

(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
20. Februar 2025 (20.02.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/036620 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 11/33 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/069371

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Juli 2024 (09.07.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 003 332.4
11. August 2023 (11.08.2023) DE

(71) Anmelder: SEW-EURODRIVE GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Ernst-Blickle-Straße 42, 76646 Bruchsal (DE).

(72) Erfinder: **BÖCKLE, Jürgen**; Schlossberggring 52, 76646 Bruchsal (DE). **HAUCK, Matthias**; August-Neuhaus-Str. 25, 68723 Schwetzingen (DE). **ENDERLE, Christian**; Höhefeldstr. 23, 76356 Weingarten (DE). **BECKER, Jan**; Speyerer Str. 25, 76297 Stutensee (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,

(54) Title: ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: ELEKTROMOTOR

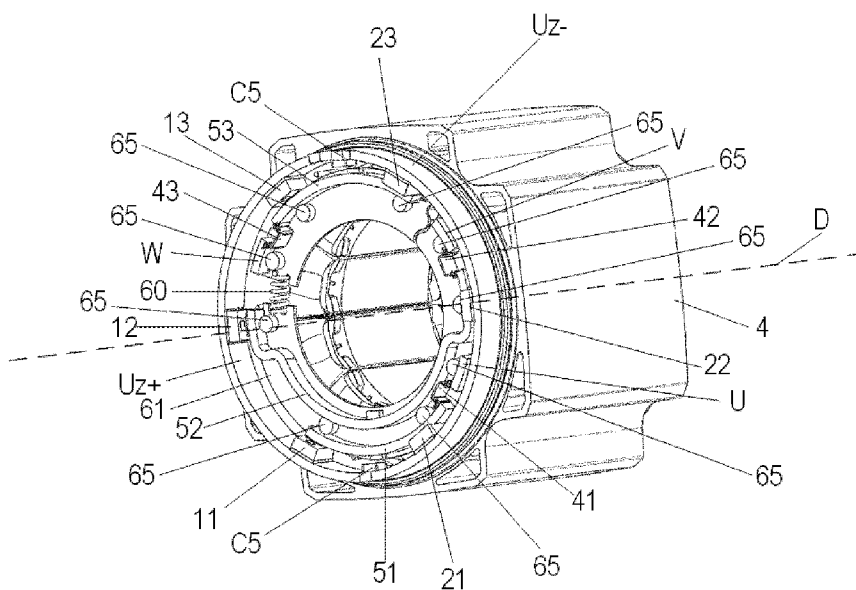


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to an electric motor comprising a stator which has at least three stator windings (31, 32, 33), a rotor which is rotatable about an axis of rotation (D) relative to the stator, and a power part for actuating the stator windings (31, 32, 33), which power part comprises an upper busbar (Uz+) to which a positive voltage is applied, a lower busbar (Uz-) to which a negative voltage is applied, at least three busbars (51, 52, 53), which are each electrically connected to one of the stator windings (31, 32, 33), at least three upper switches (11, 12, 13), which are electrically connected between the upper busbar (Uz+) and in each case one of the busbars (51, 52, 53), and at least three lower switches (21, 22, 23), which are electrically connected between the lower busbar (Uz-) and in each case one of the busbars (51, 52, 53). The upper busbar (Uz+) and the lower busbar (Uz-) are arranged offset relative each other in the

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

circumferential direction, and the busbars (Uz+, Uz-) coaxially surround the axis of rotation (D) and the switches (11, 12, 13, 21, 22, 23).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Elektromotor, umfassend einen Stator, welcher mindestens drei Statorwicklungen (31, 32, 33) aufweist, einen Rotor, welcher um eine Drehachse (D) relativ zu dem Stator drehbar ist, und ein Leistungsteil zum Ansteuern der Statorwicklungen (31, 32, 33), welches eine obere Stromschiene (Uz+), an welche eine positive Spannung angelegt ist, eine untere Stromschiene (Uz-), an welche eine negative Spannung angelegt ist, mindestens drei Sammelschienen (51, 52, 53), welche elektrisch mit jeweils einer der Statorwicklungen (31, 32, 33) verbunden sind, mindestens drei obere Schalter (11, 12, 13), welche elektrisch zwischen der oberen Stromschiene (Uz+) und jeweils einer der Sammelschienen (51, 52, 53) geschaltet sind, und mindestens drei untere Schalter (21, 22, 23), welche elektrisch zwischen der unteren Stromschiene (Uz-) und jeweils einer der Sammelschienen (51, 52, 53) geschaltet sind, aufweist. Die obere Stromschiene (Uz+) und die untere Stromschiene (Uz-) sind in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet, und die Stromschienen (Uz+, Uz-) umgeben die Drehachse (D) und die Schalter (11, 12, 13, 21, 22, 23) coaxial.

Elektromotor

Beschreibung:

- 5 Die Erfindung betrifft einen Elektromotor, der einen Stator, welcher mindestens drei Statorwicklungen aufweist, einen Rotor, welcher um eine Drehachse relativ zu dem Stator drehbar ist, und ein Leistungsteil zum Ansteuern der Statorwicklungen umfasst.

10 Aus dem Dokument DE 10 2009 051 979 A1 ist ein gattungsgemäßer Elektromotor bekannt, welcher einen Rotor und einen Stator aufweist. Der Stator umfasst Statorwicklungen und ist in einem Motorgehäuse angeordnet. Der Rotor ist relativ zu dem Stator drehbar.

15 Ein gattungsgemäßer Elektromotor umfasst ferner einen Umrichter zur Versorgung des Stators mit elektrischer Energie. Der Umrichter wird beispielsweise mit einer Gleichspannung versorgt und liefert eine dreiphasige Ausgangsspannung für den Stator. Der Umrichter umfasst ein Leistungsteil und ein Steuermodul. Das Leistungsteil umfasst mehrere Schalter, die von dem Steuermodul angesteuert werden.

20 Aus dem Dokument DE 103 062 27 B4 ist ein Leistungsteil für einen Umrichter bekannt, welches einen Kühlkörper aufweist. Wärmeerzeugende Bauelemente, beispielsweise Halbleiterschalter, sind auf einer Außenseite des Kühlkörpers in regelmäßigen Abständen angeordnet.

25 Der Umrichter ist in der Regel als separates Bauteil ausgeführt und in der Nähe des Elektromotors angeordnet. Der Umrichter hat somit einen Bedarf an Bauraum. Ebenso ist es bekannt, den Umrichter entfernt von dem Stator anzuordnen, beispielsweise in einem Schaltschrank. In diesem Fall entstehen ohmsche Verluste in den Zuleitungen von dem Umrichter zu dem Stator.

30 Aus der DE 10 2014 205 957 A1 ist eine Treiberbaugruppe für einen Elektromotor bekannt. Die Treiberbaugruppe umfasst eine vorbestimmte Anzahl Halbleiterschalter, wobei einer der Halbleiterschalter innerhalb einer Kreislinie und die restlichen Halbleiterschalter auf der Kreislinie angeordnet sind.

35 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Elektromotor weiterzubilden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Elektromotor mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

5

Ein erfindungsgemäßer Elektromotor umfasst einen Stator, welcher mindestens drei Statorwicklungen aufweist, einen Rotor, welcher um eine Drehachse relativ zu dem Stator drehbar ist, und ein Leistungsteil zum Ansteuern der Statorwicklungen. Das Leistungsteil weist eine obere Stromschiene, an welche eine positive Spannung angelegt ist, eine untere Stromschiene, an welche eine negative Spannung angelegt ist, mindestens drei Sammelschienen, welche elektrisch mit jeweils einer der Statorwicklungen verbunden sind, mindestens drei obere Schalter, welche elektrisch zwischen der oberen Stromschiene und jeweils einer der Sammelschienen geschaltet sind, und mindestens drei untere Schalter, welche elektrisch zwischen der unteren Stromschiene und jeweils einer der Sammelschienen geschaltet sind, auf. Dabei sind die obere Stromschiene und die untere Stromschiene in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet, und die Stromschienen umgeben die Drehachse und die Schalter coaxial.

Das Leistungsteil des Umrichters ist somit in unmittelbarer Nähe des Stators angeordnet oder in den Stator integriert. Der Bedarf an Bauraum für das Leistungsteil, insbesondere in Axialrichtung, ist signifikant verringert. Ein Steuermodul zum Ansteuern der Schalter des Leistungsteils ist entfernt von dem Stator anordenbar, da in den Steuerleitungen, die das Steuermodul mit den Schaltern verbinden, keine nennenswerten ohmschen Verluste auftreten. Eine Außenkontur eines Statorgehäuses kann unverändert bleiben.

25

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die obere Stromschiene und die untere Stromschiene jeweils in Form einer Halbschale ausgebildet. Die obere Stromschiene und die untere Stromschiene erstrecken sich dabei gemeinsam vorzugsweise annähernd vollständig um die Drehachse herum. Zwischen der oberen Stromschiene und der unteren Stromschiene verbleiben lediglich verhältnismäßig kleine Spalte, welche eine elektrische Isolierung zwischen der oberen Stromschiene und der unteren Stromschiene gewährleisten.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umgeben die Stromschienen die Sammelschienen coaxial. Dadurch ist der Bedarf an Bauraum für das Leistungsteil in Axialrichtung weiter verringert.

35

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Schalter in Radialrichtung zwischen den Stromschienen und den Sammelschienen angeordnet. Dadurch ist der Bedarf an Bauraum für das Leistungsteil in Axialrichtung weiter verringert.

5

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Schalter jeweils als Feldeffekttransistoren ausgeführt und weisen jeweils einen Gate-Anschluss, einen Source-Anschluss und einen Drain-Anschluss auf. Feldeffekttransistoren sind mit verhältnismäßig hohen Frequenzen ansteuerbar und verursachen dabei verhältnismäßig geringe Schaltverluste bei verhältnismäßig geringen ohmschen Verlusten im eingeschalteten Zustand.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Drain-Anschlüsse der oberen Schalter kraftschlüssig mit der oberen Stromschiene verbunden. Die oberen Schalter sind dabei beispielsweise jeweils als N-Kanal-MOSFET ausgeführt. Wärme, die in den oberen Schaltern entsteht, wird durch die obere Stromschiene und das Halteelement in Radialrichtung nach außen abgeführt.

15

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Drain-Anschlüsse der unteren Schalter kraftschlüssig mit der unteren Stromschiene verbunden. Die unteren Schalter sind dabei beispielsweise jeweils als P-Kanal-MOSFET ausgeführt. Wärme, die in den unteren Schaltern entsteht, wird durch die untere Stromschiene und das Halteelement in Radialrichtung nach außen abgeführt.

20

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Leistungsteil eine Spanneinheit auf, welche die Sammelschienen in Radialrichtung nach außen gegen die Schalter presst. Dabei presst die Spanneinheit über die Sammelschienen die Schalter nach außen gegen die Stromschienen.

25

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Spanneinheit ein Federelement und eine Mehrzahl von Nocken. Dabei liegen die Nocken an den Sammelschienen an, und das Federelement presst die Nocken in Radialrichtung nach außen gegen die Sammelschienen.

30

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung presst die Spanneinheit die Sammelschienen derart gegen die Schalter, dass eine kraftschlüssige Verbindung der Source-Anschlüsse der Schalter mit den Sammelschienen entsteht.

- 5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Leistungsteil mindestens drei Stromsensoren auf, und die Stromschienen umgeben die Stromsensoren koaxial. Dadurch ist eine Strommessung möglich, wobei der Bedarf an Bauraum für das Leistungsteil in Axialrichtung nicht wesentlich vergrößert wird.
- 10 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Stator ein hohlzylindrisches Statorgehäuse, in welchem die Statorwicklungen angeordnet sind, auf. Dabei sind die Stromschienen in Axialrichtung versetzt den Statorwicklungen angeordnet. Dadurch ist der Bedarf an Bauraum für das Leistungsteil weiter verringert.
- 15 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfasst der Elektromotor ein hohlzylindrisches Halteelement, welches die Drehachse koaxial umgibt. Das Halteelement schließt in Axialrichtung an das Statorgehäuse an, und das Halteelement umgibt die Stromschienen koaxial. Somit schließen auch die obere Stromschiene, die untere Stromschiene und die Sammelschienen in axialer Richtung an das Statorgehäuse an. Dadurch ist der Bedarf
- 20 an Bauraum für das Leistungsteil weiter verringert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung liegen die Stromschienen an einer der Drehachse zugewandten Innenfläche des Halteelements an. Dabei besteht das Halteelement aus einem elektrisch isolierenden Material oder weist zumindest an der Innenfläche eine

25 elektrisch isolierende Beschichtung auf. Dadurch ist es möglich, die Stromschienen unmittelbar auf der Innenfläche des Halteelements anzuordnen. Die elektrisch isolierende Beschichtung gestattet dabei, das Halteelement aus einem metallischen Material zu fertigen.

Die Erfindung ist nicht auf die Merkmalskombination der Ansprüche beschränkt. Für den

30 Fachmann ergeben sich weitere sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten von Ansprüchen und/oder einzelnen Anspruchsmerkmalen und/oder Merkmalen der Beschreibung und/oder der Figuren, insbesondere aus der Aufgabenstellung und/oder der sich durch Vergleich mit dem Stand der Technik stellenden Aufgabe.

Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert. Die Erfindung ist nicht auf die in den Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Die Abbildungen stellen den Gegenstand der Erfindung nur schematisch dar. Es zeigen:

5 Figur 1: ein schematischer Schaltplan eines Leistungsteils mit einem Stator eines Elektromotors,

Figur 2: eine perspektivische Darstellung eines Teils eines Elektromotors,

10 Figur 3: eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines radial inneren Bereichs eines Leistungsteils,

Figur 4: eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines radial äußeren Bereichs eines Leistungsteils und

15 Figur 5: eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines radial äußeren Bereichs eines Leistungsteils gemäß einer alternativen Ausführungsform.

20 Figur 1 zeigt einen schematischen Schaltplan eines Leistungsteils mit einem Stator eines Elektromotors. Der Elektromotor ist eine elektrische Maschine und umfasst den Stator sowie einen hier nicht dargestellten Rotor. Der Stator weist eine erste Statorwicklung 31, eine zweite Statorwicklung 32 und eine dritte Statorwicklung 33 auf. Die Statorwicklungen 31, 32, 33 sind vorliegend in einer Sternschaltung verschaltet und mit einem gemeinsamen Sternpunkt 35 elektrisch verbunden.

25 Der Stator weist einen ersten Phasenleiter U, einen zweiten Phasenleiter V und einen dritten Phasenleiter W auf. Der erste Phasenleiter U ist mit der ersten Statorwicklung 31 elektrisch verbunden. Der zweite Phasenleiter V ist mit der zweiten Statorwicklung 32 elektrisch verbunden. Der dritte Phasenleiter W ist mit der dritten Statorwicklung 33 elektrisch verbunden.

30 Der Elektromotor umfasst auch das Leistungsteil zum Ansteuern der Statorwicklungen 31, 32, 33. Das Leistungsteil weist eine obere Stromschiene Uz+, an welche eine positive Spannung angelegt ist, und eine untere Stromschiene Uz-, an welche eine negative Spannung angelegt ist, auf. Zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- liegt somit
35 eine Gleichspannung an.

Das Leistungsteil weist ferner eine erste Sammelschiene 51, eine zweite Sammelschiene 52 und eine dritte Sammelschiene 53 auf. Die erste Sammelschiene 51 ist elektrisch über einen ersten Stromsensor 41 mit dem ersten Phasenleiter U verbunden. Die zweite Sammelschiene 52 ist elektrisch über einen zweiten Stromsensor 42 mit dem zweiten Phasenleiter V verbunden. Die dritte Sammelschiene 53 ist elektrisch über einen dritten Stromsensor 43 mit dem dritten Phasenleiter W verbunden. Die Sammelschienen 51, 52, 53 sind somit über die Stromsensoren 41, 42, 43 und die Phasenleiter U, V, W elektrisch mit jeweils einer der Statorwicklungen 31, 32, 33 verbunden. Die Stromsensoren 41, 42, 43 sind beispielsweise als Messwiderstände ausgeführt.

Das Leistungsteil weist einen ersten oberen Schalter 11, einen zweiten oberen Schalter 12 und einen dritten oberen Schalter 13 auf. Der erste obere Schalter 11 ist elektrisch zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der ersten Sammelschiene 51 geschaltet. Der zweite obere Schalter 12 ist elektrisch zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der zweiten Sammelschiene 52 geschaltet. Der dritte obere Schalter 13 ist elektrisch zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der dritten Sammelschiene 53 geschaltet.

Das Leistungsteil weist einen ersten unteren Schalter 21, einen zweiten unteren Schalter 22 und einen dritten unteren Schalter 23 auf. Der erste untere Schalter 21 ist elektrisch zwischen der unteren Stromschiene Uz- und der ersten Sammelschiene 51 geschaltet. Der zweite untere Schalter 22 ist elektrisch zwischen der unteren Stromschiene Uz- und der zweiten Sammelschiene 52 geschaltet. Der dritte untere Schalter 23 ist elektrisch zwischen der unteren Stromschiene Uz- und der dritten Sammelschiene 53 geschaltet.

Das Leistungsteil ist Teil eines Umrichters. Der Umrichter weist zusätzlich ein Steuermodul auf, welches hier nicht dargestellt ist. Die oberen Schalter 11, 12, 13 und die unteren Schalter 21, 22, 23 werden von dem Steuermodul derart angesteuert, dass an den Statorwicklungen 31, 32, 33 eine dreiphasige Wechselspannung anliegt. Der Umrichter liefert somit eine dreiphasige Ausgangsspannung für den Stator.

Die oberen Schalter 11, 12, 13 und die unteren Schalter 21, 22, 23 sind jeweils als Feldeffekttransistoren ausgeführt. Die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 weisen dabei jeweils einen Gate-Anschluss, einen Source-Anschluss und einen Drain-Anschluss auf. Die Gate-Anschlüsse

der Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 sind mit dem hier nicht dargestellten Steuermodul verbunden.

Das Leistungsteil weist einen Zwischenkreiskondensator C5 auf. Der Zwischenkreiskondensator C5 ist zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- angeschlossen. Vorliegend ist ein einzelner Zwischenkreiskondensator C5 dargestellt. Alternativ ist auch eine Parallelschaltung aus mehreren Zwischenkreiskondensatoren C5 denkbar.

Wechselnde Potentiale an den Phasenleitern U, V, W führen zu ungewollten parasitären Strömen, die sich auf unbestimmten Wegen schließen und so zu leitungsgebundenen Störungen führen können. Ebenfalls führen unkontrollierte leitungsgebundene Störungen, die sich über Schleifen schließen, zu abgestrahlten Störfeldern. Um die Wirkung dieser ungewollten aber nicht verhinderbaren parasitären Ströme zu minimieren und die EMV des Leistungsteils zu verbessern, ist ein niederinduktiver Pfad für den Rückschluss dieser parasitären Ströme in Richtung auf eine Schutzterdung PE vorgesehen.

Das Leistungsteil weist hierzu einen oberen Entstörkondensator C1 und einen unteren Entstörkondensator C2 auf. Der obere Entstörkondensator C1 ist elektrisch zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und einem Knotenpunkt 55 geschaltet. Der untere Entstörkondensator C2 ist elektrisch zwischen der unteren Stromschiene Uz- und dem Knotenpunkt 55 geschaltet. Der Knotenpunkt 55 ist elektrisch mit der Schutzterdung PE verbunden. Alternativ ist der Knotenpunkt 55 über einen weiteren Kondensator elektrisch mit der Schutzterdung PE verbunden. Die Entstörkondensatoren sind dabei nicht zwingend erforderlich und können daher auch entfallen.

Figur 2 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Teils eines Elektromotors. Der Stator weist ein hohlzylindrisches Statorgehäuse 4 auf, welches aus einem elektrisch leitfähigen Material gefertigt ist. Das Statorgehäuse 4 umgibt eine Drehachse D coaxial. Der hier nicht dargestellte Rotor ist um die Drehachse D relativ zu dem Stator drehbar. Die Statorwicklungen 31, 32, 33 sind in dem hohlzylindrischen Statorgehäuse 4 angeordnet.

Der Elektromotor umfasst ein hier nicht dargestelltes hohlzylindrisches Halteelement. Das Halteelement schließt in axialer Richtung an das Statorgehäuse 4 an und umgibt die Drehachse D coaxial. Das Halteelement besteht vorliegend aus einem elektrisch isolierenden Material.

Alternativ weist das Halteelement zumindest an einer der Drehachse D zugewandten Innenfläche eine elektrisch isolierende Beschichtung auf.

5 Das Halteelement dient insbesondere zur Aufnahme von Komponenten des Leistungsteils des Elektromotors. Das Halteelement ist dabei nicht zwingend erforderlich. Alternativ ist das Statorgehäuse 4 in Axialrichtung verlängert, und die besagten Komponenten des Leistungsteils sind in dem Statorgehäuse 4 aufgenommen.

10 Die obere Stromschiene Uz+ und die untere Stromschiene Uz- sind jeweils in Form einer Halbschale ausgebildet. Dabei sind die obere Stromschiene Uz+ und die untere Stromschiene Uz- in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet. Die obere Stromschiene Uz+ und die untere Stromschiene Uz- erstrecken sich annähernd vollständig um die Drehachse D herum. Zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- verbleiben lediglich verhältnismäßig kleine Spalte, welche eine elektrische Isolierung zwischen der oberen
15 Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- gewährleisten.

Das Leistungsteil weist eine Parallelschaltung aus zwei Zwischenkreiskondensatoren C5 auf. Das Leistungsteil weist vorliegend keinen Entstörkondensator auf. Die Zwischenkreiskondensatoren C5 sind jeweils an den Spalten zwischen der oberen
20 Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- angeordnet.

Die Stromschienen Uz+, Uz- liegen an einer der Drehachse D zugewandten Innenfläche des Halteelements an. Das Halteelement umgibt somit die Stromschienen Uz+, Uz- coaxial. Die Stromschienen Uz+, Uz- umgeben die Drehachse D coaxial. Die Stromschienen Uz+, Uz- sind
25 dabei in Axialrichtung versetzt den Statorwicklungen 31, 32, 33 angeordnet.

Die Stromschienen Uz+, Uz- umgeben die Sammelschienen 51, 52, 53 coaxial. Die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 sind in Radialrichtung zwischen den Stromschienen Uz+, Uz- und den Sammelschienen 51, 52, 53 angeordnet. Die Stromschienen Uz+, Uz- umgeben somit auch die
30 Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 coaxial.

Die oberen Schalter 11, 12, 13 sind in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet. Die unteren Schalter 21, 22, 23 sind ebenfalls in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet. Alle Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 sind in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet.

Die oberen Schalter 11, 12, 13 sind vorliegend jeweils als N-Kanal-MOSFET ausgeführt. Die Drain-Anschlüsse der oberen Schalter 11, 12, 13 liegen an der oberen Stromschiene Uz+ an und sind elektrisch mit der oberen Stromschiene Uz+ verbunden.

- 5 Die unteren Schalter 21, 22, 23 sind vorliegend jeweils als P-Kanal-MOSFET ausgeführt. Die Drain-Anschlüsse der unteren Schalter 21, 22, 23 liegen an der unteren Stromschiene Uz- an und sind elektrisch mit der unteren Stromschiene Uz- verbunden.

- 10 Das Leistungsteil weist eine Spanneinheit auf. Die Spanneinheit presst die erste Sammelschiene 51 in Radialrichtung nach außen gegen den ersten oberen Schalter 11 und gegen den ersten unteren Schalter 21. Die Spanneinheit presst die zweite Sammelschiene 52 in Radialrichtung nach außen gegen den zweiten oberen Schalter 12 und gegen den zweiten unteren Schalter 22. Die Spanneinheit presst die dritte Sammelschiene 53 in Radialrichtung nach außen gegen den dritten oberen Schalter 13 und gegen den dritten unteren Schalter 23.

- 15 Die Spanneinheit umfasst ein Federelement 60 und eine Federplatte 61. Die Spanneinheit umfasst ferner eine Mehrzahl von Nocken 65, welche auf der Federplatte 61 angeordnet sind. Die Federplatte 61 weist zwei Teilbereiche auf, welche relativ zueinander um eine Schwenkachse, die parallel zu der Drehachse D verläuft, schwenkbar sind. Das Federelement 20 60 ist zwischen den beiden Teilbereichen eingespannt und drückt die beiden Teilbereiche der Federplatte 61 auseinander.

- Die Nocken 65 liegen an den Sammelschienen 51, 52, 53 sowie an den Phasenleitern U, V, W an. Das Federelement 60 drückt, wie bereits erwähnt, die beiden Teilbereiche der Federplatte 25 61 auseinander, wodurch die Nocken 65 in Radialrichtung nach außen gepresst werden. Das Federelement 60 presst somit über die Federplatte 61 die Nocken 65 in Radialrichtung nach außen gegen die Sammelschienen 51, 52, 53 und gegen die Phasenleiter U, V, W.

- Die Sammelschienen 51, 52, 53 pressen dabei die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 in 30 Radialrichtung nach außen gegen die Stromschienen Uz+, Uz-. Die Drain-Anschlüsse der oberen Schalter 11, 12, 13 sind somit kraftschlüssig mit der oberen Stromschiene Uz+ verbunden, und die Drain-Anschlüsse der unteren Schalter 21, 22, 23 sind kraftschlüssig mit der unteren Stromschiene Uz- verbunden.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines radial inneren Bereichs eines Leistungsteils. Der radial innere Bereich des Leistungsteils umfasst die Sammelschienen 51, 52, 53, die Stromsensoren 41, 42, 43 und die Phasenleiter U, V, W. Die Sammelschienen 51, 52, 53 liegen an den hier nicht gezeigten Schaltern 11, 12, 13, 21, 22, 23 an.

5

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines radial äußeren Bereichs eines Leistungsteils. Der radial äußere Bereich des Leistungsteils umfasst die Stromschiene Uz+, Uz- und die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23. Die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 liegen dabei an den hier nicht gezeigten Sammelschienen 51, 52, 53 an.

10

Der radial äußere Bereich des Leistungsteils umfasst ferner zwei Zwischenkreiskondensatoren C5, welche zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- angeschlossen sind. Das Leistungsteil weist vorliegend keinen Entstörkondensator auf.

15 Figur 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines radial äußeren Bereichs eines Leistungsteils gemäß einer alternativen Ausführungsform. Der radial äußere Bereich des Leistungsteils umfasst die Stromschiene Uz+, Uz- und die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23. Die Schalter 11, 12, 13, 21, 22, 23 liegen dabei an den hier nicht gezeigten Sammelschienen 51, 52, 53 an.

20

Der radial äußere Bereich des Leistungsteils umfasst ferner zwei Zwischenkreiskondensatoren C5, welche zwischen der oberen Stromschiene Uz+ und der unteren Stromschiene Uz- angeschlossen sind. Das Leistungsteil weist zusätzlich einen oberen Entstörkondensator C1 und einen unteren Entstörkondensator C2 auf.

25

Bezugszeichenliste

	4	Statorgehäuse
	11	erster oberer Schalter
5	12	zweiter oberer Schalter
	13	dritter oberer Schalter
	21	erster unterer Schalter
	22	zweiter unterer Schalter
	23	dritter unterer Schalter
10	31	erste Statorwicklung
	32	zweite Statorwicklung
	33	dritte Statorwicklung
	35	Sternpunkt
	41	erster Stromsensor
15	42	zweiter Stromsensor
	43	dritter Stromsensor
	51	erste Sammelschiene
	52	zweite Sammelschiene
	53	dritte Sammelschiene
20	55	Knotenpunkt
	60	Federelement
	61	Federplatte
	65	Nocken
	D	Drehachse
25	Uz+	obere Stromschiene
	Uz-	untere Stromschiene
	C1	oberer Entstörkondensator
	C2	unterer Entstörkondensator
	C5	Zwischenkreiskondensator
30	U	erster Phasenleiter
	V	zweiter Phasenleiter
	W	dritter Phasenleiter
	PE	Schutzerdung

Patentansprüche:

5

1. Elektromotor, umfassend

einen Stator, welcher mindestens drei Statorwicklungen (31, 32, 33) aufweist,
einen Rotor, welcher um eine Drehachse (D) relativ zu dem Stator drehbar ist, und
ein Leistungsteil zum Ansteuern der Statorwicklungen (31, 32, 33), welches

10

eine obere Stromschiene (Uz+), an welche eine positive Spannung angelegt ist,
eine untere Stromschiene (Uz-), an welche eine negative Spannung angelegt ist,
mindestens drei Sammelschienen (51, 52, 53), welche elektrisch mit jeweils einer der
Statorwicklungen (31, 32, 33) verbunden sind,

15

mindestens drei obere Schalter (11, 12, 13), welche elektrisch zwischen der oberen
Stromschiene (Uz+) und jeweils einer der Sammelschienen (51, 52, 53) geschaltet sind, und
mindestens drei untere Schalter (21, 22, 23), welche elektrisch zwischen der unteren
Stromschiene (Uz-) und jeweils einer der Sammelschienen (51, 52, 53) geschaltet sind,
aufweist,

20

dadurch gekennzeichnet, dass

die obere Stromschiene (Uz+) und die untere Stromschiene (Uz-) in Umfangsrichtung versetzt
zueinander angeordnet sind, und dass

25

die Stromschienen (Uz+, Uz-) die Drehachse (D) und die Schalter (11, 12, 13, 21, 22, 23)
koaxial umgeben.

2. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Stromschiene (Uz+) und die untere Stromschiene (Uz-) jeweils in Form einer Halbschale ausgebildet sind.

5 3. Elektromotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromschienen (Uz+, Uz-) die Sammelschienen (51, 52, 53) koaxial umgeben.

10 4. Elektromotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalter (11, 12, 13, 21, 22, 23) in Radialrichtung zwischen den Stromschienen (Uz+, Uz-) und den Sammelschienen (51, 52, 53) angeordnet sind.

15 5. Elektromotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalter (11, 12, 13, 21, 22, 23) jeweils als Feldeffekttransistoren ausgeführt sind und jeweils einen Gate-Anschluss, einen Source-Anschluss und einen Drain-Anschluss aufweisen.

6. Elektromotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Drain-Anschlüsse der oberen Schalter (11, 12, 13) kraftschlüssig mit der oberen Stromschiene (Uz+) verbunden sind.

20 7. Elektromotor nach einem der Ansprüche 5 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Drain-Anschlüsse der unteren Schalter (21, 22, 23) kraftschlüssig mit der unteren Stromschiene (Uz-) verbunden sind.

25 8. Elektromotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Leistungsteil eine Spanneinheit aufweist, welche die Sammelschienen (51, 52, 53) in Radialrichtung nach außen gegen die Schalter (11, 12, 13, 21, 22, 23) presst.

30 9. Elektromotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spanneinheit ein Federelement (60) und eine Mehrzahl von Nocken (65) umfasst, und dass die Nocken (65) an den Sammelschienen (51, 52, 53) anliegen, und dass das Federelement (60) die Nocken (65) in Radialrichtung nach außen gegen die Sammelschienen (51, 52, 53) presst.

10. Elektromotor nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Spanneinheit die Sammelschienen (51, 52, 53) derart gegen die Schalter (11, 12, 13, 21, 22, 23) presst, dass eine kraftschlüssige Verbindung der Source-Anschlüsse der Schalter (11,12,13,21,22,23) mit den Sammelschienen (51,52,52) entsteht.

11. Elektromotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Leistungsteil mindestens drei Stromsensoren (41, 42, 43) aufweist, und dass die Stromschienen (Uz+, Uz-) die Stromsensoren (41, 42, 43) coaxial umgeben.

12. Elektromotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator ein hohlzylindrisches Statorgehäuse (4), in welchem die Statorwicklungen (31, 32, 33) angeordnet sind, aufweist, und dass die Stromschienen (Uz+, Uz-) in Axialrichtung versetzt den Statorwicklungen (31, 32, 33) angeordnet sind.

13. Elektromotor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor ein hohlzylindrisches Halteelement umfasst, welches die Drehachse (D) coaxial umgibt, und dass das Halteelement in Axialrichtung an das Statorgehäuse (4) anschließt, und dass das Halteelement die Stromschienen (Uz+, Uz-) coaxial umgibt.

14. Elektromotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromschienen (Uz+, Uz-) an einer der Drehachse (D) zugewandten Innenfläche des Halteelements anliegen, und dass das Halteelement aus einem elektrisch isolierenden Material besteht oder zumindest an der Innenfläche eine elektrisch isolierende Beschichtung aufweist.

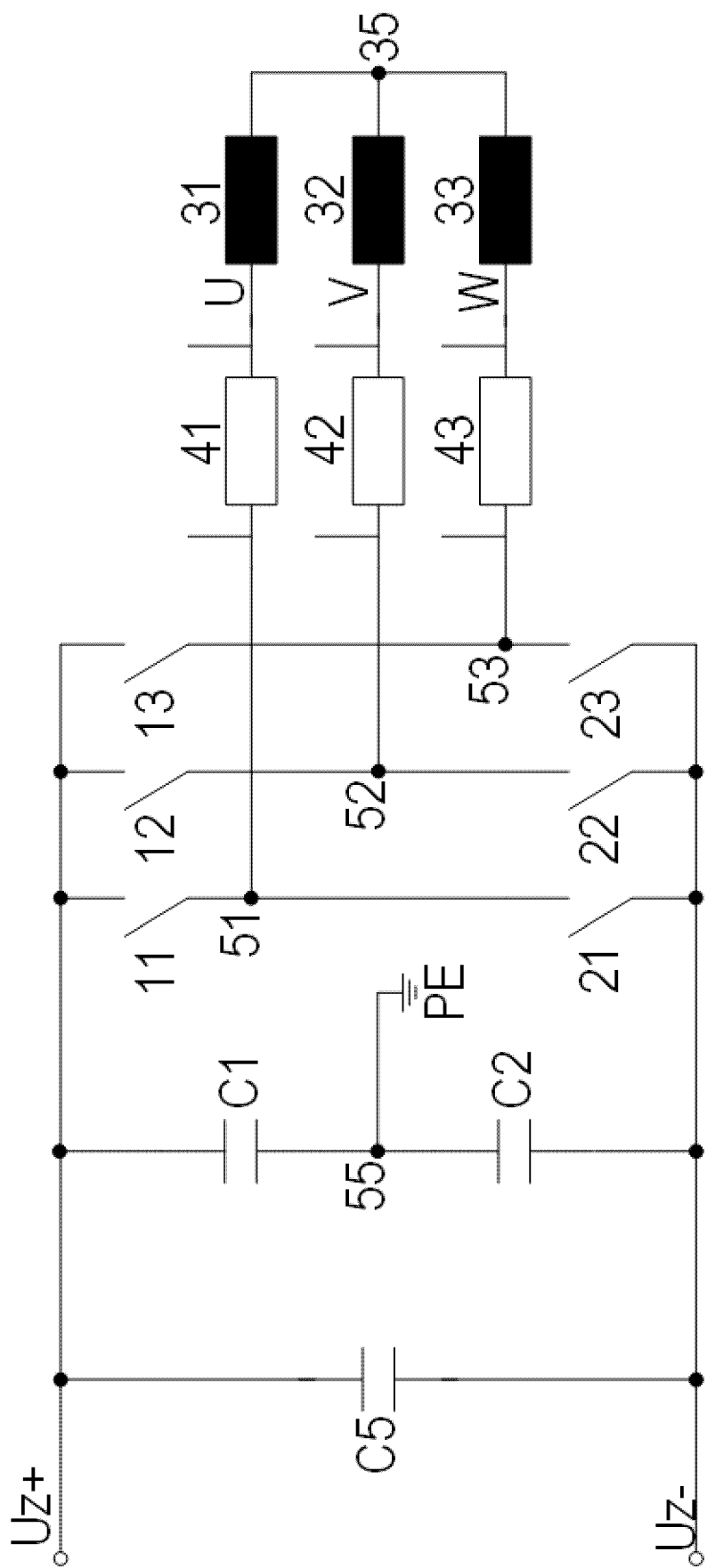


Fig. 1

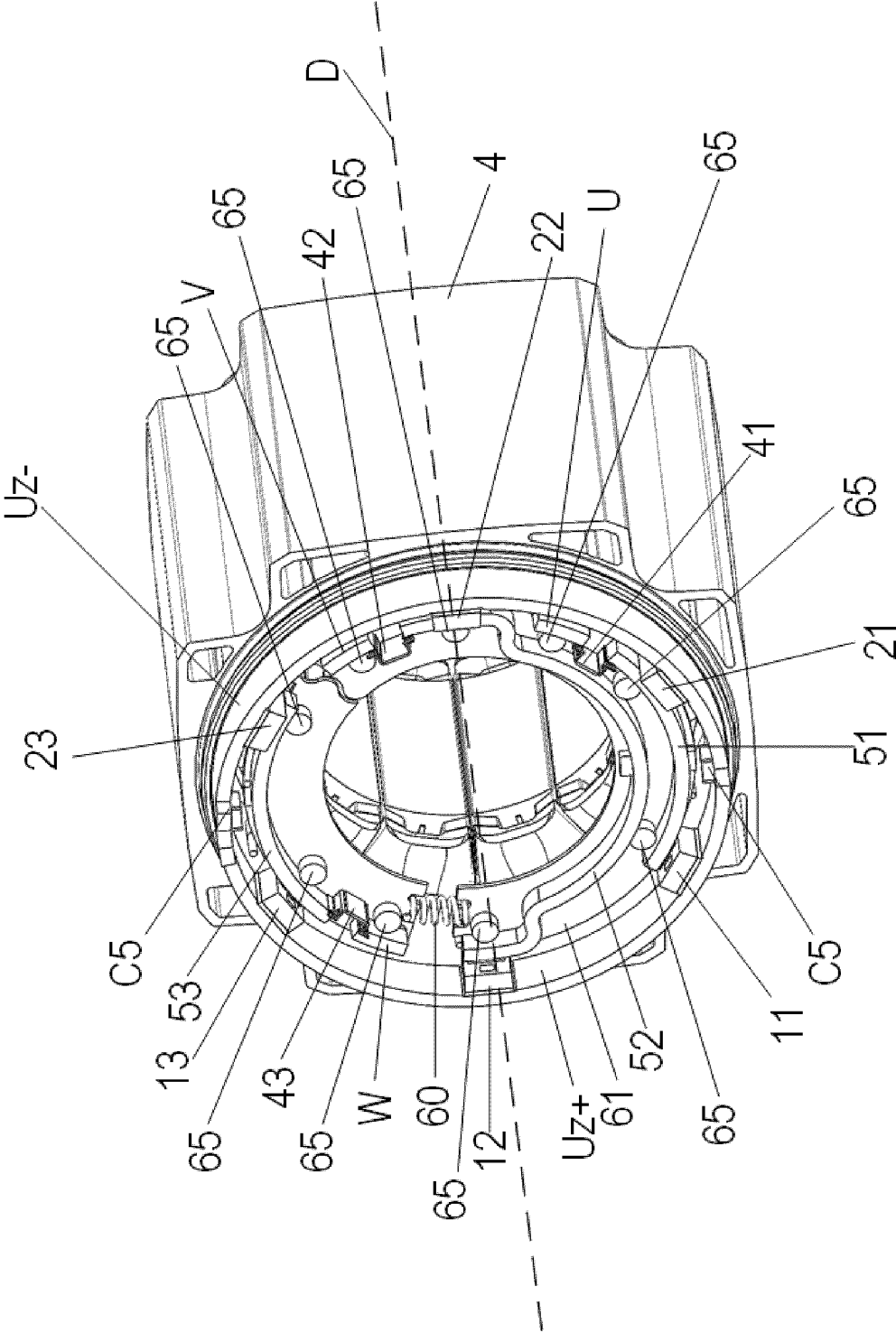


Fig. 2

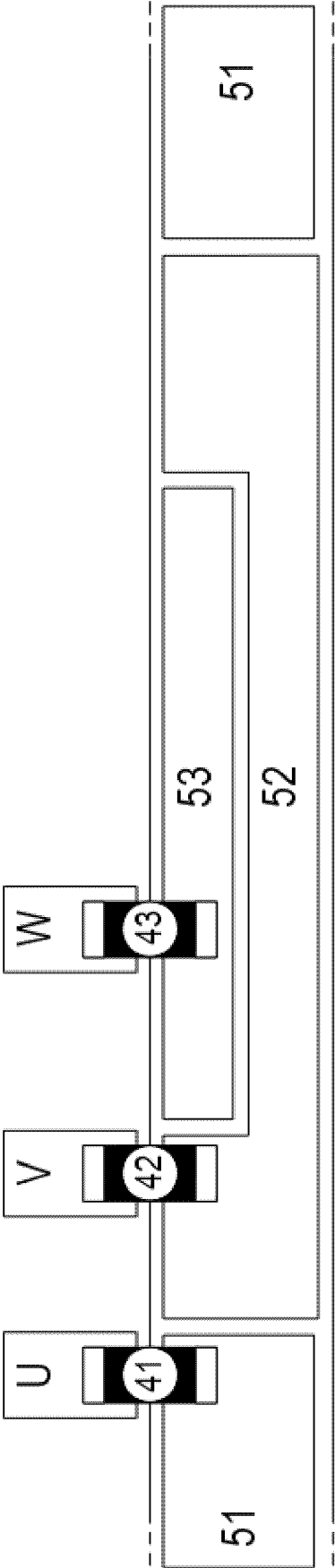


Fig. 3

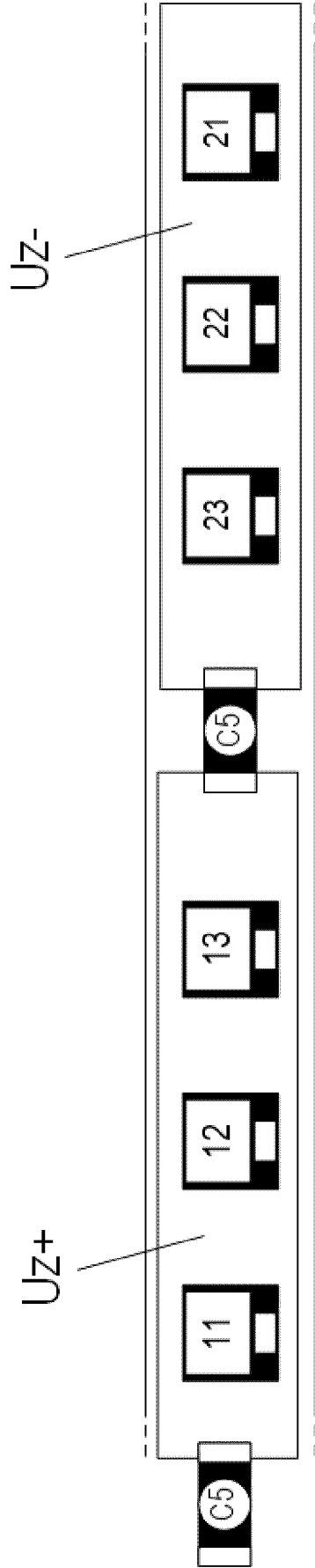


Fig. 4

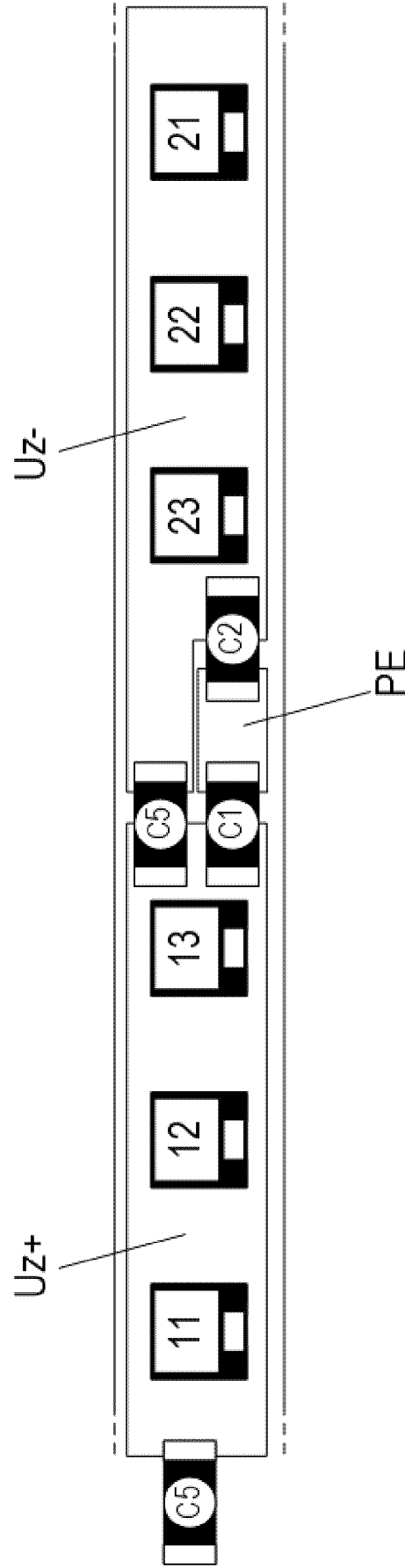


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/069371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 11/33**(2016.01)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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004124726 A1 (HANS HELMUT [DE]) 01 July 2004 (2004-07-01)	1,3-5,11-14
Y	paragraphs [0001], [0017], [0020] - paragraph [0024]; claims 12,13; figures 1,2	2
Y	US 10106189 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 23 October 2018 (2018-10-23)	2
	column 8, line 3 - line 23; figure 5	
A	US 7733651 B2 (DUNKERMOTOREN GMBH [DE]) 08 June 2010 (2010-06-08)	6-10
	column 1, line 54 - column 2, line 53; figures 1,2,4	
A	US 2005285460 A1 (KAISER BERNHARD M [DE]) 29 December 2005 (2005-12-29)	6-10
	paragraph [0017] - paragraph [0028]; figure 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

24 October 2024

Date of mailing of the international search report

06 November 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

Sedlmeyer, Rafael

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/069371

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2004124726	A1	01 July 2004	DE	10252315 A1	03 June 2004
				JP	2004166493 A	10 June 2004
				US	2004124726 A1	01 July 2004
US	10106189	B2	23 October 2018	CN	106856667 A	16 June 2017
				DE	112015006036 T5	05 October 2017
				JP	6026048 B1	16 November 2016
				JP	WO2016117144 A1	27 April 2017
				US	2017305456 A1	26 October 2017
				WO	2016117144 A1	28 July 2016
US	7733651	B2	08 June 2010	AT	E428211 T1	15 April 2009
				CN	101102658 A	09 January 2008
				EP	1876689 A1	09 January 2008
				US	2008007916 A1	10 January 2008
US	2005285460	A1	29 December 2005	DE	202004009866 U1	02 September 2004
				US	2005285460 A1	29 December 2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K11/33
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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2004/124726 A1 (HANS HELMUT [DE]) 1. Juli 2004 (2004-07-01)	1, 3 - 5, 11 - 14
Y	Absätze [0001], [0017], [0020] - Absatz [0024]; Ansprüche 12,13; Abbildungen 1,2 -----	2
Y	US 10 106 189 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 23. Oktober 2018 (2018-10-23) Spalte 8, Zeile 3 - Zeile 23; Abbildung 5 -----	2
A	US 7 733 651 B2 (DUNKERMOTOREN GMBH [DE]) 8. Juni 2010 (2010-06-08) Spalte 1, Zeile 54 - Spalte 2, Zeile 53; Abbildungen 1,2,4 -----	6 - 10
A	US 2005/285460 A1 (KAISER BERNHARD M [DE]) 29. Dezember 2005 (2005-12-29) Absatz [0017] - Absatz [0028]; Abbildung 1 -----	6 - 10

☐ 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. Oktober 2024	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 06/11/2024
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 Sedlmeyer, Rafael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/069371

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004124726 A1	01-07-2004	DE 10252315 A1	03-06-2004
		JP 2004166493 A	10-06-2004
		US 2004124726 A1	01-07-2004
US 10106189 B2	23-10-2018	CN 106856667 A	16-06-2017
		DE 112015006036 T5	05-10-2017
		JP 6026048 B1	16-11-2016
		JP WO2016117144 A1	27-04-2017
		US 2017305456 A1	26-10-2017
		WO 2016117144 A1	28-07-2016
US 7733651 B2	08-06-2010	AT E428211 T1	15-04-2009
		CN 101102658 A	09-01-2008
		EP 1876689 A1	09-01-2008
		US 2008007916 A1	10-01-2008
US 2005285460 A1	29-12-2005	DE 202004009866 U1	02-09-2004
		US 2005285460 A1	29-12-2005