

(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
8. September 2017 (08.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/148601 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/16 (2006.01) H02K 17/20 (2006.01)
H02K 17/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/050302

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Januar 2017 (09.01.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 203 568.1 4. März 2016 (04.03.2016) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **BRUNE, Andre**; Westerfeldstr. 12, 30419
Hannover (DE). **RUIZ DE LARRAMENDI, Miguel**; Alt-
Wuerttemberg-Allee 10, 71638 Ludwigsburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ASYNCHRONOUS MACHINE

(54) Bezeichnung : ASYNCHRONMASCHINE

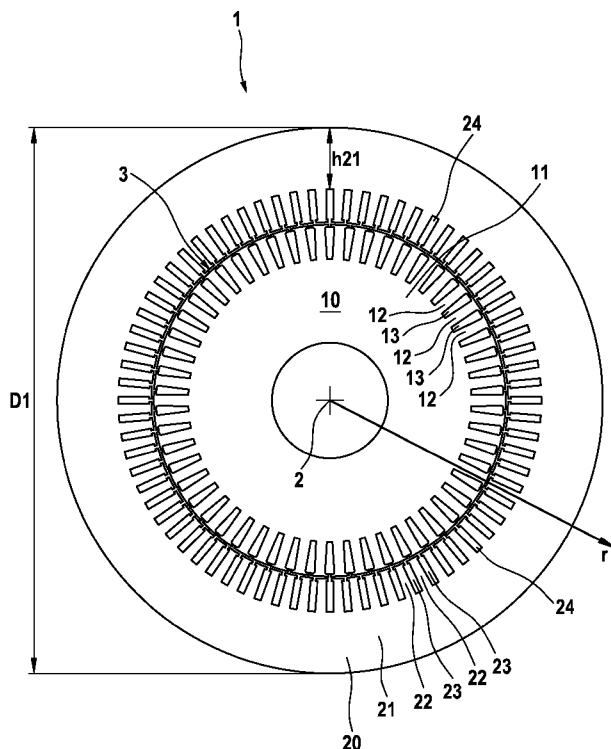


FIG. 2

(57) Abstract: For an asynchronous machine (1), in particular for use in electric vehicles or hybrid vehicles, comprising a rotor (10) and a stator (20) which surrounds the rotor (10), wherein an external stator yoke (21) with a stator yoke height (h21) is formed on the stator (20) and a large number of radially inwardly projecting stator teeth (22) of the same length are formed on the stator yoke (21), wherein a stator slot (23) is respectively formed between adjacent stator teeth (22), wherein an internal rotor yoke (11) is formed on the rotor (10) and a large number of radially outwardly projecting rotor teeth (12) of the same length are formed by the rotor yoke (11), wherein a rotor slot (13) is respectively formed between adjacent rotor teeth (12), wherein the asynchronous machine is of six-phase design, it is proposed that a total number (N1) of stator slots, which denotes the total number of stator slots (23) formed on the stator (20), is seventy-two.

(57) Zusammenfassung: Für einer Asynchronmaschine (1), insbesondere für die Verwendung in Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/148601 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

umfassend einen Rotor (10) und einen den Rotor (10) umgebenden Stator (20), wobei an dem Stator (20) ein außenliegendes Statorjoch (21) mit einer Statorjochhöhe (h_{21}) ausgebildet ist und an dem Statorjoch (21) eine Vielzahl radial nach innen abragender Statorzähne (22) gleicher Längeausgebildet sind, wobei zwischen benachbarten Statorzähnen (22) jeweils eine Statornut (23) ausgebildet ist, wobei an dem Rotor (10) ein innenliegendes Rotorjoch (11) ausgebildet ist und von dem Rotorjoch (11) eine Vielzahl radial nach außenabragender Rotorzähne (12) gleicher Längeausgebildet sind, wobei zwischen benachbarten Rotorzähnen (12) jeweils eine Rotornut (13) ausgebildet ist, wobei die Asynchronmaschine sechsphasig ausgeführt ist wird vorgeschlagen, dass eine Statornutgesamtzahl (N_1), die die Gesamtanzahl der an dem Stator (20) ausgebildeten Statornuten (23) bezeichnet, zweiundsiebzig beträgt.

Beschreibung

5

Titel

Asynchronmaschine

Stand der Technik

10

Die Erfindung betrifft eine Asynchronmaschine, insbesondere für die Verwendung in Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 1.

15 In vielen Bereichen der Technik, beispielsweise für Elektro- oder Hybridfahrzeuge oder für Züge, werden Asynchronmaschinen verwendet. Die Asynchronmaschinen können dabei entweder als Motor oder als Generator wirken.

Asynchronmaschinen, auch als Induktionsmaschinen bezeichnet, weisen als wesentliche
20 Baukomponenten einen Stator und einen Rotor auf. Ähnlich wie bei anderen elektrischen Maschinen sind im Stator Wicklungen untergebracht, durch die im Stator ein drehendes magnetisches Feld erzeugt wird, welches mit der Synchronzahl entlang des Bohrungsumfanges umläuft. Der Rotor kann Stäbe umfassen, welche durch zwei Kurzschlussringe leitfähig zu einem Käfig verbunden sind. Durch das drehende
25 magnetische Feld werden in dem leitfähigen Käfig Wechselströme induziert. Durch die Interaktion des rotierenden magnetischen Feldes des Stators und des im Rotor induzierten magnetischen Feldes entsteht ein Drehmoment.

Beispiele für Asynchronmaschinen, die teilweise auch als Induktionsmotor bezeichnet
30 werden, finden sich beispielsweise in der WO 2014/090440 A2.

Zum Betreiben von Asynchronmaschinen werden Inverter, auch Umrichter oder Pulswechselrichter genannt, verwendet, die Phasenströme für die Asynchronmaschine bereitstellen. Die Leistung der Inverter ist zum einen durch die maximale Sperrspannung
35 der Leistungshalbleiter und zum anderen durch die maximal zulässigen Ströme der Leistungshalbleiter begrenzt. Damit ist die Stromtragfähigkeit der Leitermodule der

limitierende Faktor für die übertragbare Leistung. Eine Steigerung der Leistung ist durch Verwendung mehrerer Module möglich, was sich beispielsweise durch eine Erhöhung der Phasenzahl gegenüber dreiphasigen Invertern und Motorvarianten realisieren lässt. Das grundlegende Design des Inverters bleibt dabei erhalten es ändert sich im Wesentlichen die Anzahl der Halbleitermodule. Beispielsweise kann die Leistung bei der Erhöhung einer dreiphasigen Designvariante auf eine sechsphasige Designvariante der Asynchronmaschine theoretisch verdoppelt werden. Bei der Erhöhung der Phasenzahl müssen im Hinblick auf die Optimierung der Leistung, der thermischen Eigenschaften, der Geräuschentwicklung und der Drehmomentwelligkeit der Asynchronmaschine neue Maschinentopologien entwickelt werden.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird eine Asynchronmaschine, insbesondere für die Verwendung in Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen, vorgeschlagen. Die Asynchronmaschine umfasst einen Rotor und einen den Rotor umgebenden Stator, wobei an dem Stator ein außenliegendes Statorjoch mit einer Statorjochhöhe ausgebildet ist und an dem Statorjoch eine Vielzahl radial nach innen abragender Statorzähne gleicher Länge ausgebildet sind, wobei zwischen benachbarten Statorzähnen jeweils eine Statornut ausgebildet ist, wobei an dem Rotor ein innenliegendes Rotorjoch ausgebildet ist und von dem Rotorjoch eine Vielzahl radial nach außen abragender Rotorzähne gleicher Länge ausgebildet sind, wobei zwischen benachbarten Rotorzähnen jeweils eine Rotornut ausgebildet ist. Die Asynchronmaschine ist sechsphasig ausgeführt. Erfindungsgemäß beträgt eine Statornutgesamtzahl, die die Gesamtanzahl der an dem Stator ausgebildeten Statornuten bezeichnet, zweiundsiebzig.

Vorteile der Erfindung

Gegenüber dem Stand der Technik weist die Asynchronmaschine mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs den Vorteil auf, dass sie durch die Kombination aus sechsphasiger Ausführung der Asynchronmaschine und einer Statornutgesamtzahl von zweiundsiebzig eine vorteilhaft hohe Leistung und ein vorteilhaft hohes Drehmoment besitzt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindungen werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale ermöglicht.

- In einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel beträgt der Quotient aus der Statorjochhöhe und einer Statorlochzahl zwischen 3,5 Millimeter und 4,5 Millimeter, wobei die Statorlochzahl die Anzahl an Statornuten je Pol und Phase der Asynchronmaschine bezeichnet. Durch diese vorteilhaften Größenverhältnisse wird das Drehmoment und die Leistung der Asynchronmaschine vorteilhaft vergrößert.
- 5
- Beträgt der Quotient aus der Statorjochhöhe und einer Rotorlochzahl zwischen 4,0 Millimeter und 5,0 Millimeter, wobei die Rotorlochzahl die Anzahl an Rotornuten je Pol und Phase der Asynchronmaschine bezeichnet, so ergibt sich eine besonders vorteilhafte Geometrie, durch die das Drehmoment und Leistung der Asynchronmaschine weiter vergrößert wird.
- 10
- Besonders vorteilhaft beträgt der Quotient aus der Statorjochhöhe und dem Produkt aus Statorlochzahl und einer mittleren Breite des Statorzahns zwischen 0,8 und 1,2, insbesondere zwischen 0,9 und 1,1. Dies hat den Vorteil, dass sich eine derartig gestaltete Asynchronmaschine durch besonders hohe Leistung und ein besonders hohes Drehmoment auszeichnet.
- 15
- Es erweist sich darüber hinaus als besonders vorteilhaft, wenn der Quotient aus der Statorjochhöhe und dem Produkt aus Rotorlochzahl und einer mittleren Breite des Rotorzahns zwischen 0,8 und 1,2, insbesondere zwischen 0,9 und 1,1 beträgt. Dies führt vorteilhaft zu einer weiteren Erhöhung der Leistung des Drehmoments der Asynchronmaschine.
- 20
- Vorteilhaft umfasst die sechsphasige Asynchronmaschine zwei Dreiphasensysteme, die elektrisch um dreißig Grad gegeneinander phasenverschoben sind. Somit wird die Leistung und das Drehmoment der Asynchronmaschine weiter erhöht und das Sechsphasensystem kann vorteilhaft einfach aus zwei Dreiphasensystemen kombiniert werden.
- 30
- In einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel beträgt eine Rotornutgesamtzahl zweiundfünfzig bis achtundfünfzig, insbesondere vierundfünfzig. Eine solche Rotornutgesamtzahl vermindert vorteilhaft parasitäre Effekte wie beispielsweise
- 35

elektromagnetisch angeregte Geräusche oder elektromagnetisch angeregte Drehmomentschwankungen.

Es erweist sich als besonders vorteilhaft, wenn die Asynchronmaschine eine Polpaarzahl von drei aufweist. Eine derart ausgeführte Asynchronmaschine zeichnet sich durch vorteilhaft minimierte parasitäre Effekte wie beispielsweise elektromagnetisch angeregte Geräusche oder elektromagnetisch angeregte Drehmomentschwankungen aus. Des Weiteren kann der Stator durch eine Polpaarzahl von drei im Vergleich zu einer Asynchronmaschine mit geringerer Polpaarzahl aufgrund geringerer Jochsättigung innerhalb des Statorjochs vorteilhaft kleiner dimensioniert werden wodurch auch das Gesamtgewicht der Asynchronmaschine vorteilhaft reduziert werden kann und auch eine vorteilhaft höhere Gesamtdrehzahl erreicht werden kann.

In einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel beträgt ein Außendurchmesser des Stators zwischen zweihundertzehn Millimeter und zweihundertdreißig Millimeter, insbesondere zwischen zweihundertfünfzehn Millimeter und zweihundertfünfundzwanzig Millimeter, vorzugsweise insbesondere zwischen zweihundertachtzehn Millimeter und zweihundertzweiundzwanzig Millimeter. Ein derart bemessener Außendurchmesser des Stators optimiert die elektrische Maschine vorteilhaft bezüglich Erhöhung des Drehmoments und Verringerung von parasitären Effekten wie elektromagnetisch angeregte Gehäuse oder elektromagnetisch angeregte Drehmomentschwankungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

25

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Asynchronmaschine,

Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Asynchronmaschine,

Fig. 3 einen vergrößerten schematischen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Asynchronmaschine,

Fig. 4 einen weiter vergrößerten schematischen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Asynchronmaschine,

Fig. 5 einen Ausschnitt aus einem schematischen Zonenplan der Wicklungsstränge des Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Asynchronmaschine.

5 Ausführungsformen der Erfindung

Die erfindungsgemäße Asynchronmaschine kann vielfältige Anwendung finden, beispielsweise kann sie für die Verwendung in Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen vorgesehen sein, wo sie beispielsweise in Verbindung mit auch als Umrichter oder Puls-
10 Wechselrichter bezeichneten Invertern im Motor- oder Generatorbetrieb betrieben werden kann.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Asynchronmaschine 1. Die Asynchronmaschine 1 umfasst einen
15 Rotor 10 und einen den Rotor 10 umgebenden Stator 20. Der Rotor 10 ist somit innerhalb des Stators 20 angeordnet und beispielsweise um eine Achse 2 drehbar. Der Rotor 10 und der Stator 20 weisen beispielsweise eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. In diesem Ausführungsbeispiel ist zwischen dem Stator 20 und dem Rotor 10 ein Spalt 3 ausgebildet, so dass sich der Rotor 10 und der Stator 20 bei Rotation des Rotors 10 nicht
20 berühren. In Fig. 1 ist weiterhin eine axiale Richtung a dargestellt, die anhand eines Richtungspfeils dargestellt ist, der einer Achse entspricht, um die sich der Rotor 10 bei Betrieb der Asynchronmaschine 1 dreht. Des Weiteren ist in Fig. 1 eine radiale Richtung r dargestellt, die senkrecht zu der axialen Richtung a steht.

25 Fig. 2 zeigt einen schematischen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 in einer Ebene senkrecht zur axialen Richtung a der Asynchronmaschine 1 durch den Rotor 10 und den Stator 20 der Asynchronmaschine 1. Fig. 3 und Fig. 4 zeigen vergrößerte Ausschnitte des Querschnitts aus Fig. 2.

30 Der Stator 20 weist ein in radialer Richtung r außenliegendes Statorjoch 21 auf. Das Statorjoch 21 ist beispielsweise zylinderförmig ausgebildet und in dem in Fig. 2 dargestellten Querschnitt somit ringförmig dargestellt. Die Abmessung des Statorjochs 21 in radialer Richtung r wird als Statorjochhöhe h_{21} bezeichnet. Weiterhin weist der Stator 20 eine Vielzahl von Statorzähnen 22 auf. Die Statorzähne 22 sind an dem Statorjoch 21
35 ausgebildet und ragen von dem Statorjoch 21 radial nach innen ab. Die Statorzähne 22 weisen beispielsweise alle die gleiche Länge auf und weisen in diesem

Ausführungsbeispiel auch gleiche Form und gleiche Abmessungen auf und sind auch symmetrisch ausgebildet. Zwischen benachbarten Statorzähnen 22 ist jeweils eine Statornut 23 ausgebildet. In diesem Ausführungsbeispiel weisen auch alle Statornuten 23 eine gleiche Form und gleiche Abmessungen auf. Jeder Statorzahn 22 weist eine mittlere Breite B22 auf (Fig.4). Die mittlere Breite B22 bezeichnet die Breite eines Statorzahns 22 senkrecht zur radialen Richtung r auf halber Höhe h22 des Statorzahns 22 (Fig.4). In diesem Ausführungsbeispiel weisen beispielsweise alle an dem Stator 20 ausgebildeten Statorzähne 22 die gleiche mittlere Breite B22 auf. Das Statorjoch 21 umläuft die Statorzähne 22 und die Statornuten 23 in Umfangsrichtung. Die Gesamtzahl der an dem Stator 20 ausgebildeten Statornuten 23 wird durch eine Statornutgesamtzahl N1 bezeichnet. Die Statornutgesamtzahl N1 des Stators 20 der Asynchronmaschine 1 dieses Ausführungsbeispiels beträgt zweiundsiebzig. Entsprechend beträgt in diesem Ausführungsbeispiel auch die Anzahl der die Statornuten 23 begrenzenden Statorzähne 22, zweiundsiebzig.

Um jeden der Statorzähne 22 ist eine Vielzahl an Statorspulenelementen 24 angeordnet. Die Statorspulenelemente 24 sind beispielsweise aus Kupfer gefertigt, können aber auch aus anderen elektrisch gut leitenden Materialien, wie beispielsweise Aluminium gefertigt sein und bilden Wicklungsstränge. Durch den durch die Wicklungsstränge geführten Strom wird das sich drehende Magnetfeld erzeugt.

Der Stator 20 kann beispielsweise eine Vielzahl an in der axialen Richtung a übereinander gestapelten Blechlamellen umfassen. Die Blechlamellen können beispielsweise im Wesentlichen aus einem magnetisierbaren, vorzugsweise ferromagnetischen Material wie zum Beispiel Eisen bestehen und können gegeneinander elektrisch isoliert sein. Die einzelnen Lamellen können beispielsweise gestanzt sein und die zwischen benachbarten Statorzähnen 22 ausgebildeten Statornuten 23 können beispielsweise als Ausstanzungen in den Lamellen ausgebildet sein. Der Stator 20 weist einen Außendurchmesser D1 auf. Der Außendurchmesser D1 beträgt in diesem Ausführungsbeispiel zweihundertzwanzig Millimeter.

Die Asynchronmaschine 1 ist sechsphasig ausgeführt. In diesem Ausführungsbeispiel umfasst die sechsphasig ausgeführte Asynchronmaschine 1 zwei Dreiphasensysteme, die elektrisch um dreißig Grad gegeneinander phasenverschoben sind.

35

Die Asynchronmaschine 1 ist in diesem Ausführungsbeispiel derart ausgebildet und angesteuert, dass sie eine Polpaarzahl p von 3 aufweist. Die Polpaarzahl p ist die Anzahl der Paare von magnetischen Polen des rotierenden Gesamtmagnetfeldes innerhalb der Asynchronmaschine 1, wobei sich ein Paar von magnetischen Polen aus einem magnetischen Nordpol und einem magnetischen Südpol zusammensetzt. Bei einer minimalen Polpaarzahl p von eins weist die Asynchronmaschine 1 lediglich ein Polpaar, also einen magnetischen Nordpol und einen magnetischen Südpol auf. Bei einer Umpolung des vom Stator 20 bewirkten Magnetfeldes dreht sich der Rotor um einhundertachtzig Grad. In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 beträgt die Polpaarzahl p der Asynchronmaschine 1 drei. Entsprechend weist das rotierende Magnetfeld in diesem Ausführungsbeispiel drei Polpaare, also 3 magnetische Nordpole und 3 magnetische Südpole auf. Bei einer Umpolung des vom Stator 20 bewirkten rotierenden Magnetfeldes dreht sich in diesem Ausführungsbeispiel der Rotor 10 also um sechzig Grad. Hierzu werden jeweils mehrere der beispielsweise parallel zu der Achse 2 verlaufenden und in den Statornuten 23 angeordneten Statorspulenelemente 25 in gleicher und/oder entgegengesetzter Richtung bestromt. Das von den Statorspulenelementen 24 erzeugte Magnetfeld wird hauptsächlich in dem Statorjoch 21 und den Statorzähnen 22 gebündelt und von dem Stator 20 dann auf den Rotor 10 insbesondere auf dessen Rotorzähne 12 und dessen Rotorjoch 11 übertragen.

Fig. 5 zeigt einen schematischen Zonenplan der die Statorspulenelemente 24 bildenden Wicklungsstränge der einer sechsphasigen Wicklung mit zwei Dreiphasensystemen. Dieser Zonenplan kann sich beispielsweise auch mehrmals wiederholen. In diesem Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 mit einer Polpaarzahl p von drei und einer Statornutgesamtzahl N_1 von zweiundsiebzig ist der in Fig. 4 dargestellte Zonenplan den Stator 20 umlaufend beispielsweise dreimal hintereinander angeordnet. Somit bildet der in Fig. 5 dargestellte schematische Zonenplan der Wicklungsstränge in diesem Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 einen Winkel von einhundertzwanzig Grad des Stators 20. U_1, W_1, V_1 bezeichnen die Wicklungsstränge eines ersten 3 Phasensystems, U_2, W_2, V_2 bezeichnen die Wicklungsstränge eines zweiten Dreiphasensystems. Die Wicklungsstränge sind beispielsweise zumindest teilweise in den Statornuten 23 zwischen den Statorzähnen 22 des Stators 20 angeordnet. Die Vorzeichen + und – bezeichnen die Richtung, in der ein Wicklungsstrang von Strom durchflossen wird, wobei + und – entgegengesetzte Richtungen angeben. Die Wicklungsstränge U_1, W_1, V_1 werden beispielsweise von einem mit der

Asynchronmaschine 1 verbundenem und den Figuren nicht dargestellten ersten Inverter angesteuert und bilden somit das erste Dreiphasensystem. Die Wicklungsstränge U2, W2, V3 werden beispielsweise von einem mit der Asynchronmaschine 1 verbundenem und den Figuren nicht dargestellten zweiten Inverter angesteuert und bilden somit das zweite
5 Dreiphasensystem. Durch entsprechende Ansteuerung der jeweils drei Inverterphasen des ersten Inverters und des zweiten Inverters werden die drei Grundschwingungen des ersten Dreiphasensystems und die zweiten drei Grundschwingungen des zweiten Dreiphasensystems beispielsweise jeweils als symmetrisches Dreiphasensystem betrieben, so dass die einzelnen Phasen eines Dreiphasensystems gegeneinander
10 beispielsweise um einhundertzwanzig Grad elektrisch phasenverschoben sind. Die zwei Dreiphasensysteme sind in diesem Ausführungsbeispiel um dreißig Grad elektrisch gegeneinander phasenverschoben und bilden zusammen ein Sechphasensystem. In diesem Ausführungsbeispiel ist U2 gegenüber U1 um dreißig Grad elektrisch phasenverschoben, W2 ist gegenüber W1 um dreißig Grad elektrisch phasenverschoben
15 und V2 ist gegenüber V1 um dreißig Grad elektrisch phasenverschoben. Räumlich sind in diesem Ausführungsbeispiel die jeweils zueinander gehörigen Wicklungsstränge der beiden Dreiphasensysteme räumlich zehn Grad zueinander versetzt angeordnet. Somit ist beispielsweise ein Wicklungsstrang U1 gegenüber einem Wicklungsstrang U2 räumlich um zehn Grad versetzt angeordnet.

20

In der vorliegenden Anmeldung bezeichnet eine Statorlochzahl q_1 die Anzahl an Statornuten 23 je Pol und Phase der Asynchronmaschine 1. Die Anzahl der Pole entspricht dabei der doppelten Polpaarzahl p . In diesem Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 beträgt die Polpaarzahl p drei und damit die Anzahl an Polen
25 sechs. Mit einer Anzahl an Phasen von sechs und einer Statornutgesamtzahl N_1 von zweiundsiebzig ergibt sich somit für diese Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 eine Statorlochzahl q_1 von zwei. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt der Quotient aus der Statorjochhöhe h_{21} und der Statorlochzahl q_1 zwischen 3,5 Millimeter und 4,5 Millimeter. Des Weiteren beträgt der Quotient aus der Statorjochhöhe h_{21} und dem
30 Produkt aus der Statorlochzahl q_1 und der mittleren Breite B_{22} des Statorzahns 22 in diesem Ausführungsbeispiel zwischen 0,8 und 1,2. In der vorliegenden Anmeldung sind alle Abmessungen wie beispielsweise die Statorjochhöhe h_{21} , die mittlere Breite B_{12} des Rotorzahns 12, die mittlere Breite B_{22} des Statorzahns 22 oder auch der Außendurchmesser D_1 des Stators 20 in Millimetern gemessen und angegeben und die
35 aus den Abmessungen berechneten Größen und Verhältnisse aus den Werten der Abmessungen in Millimeter berechnet.

Im Inneren des Stators 20 ist der Rotor 10 angeordnet, der relativ zum Stator 20 um die Achse 2 drehbar gelagert ist. Wie auch der Stator 20 kann der Rotor 10 beispielsweise eine Vielzahl an in der axialen Richtung a übereinander gestapelten Blechlamellen umfassen. Des Weiteren kann der Rotor 10 zumindest teilweise in den Rotornuten 13 angeordnete elektrisch leitfähige Stäbe umfassen, die durch zwei in den Figuren nicht dargestellte Kurzschlussringe an ihren Enden elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Wie in Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt ist an dem Rotor 10 ein innenliegendes Rotorjoch 11 ausgebildet. Das Rotorjoch 11 ist beispielsweise zylinderförmig und in dem in Fig. 1 dargestellten Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung somit ringförmig dargestellt. An dem Rotorjoch 11 ist eine Vielzahl radial nach außen abragender Rotorzähne 12 ausgebildet. Die Rotorzähne 12 haben in diesem Ausführungsbeispiel gleiche Länge und zwischen benachbarten Rotorzähnen 12 ist in diesem Ausführungsbeispiel jeweils eine Rotornut 13 ausgebildet. Ein Rotorzahn 12 weist eine mittlere Breite B_{12} auf. Die mittlere Breite B_{12} bezeichnet die Breite eines Rotorzahns 12 senkrecht zur radialen Richtung r auf halber Höhe h_{12} des Rotorzahns 12 (Fig.4).

Die Gesamtzahl der an dem Rotor 10 ausgebildeten Rotornuten 13 wird durch eine Rotornutgesamtzahl N_2 bezeichnet. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt die Rotornutgesamtzahl N_2 vierundfünfzig. Die Rotorlochzahl q_2 bezeichnet in der vorliegenden Anmeldung die Anzahl der Rotornuten 13 je Pol und Phase der Asynchronmaschine 1. Die Anzahl der Pole entspricht dabei der doppelten Polpaarzahl p . In diesem Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 beträgt die Polpaarzahl p drei und damit die Anzahl an Polen sechs. Mit einer Anzahl an Phasen von sechs und einer Rotornutgesamtzahl N_2 von vierundfünfzig ergibt sich somit für dieses Ausführungsbeispiel der Asynchronmaschine 1 eine Rotorlochzahl q_2 von 1,5. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt der Quotient aus Statorjochhöhe h_{21} und Rotorlochzahl q_2 zwischen 4,0 Millimeter und 5,0 Millimeter.

Weiterhin beträgt der Quotient aus der Statorjochhöhe h_{21} und dem Produkt aus der Rotorlochzahl q_2 und der mittleren Breite B_{12} des Rotorzahns 12 in diesem Ausführungsbeispiel zwischen 0,8 und 1,2, insbesondere zwischen 0,9 und 1,1. In der vorliegenden Anmeldung sind alle Abmessungen wie beispielsweise die Statorjochhöhe h_{21} , die mittlere Breite B_{12} des Rotorzahns 12, die mittlere Breite B_{22} des Statorzahns 22 oder auch der Außendurchmesser D_1 des Stators 20 in Millimetern gemessen und

angegeben und die aus den Abmessungen berechneten Größen und Verhältnisse aus den Werten der Abmessungen in Millimeter berechnet.

Selbstverständlich sind auch weitere Ausführungsbeispiele und Mischformen der
5 dargestellten Ausführungsbeispiele möglich.

Ansprüche

1. Asynchronmaschine (1), insbesondere für die Verwendung in Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen, umfassend einen Rotor (10) und einen den Rotor (10) umgebenden
5 Stator (20),
wobei an dem Stator (20) ein außenliegendes Statorjoch (21) mit einer Statorjochhöhe (h21) ausgebildet ist und an dem Statorjoch (21) eine Vielzahl radial nach innen abragender Statorzähne (22) gleicher Länge ausgebildet sind, wobei zwischen benachbarten Statorzähnen (22) jeweils eine Statornut (23) ausgebildet ist,
10 wobei an dem Rotor (10) ein innenliegendes Rotorjoch (11) ausgebildet ist und von dem Rotorjoch (11) eine Vielzahl radial nach außen abragender Rotorzähne (12) gleicher Länge ausgebildet sind, wobei zwischen benachbarten Rotorzähnen (12) jeweils eine Rotornut (13) ausgebildet ist, wobei die Asynchronmaschine sechsphasig ausgeführt ist **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Statornutgesamtzahl (N1), die die Gesamtanzahl
15 der an dem Stator (20) ausgebildeten Statornuten (23) bezeichnet, zweiundsiebzig beträgt.
2. Asynchronmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Quotient aus der Statorjochhöhe (h21) und einer Statorlochzahl (q1) zwischen 3,5 Millimeter und 4,5
20 Millimeter beträgt, wobei die Statorlochzahl (q1) die Anzahl an Statornuten (23) je Pol und Phase der Asynchronmaschine (1) bezeichnet.
3. Asynchronmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quotient aus der Statorjochhöhe (h21) und einer Rotorlochzahl (q2) zwischen 4,0 Millimeter und 5,0 Millimeter beträgt, wobei die Rotorlochzahl (q2) die
25 Anzahl an Rotornuten (13) je Pol und Phase der Asynchronmaschine (1) bezeichnet.
4. Asynchronmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quotient aus der Statorjochhöhe (h21) und dem Produkt aus
30 Statorlochzahl (q1) und einer mittleren Breite (B22) des Statorzahns (22) zwischen 0,8 und 1,2, insbesondere zwischen 0,9 und 1,1 beträgt.
5. Asynchronmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quotient aus der Statorjochhöhe (h21) und dem Produkt aus
35 Rotorlochzahl (q2) und einer mittleren Breite (B12) des Rotorzahns (12) zwischen 0,8 und 1,2, insbesondere zwischen 0,9 und 1,1 beträgt.

6. Asynchronmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die sechsphasige Asynchronmaschine (1) zwei Dreiphasensysteme umfasst, die um dreißig Grad gegeneinander phasenverschoben sind.

5

7. Asynchronmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rotornutgesamtzahl (N2) zweiundfünfzig bis achtundfünfzig, insbesondere vierundfünfzig beträgt.

10 8. Asynchronmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Asynchronmaschine (1) eine Polpaarzahl p von drei aufweist.

15 9. Asynchronmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Außendurchmesser (D1) des Stators (20) zwischen zweihundertzehn Millimetern und zweihundertdreißig Millimetern, insbesondere zwischen zweihundertfünfzehn Millimetern und zweihundertfünfundzwanzig Millimetern, vorzugsweise insbesondere zwischen zweihundertachtzehn Millimetern und zweihundertzweiundzwanzig Millimeter beträgt.

20

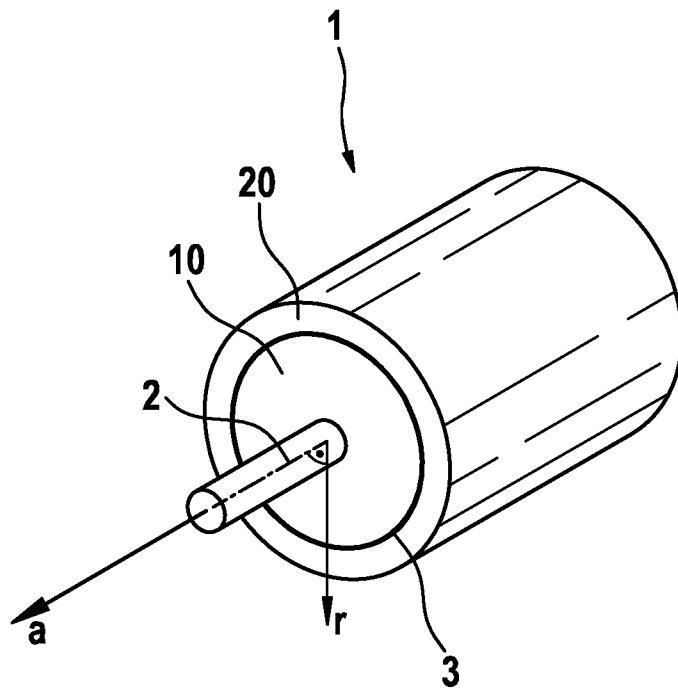


FIG. 1

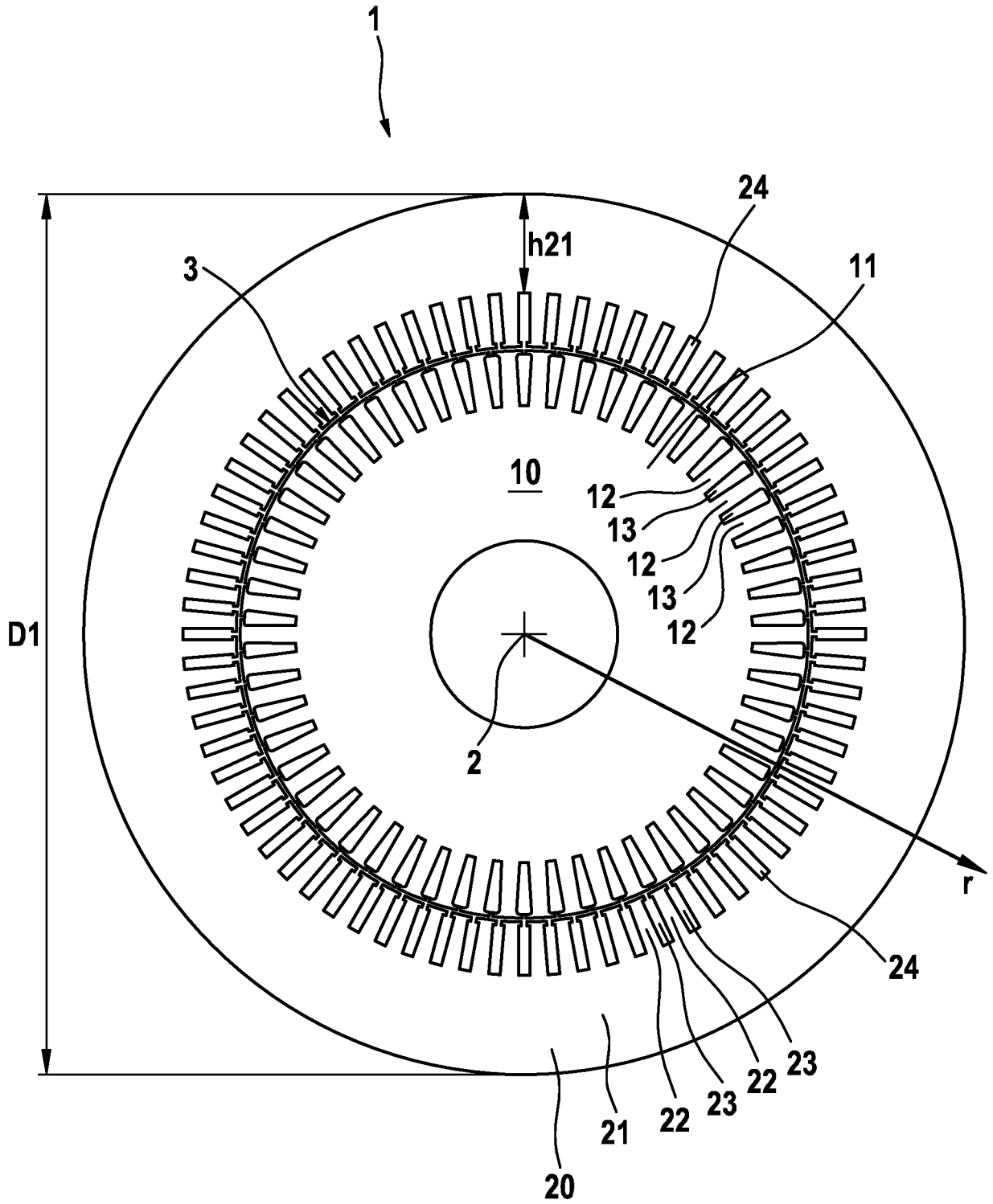


FIG. 2

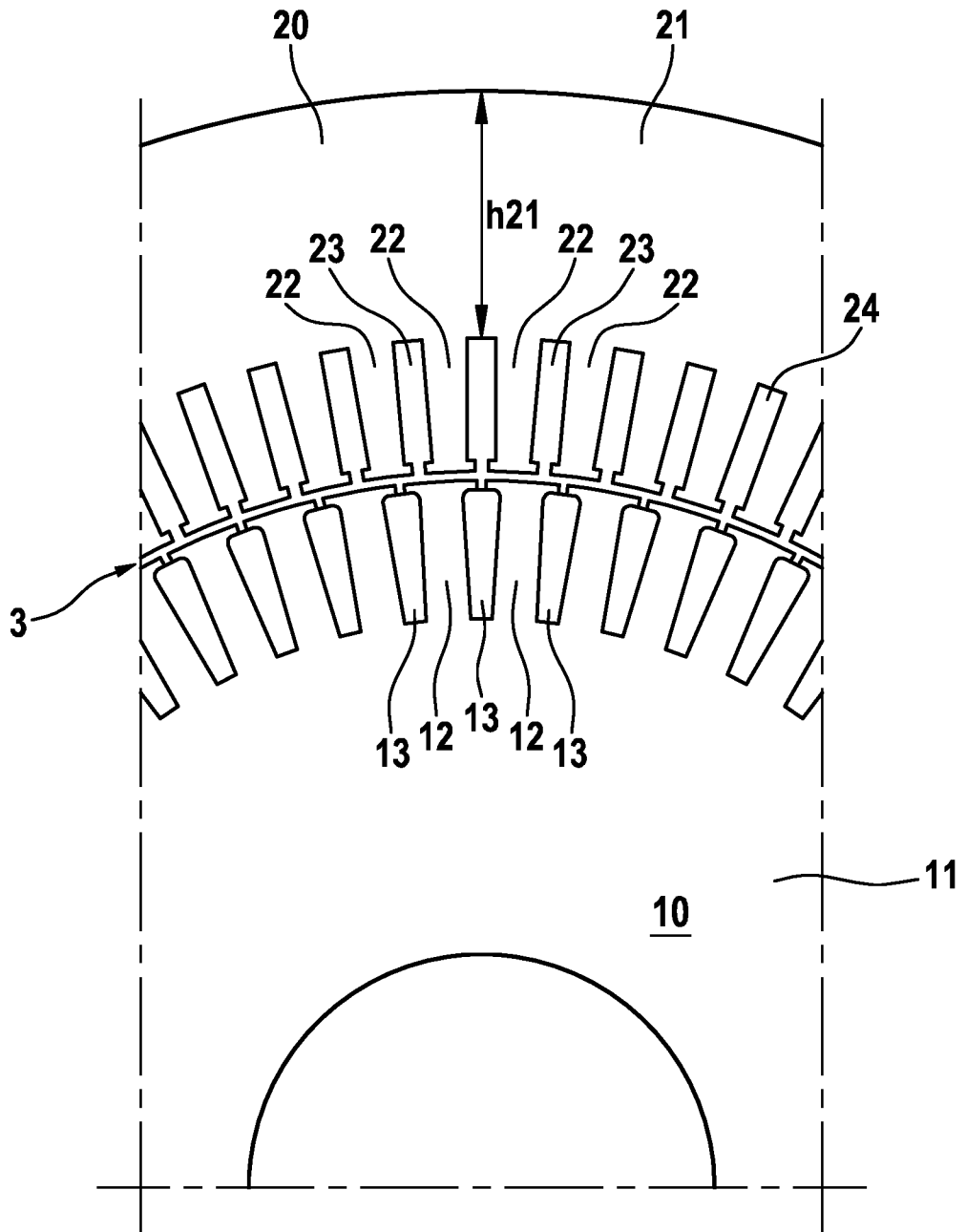


FIG. 3

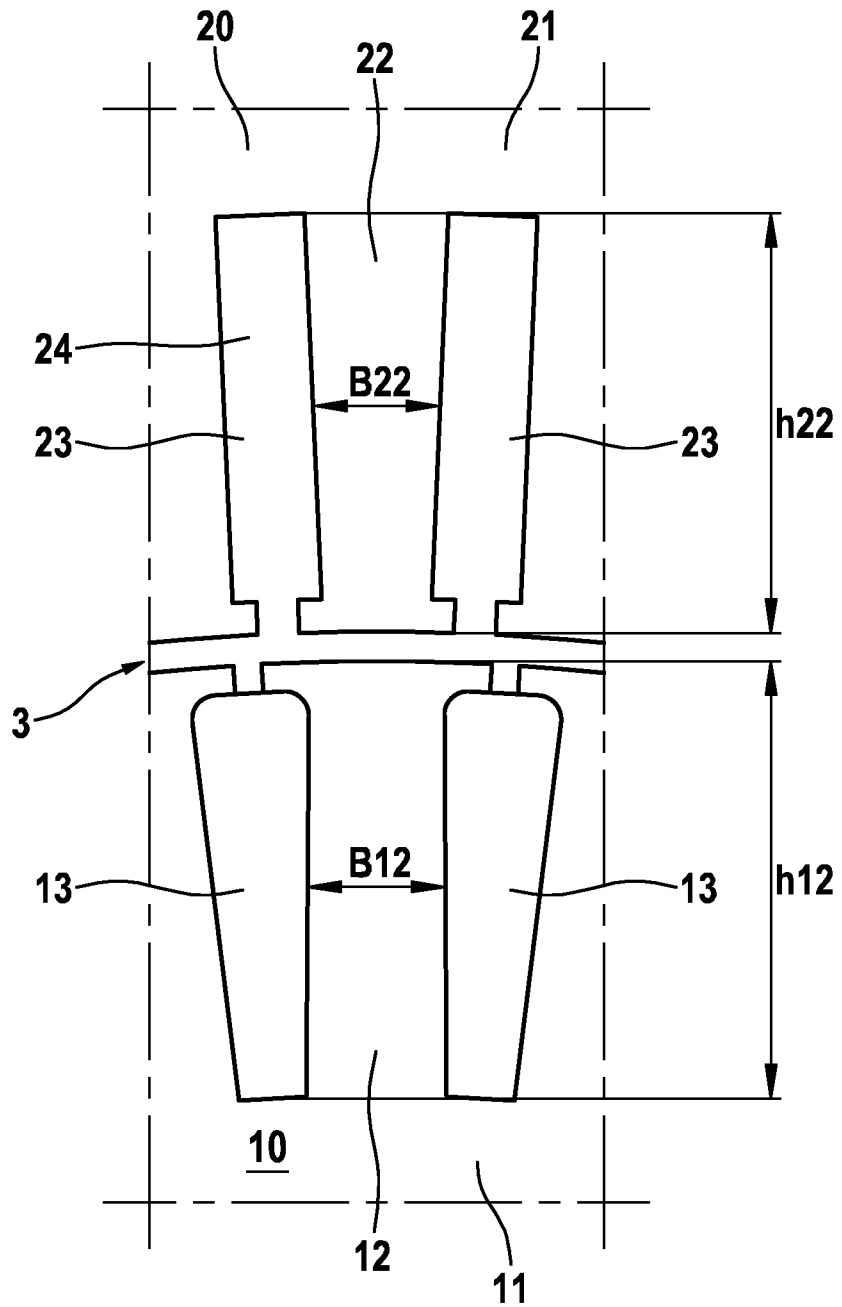


FIG. 4

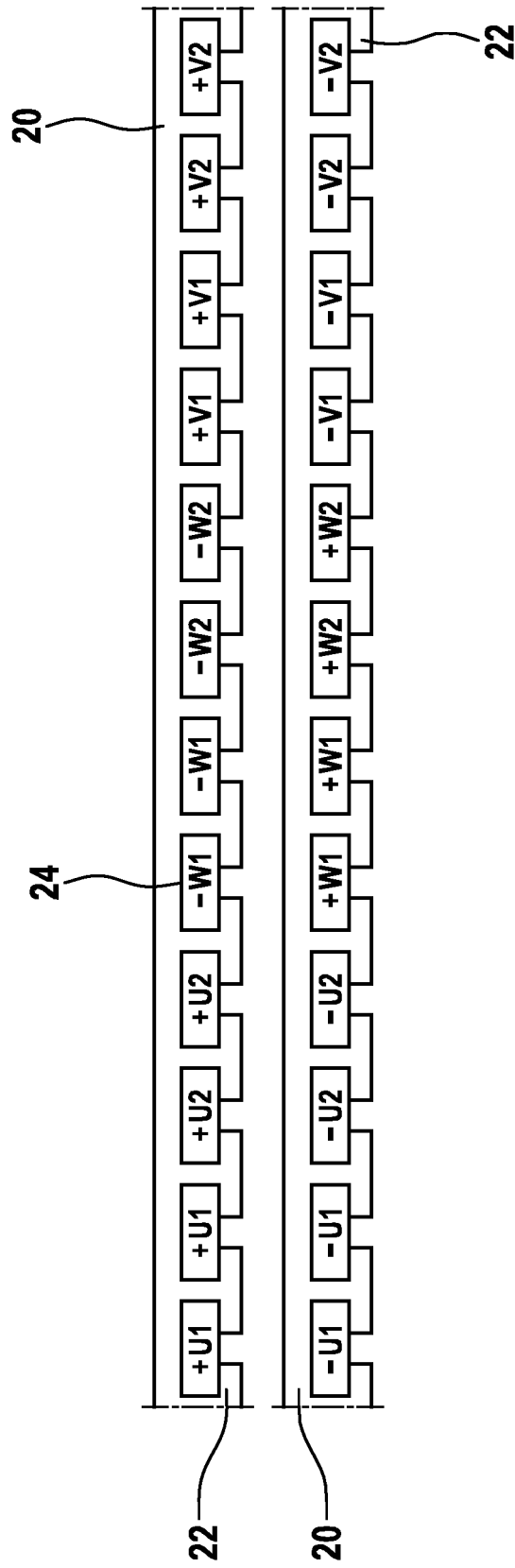


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/050302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K1/16 H02K17/16 H02K17/20
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X A | US 2015/381099 A1 (KHANIN MIKHAIL D [US] ET AL) 31 December 2015 (2015-12-31) paragraphs [0001], [0014], [0017] ----- | 1,6,8,9 2-5 |
| X A | US 4 409 507 A (GODWIN GURNEY L [US]) 11 October 1983 (1983-10-11) column 2, lines 15-20; 51-55 ----- | 1,6,9 2-5 |
| X A | US 2014/319957 A1 (HAO LEI [US] ET AL) 30 October 2014 (2014-10-30) paragraphs [0007], [0014] - [0017] ----- | 1,9 2-5 |
| X A | US 2010/026008 A1 (SAWAHATA MASANORI [JP] ET AL) 4 February 2010 (2010-02-04) paragraphs [0063], [0073] ----- | 1,7,9 2-5 |
| A | US 4 831 301 A (NEUMANN THOMAS W [US]) 16 May 1989 (1989-05-16) the whole document ----- | 1-5 |

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

14 March 2017

Date of mailing of the international search report

20/03/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Fernandez, Victor

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

| |
|---|
| International application No PCT/EP2017/050302 |
|---|

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|---|--|
| US 2015381099 A1 | 31-12-2015 | US 2015381099 A1 WO 2016003807 A1 | 31-12-2015 07-01-2016 |
| US 4409507 A | 11-10-1983 | JP H0444499 B2 JP S5911755 A US 4409507 A | 21-07-1992 21-01-1984 11-10-1983 |
| US 2014319957 A1 | 30-10-2014 | NONE | |
| US 2010026008 A1 | 04-02-2010 | CN 101640463 A DK 2149964 T3 EP 2149964 A2 ES 2537330 T3 JP 4792066 B2 JP 2010035336 A US 2010026008 A1 | 03-02-2010 10-08-2015 03-02-2010 05-06-2015 12-10-2011 12-02-2010 04-02-2010 |
| US 4831301 A | 16-05-1989 | NONE | |

| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K1/16 H02K17/16 H02K17/20 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 2015/381099 A1 (KHANIN MIKHAIL D [US] ET AL) 31. Dezember 2015 (2015-12-31) | 1,6,8,9 |
| A | Absätze [0001], [0014], [0017] ----- | 2-5 |
| X | US 4 409 507 A (GODWIN GURNEY L [US]) 11. Oktober 1983 (1983-10-11) | 1,6,9 |
| A | Spalte 2, Zeilen 15-20; 51-55 ----- | 2-5 |
| X | US 2014/319957 A1 (HAO LEI [US] ET AL) 30. Oktober 2014 (2014-10-30) | 1,9 |
| A | Absätze [0007], [0014] - [0017] ----- | 2-5 |
| X | US 2010/026008 A1 (SAWAHATA MASANORI [JP] ET AL) 4. Februar 2010 (2010-02-04) | 1,7,9 |
| A | Absätze [0063], [0073] ----- | 2-5 |
| A | US 4 831 301 A (NEUMANN THOMAS W [US]) 16. Mai 1989 (1989-05-16) das ganze Dokument ----- | 1-5 |
| <input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 | | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 14. März 2017 | | 20/03/2017 |
| 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 Fernandez, Victor |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/050302

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|---|--|
| US 2015381099 A1 | 31-12-2015 | US 2015381099 A1 WO 2016003807 A1 | 31-12-2015 07-01-2016 |
| US 4409507 A | 11-10-1983 | JP H0444499 B2 JP S5911755 A US 4409507 A | 21-07-1992 21-01-1984 11-10-1983 |
| US 2014319957 A1 | 30-10-2014 | KEINE | |
| US 2010026008 A1 | 04-02-2010 | CN 101640463 A DK 2149964 T3 EP 2149964 A2 ES 2537330 T3 JP 4792066 B2 JP 2010035336 A US 2010026008 A1 | 03-02-2010 10-08-2015 03-02-2010 05-06-2015 12-10-2011 12-02-2010 04-02-2010 |
| US 4831301 A | 16-05-1989 | KEINE | |