ragen die ersten und zweiten Anschluss-Hairpins radial außen aus den Nuten des Spulenkörpers heraus. Es sind aber auch Ausführungsbeispiele denkbar, bei denen die ersten und zweiten Anschluss-Hairpins radial innen oder sowohl radial innen als auch radial außen aus den Nuten des Spulenkörpers herausragen. Ein Layout bzw. eine Geometrie des (Stern-) Leiters kann dann an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst sein.

Gemäß manchen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der (Stern-) Leiter in Umfangsrichtung und die zweiten Anschluss-Hairpins sind in axialer Richtung durch die

Durchführungen geführt. Der (Stern-) Leiter kann dabei einen vollen Ring bilden, wenn die ersten und zweiten Anschluss-Hairpins entlang des gesamten Umfangs des Spulenkörpers angeordnet sind, oder aber auch nur ein Ringsegment, wenn die ersten und zweiten Anschluss-Hairpins lediglich in einem begrenzten Bereich entlang des Umfangs des Spulenkörpers angeordnet sind.

Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die vorliegende Erfindung eine elektrische Maschine mit einer verteilten Wicklung nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die verteilte Wicklung als Stator- oder Rotorwicklung der elektrischen Maschine ausgebildet ist. Bei der elektrischen Maschine kann es sich um einen Elektromotor oder um einen Generator handeln.

Gemäß einem noch weiteren Aspekt schafft die vorliegende Erfindung einen Antriebsstrang für ein Fahrzeug mit einer elektrischen Maschine gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Weiterhin schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer verteilten Wicklung für eine elektrische Maschine. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen eines Spulenkörpers mit einer Mehrzahl von über einen Umfang des Spulenkörpers verteilten Nuten. Das Verfahren umfasst ferner ein Anordnen von drei aus einer Mehrzahl von Hairpins gebildeten Wicklungssträngen, wobei die Hairpins jeweils axial verlaufende Nutabschnitte aufweisen, die in radialer Richtung in einer Mehrzahl von Wicklungslagen in den Nuten des Spulenkörpers angeordnet werden. Jeder der drei Wicklungsstränge weist über einen Umfang des Spulenkörpers verteilt einen oder mehrere axial aus den Nutenherausragende erste Anschluss-Hairpins und einen oder mehrere axial aus den Nuten herausragende zweite Anschluss-Hairpins auf. Das Verfahren umfasst ferner ein Bereitstellen eines (Stern-) Leiters, welcher in Umfangsrichtung mehrere elektrisch vom (Stern-) Leiter isolierte Durchführungen für die zweiten Anschluss-Hairpins der drei Wicklungsstränge aufweist. Das Verfahren umfasst ferner ein Durchführen der zweiten Anschluss-Hairpins durch die Durchführungen des (Stern-) Leiters. Dadurch kann der (Stern-) Leiter bereits fixiert werden. Das Verfahren umfasst danach ferner ein Verbinden der ersten Anschluss-Hairpins mit dem (Stern-) Leiter. Das Verbinden kann beispielsweise mittels Schweißen oder Löten erfolgen.

Im Folgenden werden einzelne Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1A einen Wickelkopf einer verteilten Wicklung für eine elektrische Maschine mit Standard- und Cover-Hairpins;
Fig. 1B eine vergrößerte Darstellung des Wickelkopfs gemäß Fig. 1A;
Fig. 2 einen im Wesentlichen U-förmigen Hairpin;
Fig. 3 einen Wickelkopf einer verteilten Wicklung mit Anschluss-Hairpins und (Stern-) Leiter;
Fig. 4 einen Sternleiter mit angespritzten Durchführungen für Anschluss-Hairpins; und
Fig. 5 eine Schnittansicht des Wickelkopfs der Fig. 4 ohne und mit Pulverbeschichtung.

Die Fig. 1A zeigt einen Wickelkopf einer verteilten Wicklung 10 für eine elektrische Maschine. Eine elektrische Maschine ist eine Vorrichtung, die elektrische Energie in mechanische Energie (z. B. Bewegung) oder umgekehrt, mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt. Elektrische Maschinen umfassen beispielsweise Elektromotoren oder Generatoren. Im gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine verteilten Wicklung 10 für einen Stator. Eine verteilte Wicklung für einen Rotor ist ebenfalls möglich.

Die verteilte Wicklung 10 umfasst einen im Wesentlichen zylindrischen Spulenkörper (z.B. Stator- oder Rotorblechpaket) 11, welcher beispielsweise aus geschichteten Blechen bzw. Blechlamellen gebildet sein kann. Der Spulenkörper 11 weist eine Mehrzahl von über einen Umfang des Spulenkörpers 11 verteilten Nuten 12 auf. Die Nuten 12 befinden sich hier an einem Innenumfang des Spulenkörpers 11 und verlaufen in axialer Richtung (in Richtung der Rotationsachse des Spulenkörpers 11. In die Nuten 12 ist jeweils Isolationspapier (Wickelpapier) 14 eingeführt, welches um einen axialen Überstand axial aus der jeweiligen Nut 12 herausragt. Das Isolationspapier 14 dient der

Trennung von Wicklungssystem und Erdpotential des Spulenkörpers 11. Dazu kann das Isolationspapier 14 aus elektrisch isolierendem Papier oder Kunststoff gebildet sein.

Die verteilte Wicklung 10 umfasst ferner eine Mehrzahl von Wicklungssträngen (Spulen). Beispielsweise können drei Wicklungsstränge für drei unterschiedliche Phasen (stromführende Leitungen) vorhanden sein. Ein Wicklungsstrang wird aus einer Mehrzahl von miteinander verbundenen Hairpins 13 (übersetzt "Haarnadeln") gebildet. Ein Hairpin 13 bezieht sich auf eine spezielle Form von Wicklungssträngen in elektrischen Maschinen. Hairpins können aus einem flachen, U-förmigen Draht bestehen, der aus Kupfer oder Aluminium bestehen kann und an beiden Enden zu einem Bogen gebogen ist. Diese Form ähnelt einer Haarnadel, was zu dem Namen Hairpin führt. Hairpin-Wicklungen werden oft in elektrischen Maschinen wie Motoren und Generatoren verwendet, da sie eine höhere Stromdichte und bessere Kühlungseigenschaften als herkömmliche runde Drahtwicklungen bieten können. Darüber hinaus können Hairpin-Wicklungen in Maschinen mit begrenztem Platzbedarf und komplexen Formen verwendet werden, da sie flexibel und leicht anpassbar sind.

Wie in Fig. 2 dargestellt, sind einzelne Hairpins 13 in der Regel im Wesentlichen U-förmig gebogen und können einen rechteckigen Leiterquerschnitt aufweisen. Durch ihre U-Form weisen einzelne Hairpins 13 zwei im Wesentlichen parallele Schenkel 13-N auf, die im Nachfolgenden auch als Nutabschnitte bezeichnet werden, weil sie in den mit Isolationspapier 14 versehenen Nuten 12 des Spulenkörpers 11 angeordnet werden.

Die im bzw. am Spulenkörper 11 angeordneten Hairpins 13 weisen jeweils axial verlaufende Nutabschnitte 13-N auf, die in radialer Richtung in unterschiedlichen Wicklungslagen in den mit Isolationspapier 14 versehenen Nuten 12 des Spulenkörpers 11 angeordnet sind. Mit anderen Worten sind am Innenumfang des Spulenkörpers 11 eine Vielzahl von axial verlaufenden Nuten 12 vorgesehen, in denen Nutabschnitte 13-N der Hairpins 13 in mehreren radial geschichteten Wicklungslagen angeordnet sind. Beispielsweise können in jeder Nut 12 M Wicklungslagen angeordnet sein, also M radial benachbarte Nutabschnitte 13-N. Beispielsweise kann $M = 6$ sein, also sechs

Wicklungslagen. Diese *M* radial benachbarten Nutabschnitte 13-N sind dann vom Isolationspapier 14 umgeben und damit gegenüber dem Spulenkörper 11 isoliert.

Nach dem Montieren aller Hairpins 13 werden am unteren Ende des Spulenkörpers 11 (in Fig. 1A nicht gezeigt) herausragende Leiterenden in Umfangsrichtung des Spulenkörpers 11 in unterschiedliche Richtungen und Winkel gebogen, abgelängt und untereinander verschweißt. Die Wicklungsstränge bzw. Hairpins 13 überlappen am axial oberen und unteren Ende des Spulenkörpers 11. Diesen Überlappungsbereich nennt man auch Wickelkopf. Jeder der Wicklungsstränge weist an seinen beiden Enden jeweils einen Anschlussbereich auf (nicht gezeigt), der durch ein Ende eines jeweiligen Anschluss-Hairpins gebildet werden kann.

Die Fig. 1A und 1B zeigen einen oberen Wickelkopf der verteilten Wicklung 10. Der obere Wickelkopf bildet die Seite, von der aus die Hairpins 13 in die Nuten 12 eingesteckt werden, so dass die gebogenen Abschnitte 13-V der Hairpins 13 den Wickelkopf bilden.

Die vorliegende Erfindung liegt im Bereich eines zum Wickelkopf der Fig. 1A und 1B axial gegenüberliegenden Wickelkopfs, also dem unteren Wickelkopf, bei dem die Leiterenden der Schenkel 13-N der Hairpins 13 axial aus den Nuten 12 herausragen, abgelängt und untereinander verschweißt werden. Ein unterer Wickelkopf der verteilten Wicklung 10 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 3 dargestellt.

Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel umfasst die verteilte Wicklung 10 drei jeweils aus der Mehrzahl von Hairpins 13 gebildeten Wicklungsstränge (U, V, W). Die Anzahl der Wicklungsstränge in einem Stator oder Rotor kann je nach Konstruktion der elektrischen Maschine variieren. Grundsätzlich hängt die Anzahl der Wicklungsstränge von der Anzahl der Phasen und dem Wicklungsaufbau ab. In einem Drehstromsystem mit drei Phasen (U, V, W) ist es üblich, dass der Stator oder Rotor in einer elektrischen Maschine drei Wicklungsstränge aufweist, mindestens einen pro Phase. Diese Anzahl kann n-fach erhöht werden, wobei sich der Wicklungsstrang dann aus

mehreren Teilsträngen zusammensetzt. N ist eine natürliche Ganzzahl und alle Phasen müssen dieselbe Anzahl aufweisen. Jeder Wicklungsstrang besteht aus einer Reihe von Hairpins 13, die in Umfangsrichtung gleichmäßig um den Spulenkörper 11 (Stator oder Rotor) verteilt sind. Jeder Wicklungsstrang kann elektrisch mit einem Außenleiter (L1, L2 und L3) des Drehstromsystems verbunden werden. Es gibt jedoch auch elektrische Maschinen, die mehr als drei Phasen haben können, wie zum Beispiel Sechsphasen- oder Zwölfphasen-Maschinen. In solchen Fällen kann der Spulenkörper 11 (Stator oder Rotor) entsprechend mehr Wicklungsstränge aufweisen, wobei die Anzahl der Wicklungsstränge der Anzahl der Phasen entspricht. Die genaue Anzahl der Wicklungsstränge im Spulenkörper 11 hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie dem Anwendungsbereich, dem gewünschten Leistungsbereich, dem Konstruktionsdesign und den spezifischen Anforderungen der elektrischen Maschine. Daher kann die Anzahl der Wicklungsstränge je nach spezifischem Fall variieren.

Wie es in Fig. 3 gezeigt ist, weist jeder der drei Wicklungsstränge (U, V, W) über einen Umfang des Spulenkörpers 11 verteilt mehrere axial aus den Nuten 12 herausragende erste Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w und mehrere axial aus den Nuten 12 herausragende zweite Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w auf. Genaugenommen handelt es sich bei den Anschluss-Hairpins jeweils um ein entsprechend gebogenes Ende eines Hairpin-Schenkels 13-N, welches zum Anschluss des jeweiligen Wicklungsstrangs an weitere Schaltungskomponenten dient. Für jede der drei Phasen sind jeweils drei erste Anschluss-Hairpins 13-1u, drei erste Anschluss-Hairpins 13-1v und drei erste Anschluss-Hairpins 13-1w vorgesehen. Es sind im erläuterten Ausführungsbeispiel demnach pro Phase drei elektrisch parallel geschaltete Spulengruppen realisiert. Anstatt drei ersten Anschluss-Hairpins pro Phase könnten auch mehr oder weniger erste Anschluss-Hairpins pro Phase vorgesehen sein. Die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w können jeweils als Anfangspunkte der drei Wicklungsstränge (U, V, W) gesehen werden, die in einer Sternschaltung zu einem gemeinsamen Punkt, dem sogenannten Sternpunkt oder Neutralpunkt, verbunden werden. Für jeden der drei Wicklungsstränge (U, V, W) sind auch jeweils drei zweite Anschluss-Hairpins 13-2u, drei zweite Anschluss-Hairpins 13-2v und drei zweite Anschluss-Hairpins 13-2w vorgesehen. Anstatt drei zweiten Anschluss-Hairpins pro Phase könnten auch mehr oder weniger zweite Anschluss-Hairpins pro Phase vorgesehen sein. Die zweiten Anschluss-

Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w können jeweils als Endpunkte der drei Wicklungsstränge (U, V, W) gesehen werden, die jeweils mit den Phasenleitungen (L1, L2, L3, nicht gezeigt) verbunden werden.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel treten sowohl die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w als auch die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w radial außen aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11. Die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w und die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w liegen also radial im Wesentlichen auf einem Kreisbogen. Es sind allerdings auch Ausführungsformen denkbar, bei denen sowohl die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w als auch die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w radial innen aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11 austreten. Weiterhin sind Ausführungsformen denkbar, bei denen die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w radial innen (außen) und die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w radial außen (innen) aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11 austreten. In axialer Richtung ragen die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w der drei Wicklungsstränge aber deutlich weiter aus dem Spulenkörper 11 bzw. den Nutenenden heraus als die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w. Insbesondere die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w sind also anfällig für Schwingungen und Brüche.

In Umfangsrichtung betrachtet treten beim dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 zuerst die drei ersten Anschluss-Hairpins 13-1u axial aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11, danach treten in Umfangsrichtung betrachtet die drei zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u axial aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11, danach treten in Umfangsrichtung betrachtet die drei ersten Anschluss-Hairpins 13-1v axial aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11, danach treten in Umfangsrichtung betrachtet die drei zweiten Anschluss-Hairpins 13-2v axial aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11, danach treten in Umfangsrichtung betrachtet die drei ersten Anschluss-Hairpins 13-1w axial aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11 und danach treten in Umfangsrichtung betrachtet die drei zweiten Anschluss-Hairpins 13-2w axial aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11. Die axial kürzeren ersten und die axial längeren zweiten Anschluss-Hairpins treten also in Umfangsrichtung abwechselnd aus den Nuten 12 des Spulenkörpers 11.

Um die Sternschaltung der drei Wicklungsstränge (U, V, W) zu ermöglichen, sieht die vorliegende Erfindung einen elektrisch leitfähigen Sternleiter bzw. Kontaktring 15 vor, welcher die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w der drei Wicklungsstränge (U, V, W) elektrisch leitend miteinander koppelt. Der Sternleiter 15 erstreckt sich dazu in Umfangsrichtung von den drei ersten Anschluss-Hairpins 13-1u über die drei ersten Anschluss-Hairpins 13-1v zu den drei ersten Anschluss-Hairpins 13-1w. Beim dem Sternleiter 15 kann es sich – je nach Anordnung der Anschluss-Hairpins – um einen ringförmigen Leiter oder um einen kreisbogenförmigen Leiter (kein kompletter Ring) handeln.

Für die in Umfangsrichtung betrachtet zwischen den ersten Anschluss-Hairpins 13-1u und den ersten Anschluss-Hairpins 13-1v liegenden zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u weist der Sternleiter 15 eine elektrisch isolierende Durchführung 16-u auf. Die Durchführung 16-u ermöglicht eine axiale Durchführung und Fixierung der axial längeren zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u. Ebenso weist der Sternleiter 15 eine elektrisch isolierende Durchführung 16-v für die zwischen den ersten Anschluss-Hairpins 13-1v und den ersten Anschluss-Hairpins 13-1w liegenden zweiten Anschluss-Hairpins 13-2v auf. Die Durchführung 16-v ermöglicht eine axiale Durchführung und Fixierung der axial längeren zweiten Anschluss-Hairpins 13-2v. Obwohl die Fig. 3 keine weitere Durchführung für die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2w zeigt, versteht sich, dass der Sternleiter 15 auch eine solche umfassen kann.

Die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen 16-u, 16-v des Sternleiters 15 für die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u und 13-2v können jeweils aus elektrisch isolierendem Kunststoff gebildet sein. Die Durchführungen 16-u, 16-v können jeweils axiale Durchgangsöffnungen für die axial längeren zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u und 13-2v aufweisen. Dabei kann für jeden zweiten Anschluss-Hairpin eine separate axiale Durchgangsöffnung vorgesehen sein, oder, wie in Fig. 3 gezeigt, für ein Tripel von zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u bzw. 13-2v eine gemeinsame axiale Durchgangsöffnung. Die axialen Durchgangsöffnungen der Durchführungen 16-u, 16-v können jeweils so dimensioniert sein, dass sie die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v formschlüssig oder stoffschlüssig oder formschlüssig und stoffschlüssig in der

Durchführung zu fixieren vermögen. So können Schwingungen reduziert bzw. vermieden werden.

Wie es auch in Fig. 4 zu erkennen ist, weist der Sternleiter 15 (in Umfangsrichtung betrachtet) zwischen einem ersten elektrisch leitfähigen Anschlussbereich 17-u für die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u und einem zweiten elektrisch leitfähigen Anschlussbereich 17-v für die ersten Anschluss-Hairpins 13-1v eine erste elektrisch isolierende Durchführung 16-u für die axial längeren zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u auf. Ferner weist der Sternleiter 15 (in Umfangsrichtung betrachtet) zwischen dem zweiten elektrisch leitfähigen Anschlussbereich 17-v für die ersten Anschluss-Hairpins 13-1v und einem dritten elektrisch leitfähigen Anschlussbereich 17-w für die ersten Anschluss-Hairpins 13-1w eine zweite elektrisch isolierende Durchführung 16-v für die axial längeren zweiten Anschluss-Hairpins 13-2v auf. Die Durchführungen 16-u, 16-v können dabei jeweils als Kunststoff-Umspritzungen ausgebildet sein. Somit kann eine feste Verbindung zwischen den Kunststoff-Durchführungen 16-u, 16-v und dem elektrisch leitfähigen Sternleiter 15 entstehen, wodurch ein integriertes Bauteil entsteht.

Die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w der drei Wicklungsstränge können an den jeweiligen Anschlussbereichen 17-u, 17-v, 17-w jeweils mittels einer Schweiß- oder Lötverbindung mit dem Sternleiter 15 elektrisch leitfähig verbunden werden. Vor dem Schweiß- oder Lötvorgang kann der Sternleiter 15 mittels der jeweiligen Durchführungen 16-u, 16-v auf die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v aufgesteckt und dadurch vorfixiert werden. Durch die Schweiß- oder Lötverbindung können die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w an dem Sternleiter 15 fixiert werden. Durch eine formschlüssige oder/und stoffschlüssige Aufnahme der zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v (und 13-2w) in den Durchführungen 16-u, 16-v (und 16-w) können auch die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v (und 13-2w) an dem Sternleiter 15 fixiert werden. Dadurch können Schwingungen und damit verbundene Brüche der ersten und zweiten Anschluss-Hairpins reduziert oder sogar ganz vermieden werden.

Nachdem der Sternleiter 15 - wie oben beschrieben - mit den ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w und zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w verbunden bzw. gekoppelt wurde, können die Hairpins 13 isoliert sowie der Stator

imprägniert werden. Die Isolierung der verschweißten Kupferenden der Hairpins 13 kann beispielsweise durch Pulverbeschichtung oder die Applikation von Gießharzen auf Polyurethan-Basis erfolgen. Dabei können auch Zwischenräume zwischen den zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v und den Durchlassöffnungen der Durchführungen 16-u, 16-v pulverbeschichtet werden. Eine solche Pulverbeschichtung ist in Fig. 3 durch Bezugszeichen 18 dargestellt. Verwendet werden können hierzu Tränk-, Träufel- oder Vollvergussprozesse. Die Imprägnierung kann analog zu Imprägnierprozessen bei der Herstellung herkömmlich gewickelter Statoren erfolgen. Die Imprägnierung dient dem Schutz vor thermischen, elektrischen, ambienten und mechanischen Einflüssen. Meist werden zur Imprägnierung Tauch- oder Träufelverfahren genutzt.

Die Pulverbeschichtung 18 der verschweißten axialen Enden der Hairpins 13 und die damit einhergehende Pulverbeschichtung 18 des Zwischenraums zwischen den zweiten Anschluss-Hairpins 13-2v und der Durchlassöffnungen der Durchführung 16-v ist in der Fig. 5 (rechts) verdeutlicht. Spätestens durch die Pulverbeschichtung 18 kann also ein Formschluss zwischen Durchführung 16-v und zweiten Anschluss-Hairpins 13-2v erreicht werden. Die Fig. 5 (links) zeigt einen Zustand vor der Pulverbeschichtung.

Es sei außerdem angemerkt, dass nicht nur die Durchführungen 16 an den Sternleiter 15 angespritzt werden können. Ferner können auf ähnliche Weise zum Beispiel auch Sensoren, wie beispielsweise Temperatursensoren, an den Sternleiter 15 angespritzt werden. Eine genaue Geometrie des Sternleiters 15 wird beispielsweise davon abhängen, wie und wo die Anschluss-Hairpins aus den Nuten 12 austreten. Im gezeigten Ausführungsbeispiel treten die ersten Anschluss-Hairpins 13-1u, 13-1v, 13-1w und die zweiten Anschluss-Hairpins 13-2u, 13-2v, 13-2w radial außen aus den jeweiligen Nuten 12 aus. Generell können Anschluss-Hairpins radial innen, radial außen oder radial innen und außen stehen. Somit kann die vorliegende Erfindung auch auf Anschluss-Hairpins angewendet werden, die am inneren Statordurchmesser axial hervorstehen. Anschluss-Hairpins können auch einzeln durch die Durchführungen 16 geführt sein.

Die beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele sind nur beispielhaft gewählt. Unterschiedliche Ausführungsbeispiele können vollständig oder in

Bezug auf einzelne Merkmale miteinander kombiniert werden. Auch kann ein Ausführungsbeispiel durch Merkmale eines weiteren Ausführungsbeispiels ergänzt werden.

Weiterhin sind die folgenden Ansprüche hiermit in die detaillierte Beschreibung aufgenommen, wobei jeder Anspruch als getrenntes Beispiel für sich stehen kann. Während jeder Anspruch als getrenntes Beispiel für sich stehen kann, ist zu beachten, dass – obwohl ein abhängiger Anspruch sich in den Ansprüchen auf eine bestimmte Kombination mit einem oder mehreren anderen Ansprüchen beziehen kann – andere Beispiele auch eine Kombination des abhängigen Anspruchs mit dem Gegenstand jedes anderen abhängigen oder unabhängigen Anspruchs umfassen können. Solche Kombinationen werden hier explizit vorgeschlagen, sofern nicht angegeben ist, dass eine bestimmte Kombination nicht beabsichtigt ist. Ferner sollen auch Merkmale eines Anspruchs für jeden anderen unabhängigen Anspruch eingeschlossen sein, selbst wenn dieser Anspruch nicht direkt abhängig von dem unabhängigen Anspruch gemacht ist.

Bezugszeichen

10	verteilte Wicklung
11	Spulenkörper
12	Nuten
13	Hairpin
13-N	Nutabschnitt
13-T	abgeknickter Bereich
13-V	gebogener Abschnitt
13-1	erste Anschluss-Hairpins
13-2	zweite Anschluss-Hairpins
14	Isolationspapier
15	Sternleiter
16	Durchführung
17	Anschlussbereich
18	Pulverbeschichtung

Patentansprüche

1. Verteilte Wicklung (10) für eine elektrische Maschine, umfassend

einen Spulenkörper (11) mit einer Mehrzahl von über einen Umfang des Spulenkörpers verteilten Nuten (12);

drei aus einer Mehrzahl von Hairpins (13) gebildeten Wicklungssträngen, wobei die Hairpins jeweils axial verlaufende Nutabschnitte (13-N) aufweisen, die in radialer Richtung in einer Mehrzahl von Wicklungslagen in den Nuten (12) des Spulenkörpers (11) angeordnet sind;

wobei jeder der drei Wicklungsstränge über einen Umfang des Spulenkörpers (11) verteilt einen oder mehrere axial aus den Nuten (12) herausragende erste Anschluss-Hairpins (13-1) und einen oder mehrere axial aus den Nuten (12) herausragende zweite Anschluss-Hairpins (13-2) aufweist;

einen Sternleiter (15), welcher die ersten Anschluss-Hairpins (13-1) der drei Wicklungsstränge in Umfangsrichtung elektrisch leitend miteinander koppelt, und

wobei der Sternleiter (15) in Umfangsrichtung mehrere elektrisch vom Sternleiter isolierte Durchführungen (16) für die zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) der drei Wicklungsstränge aufweist.

2. Die Verteilte Wicklung (10) nach Anspruch 1, wobei die zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) der drei Wicklungsstränge axial weiter aus dem Spulenkörper (11) herausragen als die ersten Anschluss-Hairpins (13-1).

3. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten Anschluss-Hairpins (13-1) der drei Wicklungsstränge und der Sternleiter (15) mittels jeweils einer Schweiß- oder Lötverbindung miteinander gekoppelt sind.

4. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen (16) des Sternleiters (15) für die zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) aus Kunststoff gebildet sind.

5. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen (16) des Sternleiters (15)

ausgebildet sind, um die zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) formschlüssig oder stoffschlüssig oder formschlüssig und stoffschlüssig zu fixieren.

6. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die in Umfangsrichtung angeordneten Durchführungen (16) des Sternleiters (15) ausgebildet sind, um jeweils nur einen zweiten Anschluss-Hairpin (13-2) aufzunehmen, oder um jeweils mehrere zweite Anschluss-Hairpins (13-2) aufzunehmen.

7. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sternleiter (15) in Umfangsrichtung eine Durchführung (16) für einen oder mehrere zweite Anschluss-Hairpins (13-2) eines Wicklungsstrangs zwischen zwei Anschlussbereichen (17) für erste Anschluss-Hairpins (13-1) zweier Wicklungsstränge aufweist.

8. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten und zweiten Anschluss-Hairpins (13-1; 13-2) radial außen aus den Nuten (12) des Spulenkörpers (11) herausragen.

9. Die Verteilte Wicklung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich der Sternleiter (15) in Umfangsrichtung erstreckt und die zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) in axialer Richtung durch die Durchführungen geführt sind.

10. Verfahren zum Herstellen einer verteilten Wicklung (10) für eine elektrische Maschine, umfassend

Bereitstellen eines Spulenkörpers (11) mit einer Mehrzahl von über einen Umfang des Spulenkörpers verteilten Nuten (12);

Anordnen von drei aus einer Mehrzahl von Hairpins (13) gebildeten Wicklungssträngen, wobei die Hairpins jeweils axial verlaufende Nutabschnitte (13-N) aufweisen, die in radialer Richtung in einer Mehrzahl von Wicklungslagen in den Nuten (12) des Spulenkörpers (11) angeordnet werden;

wobei jeder der drei Wicklungsstränge über einen Umfang des Spulenkörpers (11) verteilt einen oder mehrere axial aus den Nuten (12) herausragende erste Anschluss-Hairpins (13-1) und einen oder mehrere axial aus den Nuten (12) herausragende zweite Anschluss-Hairpins (13-2) aufweist;

Bereitstellen eines Sternleiters (15), welcher in Umfangsrichtung mehrere elektrisch vom Sternleiter isolierte Durchführungen (16) für die zweiten Anschluss-Hairpins der drei Wicklungsstränge aufweist;

Durchführen der zweiten Anschluss-Hairpins (13-2) durch die Durchführungen (16) des Sternleiters; und

Verbinden der ersten Anschluss-Hairpins (13-1) mit dem Sternleiter (15).

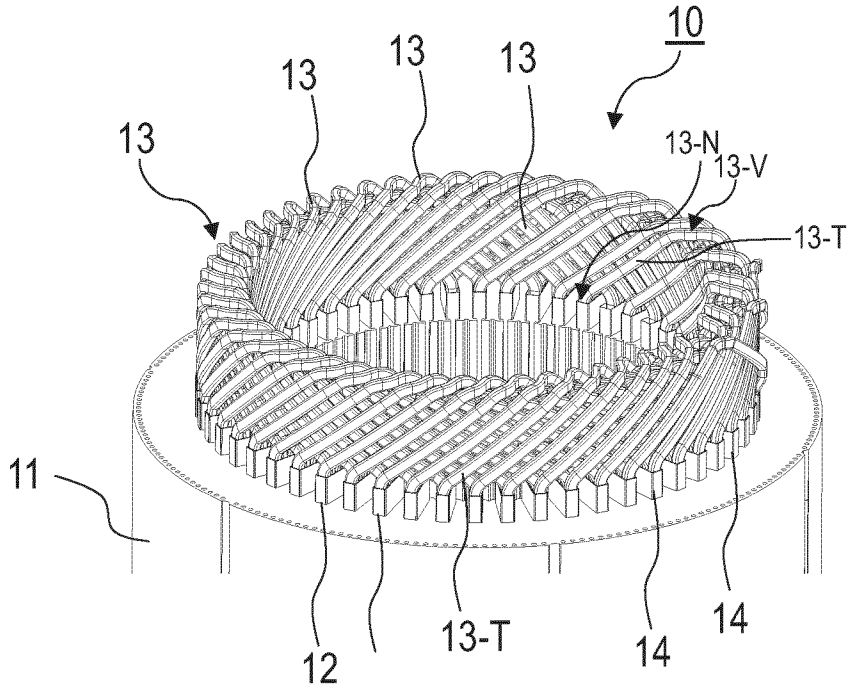


FIG. 1A

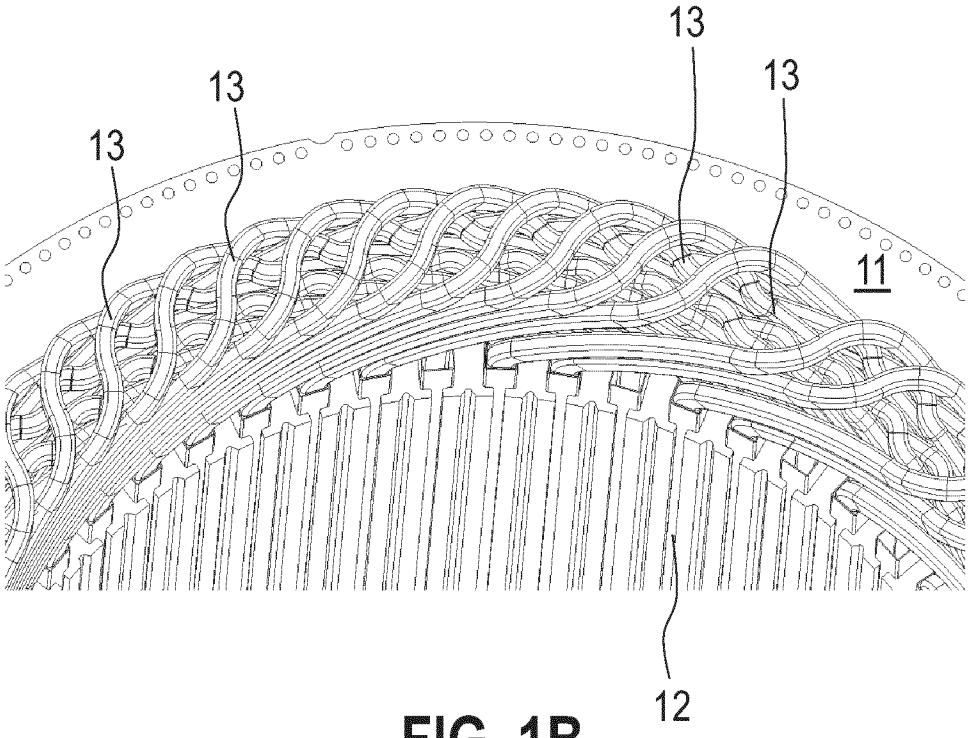


FIG. 1B

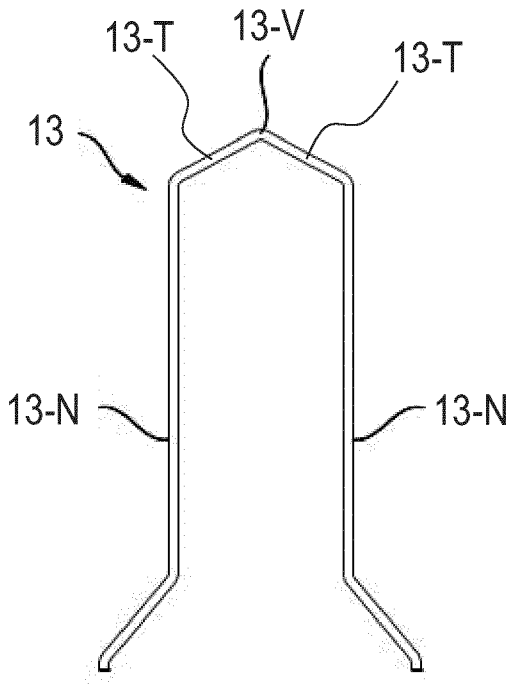


FIG. 2

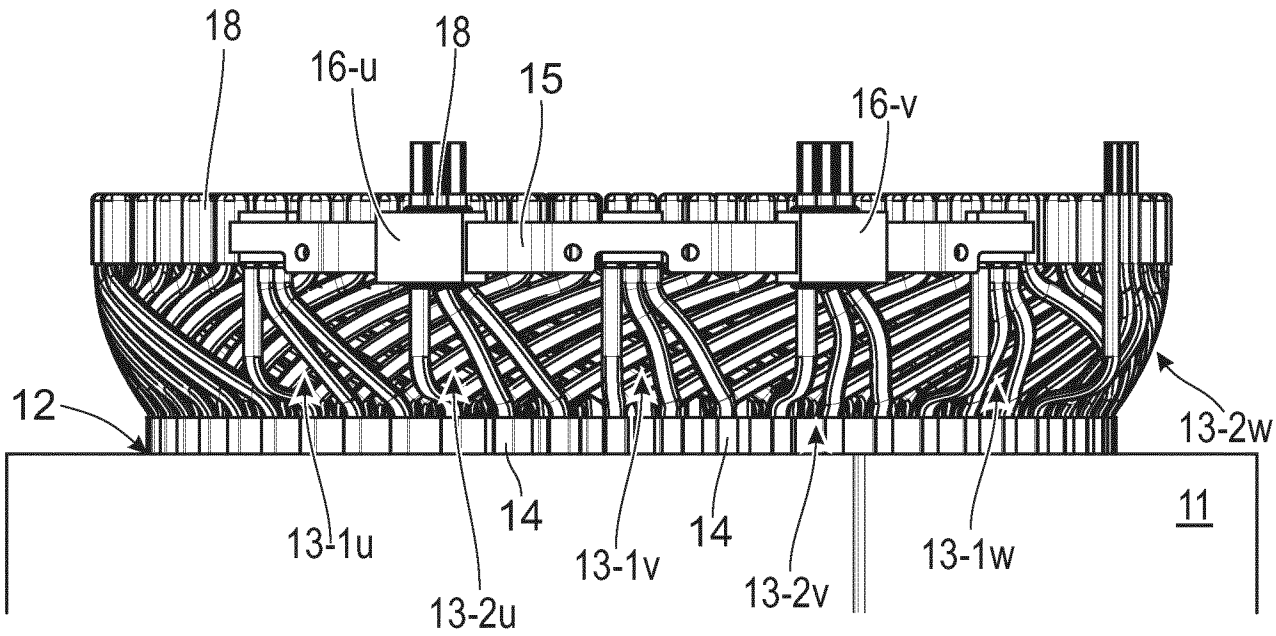

18
16-u
18
15
16-v
12
13-2w
11
14
14
13-1u
13-2u
13-1v
13-2v
13-1w

FIG. 3

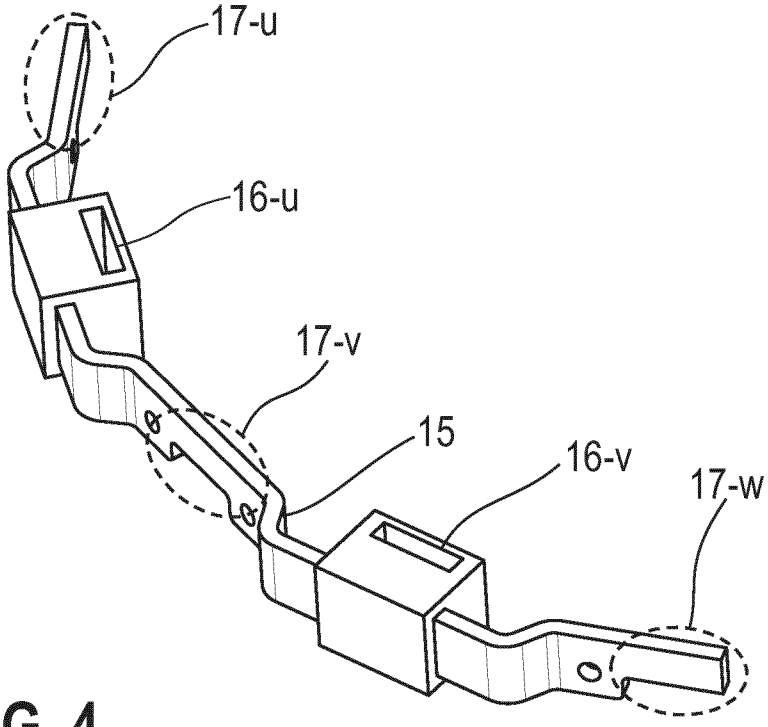

17-u
16-u
17-v
15
16-v
17-w

FIG. 4

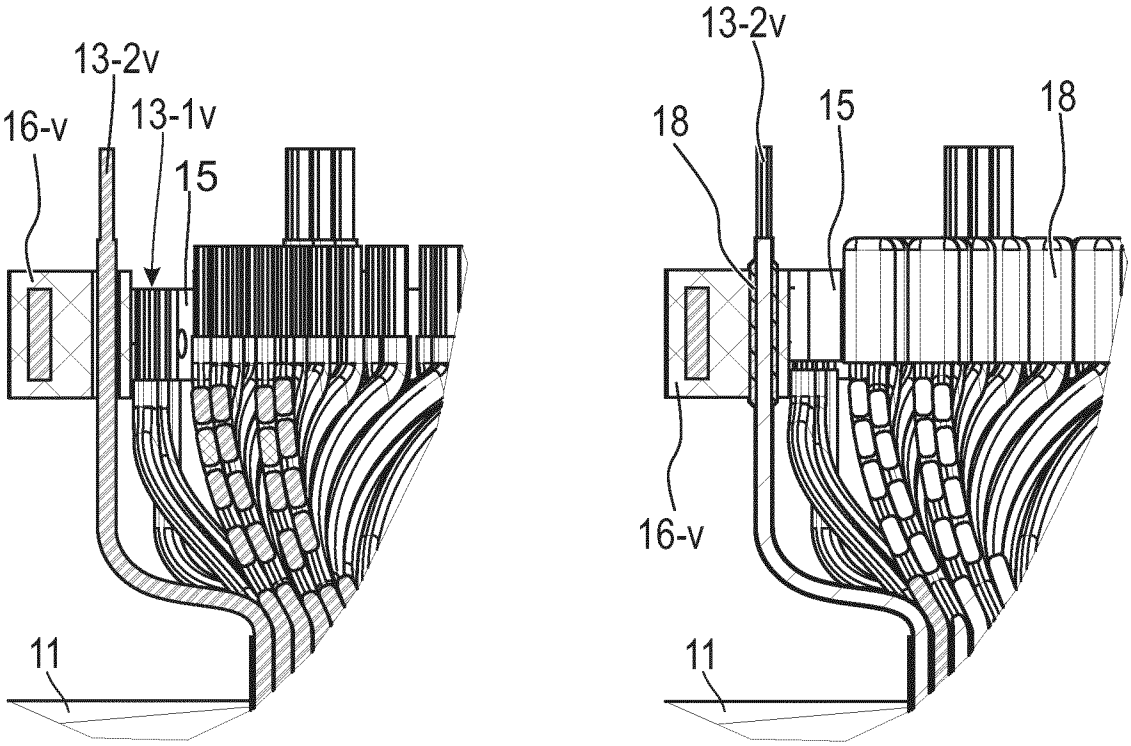


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/064255

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 3/38(2006.01)i

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	DE 102021203210 A1 (VALEO SIEMENS EAUTOMOTIVE GERMANY GMBH [DE]) 06 October 2022 (2022-10-06) paragraphs [0078], [0018], [0012]; figures 1-15	1-10
X	US 2019149003 A1 (ISHIKAWA TOSHIO [JP] ET AL) 16 May 2019 (2019-05-16) figures 13-33	1

☐ 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	Date of mailing of the international search report
10 September 2024	**27 September 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
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**	**Fromm, Udo** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/064255

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102021203210 A1	06 October 2022	DE 102021203210 A1	06 October 2022
		WO 2022207763 A1	06 October 2022
US 2019149003 A1	16 May 2019	CN 109075647 A	21 December 2018
		JP 6609373 B2	20 November 2019
		JP WO2017195481 A1	20 December 2018
		US 2019149003 A1	16 May 2019
		WO 2017195481 A1	16 November 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/064255

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K3/38
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	DE 10 2021 203210 A1 (VALEO SIEMENS EAUTOMOTIVE GERMANY GMBH [DE]) 6. Oktober 2022 (2022-10-06) Absätze [0078], [0018], [0012]; Abbildungen 1-15	1-10
X	US 2019/149003 A1 (ISHIKAWA TOSHIO [JP] ET AL) 16. Mai 2019 (2019-05-16) Abbildungen 13-33	1

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. September 2024	27/09/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fromm, Udo

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/064255

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102021203210 A1	06-10-2022	DE 102021203210 A1	06-10-2022
		WO 2022207763 A1	06-10-2022
US 2019149003 A1	16-05-2019	CN 109075647 A	21-12-2018
		JP 6609373 B2	20-11-2019
		JP WO2017195481 A1	20-12-2018
		US 2019149003 A1	16-05-2019
		WO 2017195481 A1	16-11-2017