

(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
10. Dezember 2015 (10.12.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/185261 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 11/00 (2006.01) H02K 7/08 (2006.01)
H02K 5/16 (2006.01) H02K 5/161 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/058688

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. April 2015 (22.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 210 538.2 4. Juni 2014 (04.06.2014) DE

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

(72) Erfinder: **BURGER, Dennis**; Wiesenweg 3, 71287
Weissach (DE). **NISHIZAWA, Shinichiro**; Eckartstr. 12,
70191 Stuttgart (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, 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, KN, KP, KR, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ELECTRIC MACHINE HAVING A ROTARY-DISK CAPACITOR FOR CONDUCTING AWAY HF DISTURBING CURRENTS

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE MASCHINE MIT DREHSCHEIBENKONDENSATOR ZUR ABLEITUNG VON HF-STÖRSTRÖMEN

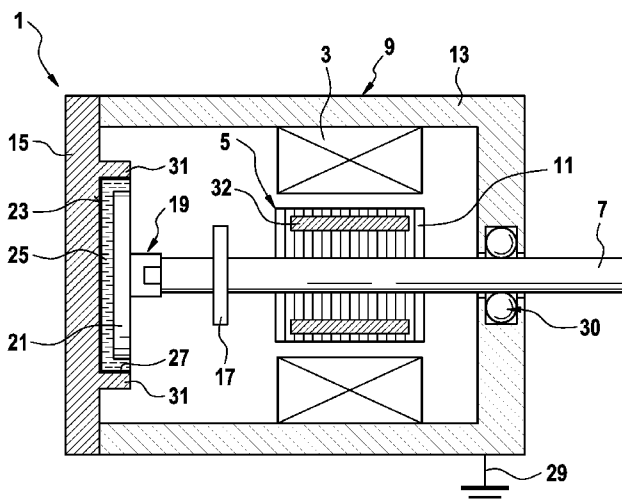


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to an electric machine, wherein high-frequency disturbing currents, which can occur, for example, in the case of control by means of a pulse-width-modulated inverter, are advantageously conducted away. The electric machine (1) comprises a stator (3), a rotor (5), a rotor shaft (7), and a housing (9). A disk (21) composed of an electrically conductive material is arranged on the rotor shaft (7) in a region (19) protruding beyond the rotor (5). Said disk is dimensioned in such a way and arranged near a surface (23) of the housing (9) facing the disk in such a way that high-frequency disturbing electric currents can be transmitted via a gap (25) between the disk (21) and the housing (9) similarly to the case of a rotary-disk capacitor. Disturbing currents in a frequency range of 10 kHz to 30 MHz can be conducted away without friction and thus without wear in this way.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine elektrische Maschine beschrieben, bei der hochfrequente Störströme, wie sie beispielsweise bei Ansteuerung mithilfe eines Pulswechselrichters auftreten können, vorteilhaft abgeleitet werden. Die elektrische Maschine (1) weist einen Stator (3), einen Rotor (5), eine Rotorwelle (7) sowie ein

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/185261 A1



Gehäuse (9) auf. An der Rotorwelle (7) ist in einem über den Rotor (5) abragenden Bereich (19) eine Scheibe (21) aus einem elektrisch leitfähigen Material angeordnet. Diese Scheibe ist derart dimensioniert und derart nahe zu einer gegenüber liegenden Fläche (23) des Gehäuses (9) angeordnet, dass über einen Spalt (25) zwischen der Scheibe (21) und dem Gehäuse (9) hochfrequente elektrische Störströme ähnlich wie bei einem Drehscheibenkondensator übertragen werden können. Störströme in einem Frequenzbereich von 10 kHz bis 30 MHz können auf diese Weise reibungs- und somit verschleißfrei abgeleitet werden.

Beschreibung

5 Elektrische Maschine mit Drehscheibenkondensator zur Ableitung von HF-Störströmen

Gebiet der Erfindung

10 Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere eine beispielsweise pulswechselrichterbetriebene elektrische Maschine, bei der in einem Rotor hochfrequente (HF) Störströme auftreten.

Stand der Technik

15 Elektrische Maschinen werden als Motoren oder Generatoren für vielfältige Zwecke eingesetzt. Beispielsweise werden elektrische Maschinen bei Elektro- oder Hybridkraftfahrzeugen als Motor zum Antrieb oder als Generator zum Rekuperieren von kinetischer Energie eingesetzt. Elektrische Maschinen werden
20 aber auch für andere, insbesondere industrielle Zwecke eingesetzt.

Elektrische Maschinen werden meist mithilfe eines Wechselrichters betrieben. Insbesondere beim Einsatz von Pulswechselrichtern können steile
25 Spannungsflanken (Nanosekunden-Bereich) auftreten und innerhalb eines Rotors der elektrischen Maschine hochfrequente Störströme induzieren. Die Störströme können dabei typischerweise in einem Frequenzbereich von 10 kHz bis 20 MHz auftreten. Solche Störströme werden außerhalb der elektrischen
30 Maschine fließen und können eventuell benachbarte elektrische oder elektronische Systeme stören. Diese Störströme (Gleichtakt) sollten daher von dem Rotor beispielsweise an das als elektrische Masse dienende Gehäuse der elektrischen Maschine abgeleitet werden.

Um Störströme innerhalb einer elektrischen Maschine von dem Rotor an das
35 Gehäuse abzuleiten, werden herkömmlich beispielsweise hoch leitfähige Kugellager oder mehrfache Kohlebürsten oder Kohlefasern eingesetzt.

Allerdings können insbesondere bei elektrischen Maschinen, die im Automotivebereich eingesetzt werden sollen und die daher innerhalb eines weiten Temperaturbereichs von beispielsweise -40 °C bis +120 °C betrieben werden sollen, Probleme dahingehend auftreten, dass ein Schmiereffekt des in dem hoch leitfähigen Kugellager verwendeten Fettes nachlassen kann und es
5 beispielsweise zu Lagerschäden kommen kann. Bei einer Verwendung mehrfacher Kohlebürsten können bei einem unvermeidbaren Verschleiß und einem dadurch notwendigen Austausch der Kohlebürsten erhebliche Kosten entstehen. Bei einer Verwendung von Kohlefasern zur Ableitung der HF-
10 Störströme wurde beobachtet, dass ein Entstöreffekt bei hohen Frequenzen oberhalb von 500 kHz nachlassen kann.

Offenbarung der Erfindung

15 Mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird eine elektrische Maschine vorgeschlagen, bei der in vorteilhafter Weise hochfrequente Störströme, die innerhalb des Rotors auftreten können, an das umgebende Gehäuse abgeleitet werden können. Die Störströme können dabei
20 vorteilhafterweise derart abgeleitet werden, dass die elektrische Maschine innerhalb eines weiten Temperaturbereichs betrieben werden kann, eine Lagerung des Rotors im Wesentlichen nicht beeinträchtigt wird, eine Ableitung der Störströme im Wesentlichen berührungsfrei und somit verschleißfrei erfolgen kann und / oder Störströme innerhalb eines großen Frequenzbereichs bis hin zu
25 beispielsweise 30 MHz abgeleitet werden können.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine elektrische Maschine vorgeschlagen, welche einen Stator, einen Rotor, eine Rotorwelle und ein Gehäuse aufweist. Das Gehäuse umgibt den Stator und den Rotor. Der Rotor ist
30 relativ zu dem Stator drehbar. Im Zentrum des Rotors befindet sich die Rotorwelle, um die herum sich der Rotor gelagert drehen kann. Die elektrische Maschine zeichnet sich dadurch aus, dass an der Rotorwelle in einem über den Rotor abragenden Bereich eine Scheibe aus einem elektrisch leitfähigen Material angeordnet ist. Die Scheibe ist dabei derart dimensioniert und derart nahe zu
35 einer gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses angeordnet, dass über einen Spalt zwischen der Scheibe und dem Gehäuse hochfrequente elektrische

Störströme, die innerhalb des Rotors auftreten, kapazitiv übertragen werden können.

5 Ideen zu Ausführungsformen der vorgeschlagenen elektrischen Maschine können unter anderem als auf den nachfolgend beschriebenen Gedanken und Erkenntnissen beruhend angesehen werden:

10 Es wurde erkannt, dass die einleitend beschriebenen herkömmlichen Maßnahmen zum Ableiten von hochfrequenten Störströmen in einer elektrischen Maschine mit unterschiedlichen Nachteilen verbunden sein können. Diesen herkömmlichen Ansätzen ist gemein, dass eine elektrische Ableitung der Störströme über einen mechanischen Kontakt zwischen Teilen des Rotors und Teilen des umgebenden Gehäuses erreicht wird. Ein solcher mechanischer Kontakt kann jedoch beispielsweise aufgrund unvermeidbar auftretender Reibung zu Verschleiß und/oder zu Nachteilen bei der Lagerung des Rotors führen.

15 Es wurde daher nach einer Möglichkeit gesucht, Störströme aus dem Rotor reibungsarm oder vorzugsweise berührungslos an das umgebende Gehäuse abzuleiten.

20 Da die Störströme bei elektrischen Maschinen typischerweise hohe Frequenzen oberhalb von 10 kHz aufweisen, können sie insbesondere auch kapazitiv übertragen werden. Um eine ausreichende kapazitive Ableitung der Störströme aus dem Rotor zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, an der Rotorwelle in einem über den Rotor überstehenden Bereich eine zusätzliche Scheibe vorzusehen. Die Rotorscheibe ist dabei an der Rotorwelle gehalten bzw. mit dieser gekoppelt, sodass sie sich im Betrieb der elektrischen Maschine mit deren Rotor mitdrehen kann. Diese Scheibe kann einen Teil eines Kondensators bilden, mithilfe dessen 25 die an dem Rotor über die Rotorwelle an die Scheibe übertragenen elektrischen Ströme kapazitiv an das angrenzende Gehäuse übertragen werden können. Die Scheibe und die dieser gegenüber liegende Fläche des Gehäuses können dabei ähnlich wie ein Plattenkondensator wirken. Die in dem Rotor auftretenden Störströme können zu einer temporären Verlagerung von elektrischen Ladungen hin zu der Scheibe beziehungsweise aus der Scheibe heraus führen, wobei in 30 der Scheibe akkumulierte Ladungen aufgrund des geringen Abstandes zwischen

der Scheibe und der gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses in dem Gehäuse wiederum zu einer Ladungsverschiebung führen können, so dass es effektiv über den zwischen der Scheibe und dem Gehäuse liegenden Spalt hinweg zum Fließen eines hochfrequenten elektrischen Stromes kommen kann.

5 Da die an der Rotorwelle angeordnete Scheibe zusammen mit dem Rotor während des Betriebes der elektrischen Maschine rotieren kann, wird in diesem Zusammenhang auch von einem Drehscheibenkondensator gesprochen.

10 Um Störströme von dem Rotor ausreichend ableiten zu können, kann es insbesondere vorteilhaft sein, die Scheibe derart zu dimensionieren und derart nahe an einer gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses anzuordnen sowie ein Medium innerhalb des Spaltes zwischen der Scheibe und der gegenüberliegenden Gehäusefläche derart zu wählen, dass mit der Scheibe und der gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses ein Kondensator mit einer
15 Kapazität von wenigstens 1 nF, vorzugsweise wenigstens 5 nF, gebildet wird.

Mit anderen Worten können Parameter, die die Kapazität des zwischen der Scheibe und dem Gehäuse gebildeten Drehkondensators beeinflussen, geeignet gewählt werden, so dass der Drehkondensator eine Kapazität von wenigstens
20 1 nF, vorzugsweise wenigstens 5 nF aufweist.

Zu diesen Parametern gehört unter anderem die Größe der Oberfläche der Scheibe, welche einer entsprechenden Fläche des Gehäuses mit nur einem kleinen dazwischen liegenden Spalt gegenüber liegt. Wie bei einem
25 Plattenkondensator nimmt die Kapazität des derart gebildeten Drehscheibenkondensators mit der Oberfläche der Scheibe zu. Es kann zum Beispiel vorteilhaft sein, die Scheibe derart zu wählen, dass ihre Querschnittsfläche größer ist als die Querschnittsfläche der Rotorwelle. Wenn von einer kreisförmigen Scheibe und einer zylindrischen Rotorwelle
30 ausgegangen wird, bedeutet dies, dass der Durchmesser der Scheibe größer sein kann als der Durchmesser der Rotorwelle. Insbesondere kann der Durchmesser der Scheibe größer sein als die Hälfte des Durchmessers des Rotors.

35 In einer speziellen Ausgestaltung kann die Scheibe mit zwei oder mehr Teilscheiben ausgestaltet sein, die zusammen eine Gesamtscheibe bilden, um

höhere Kapazitätswerte zu erreichen. Anders ausgedrückt können anstatt einer einzelnen großen Scheibe zwei oder mehrere kleine Scheiben für die Ausbildung des Drehscheibenkondensators eingesetzt werden.

5 Als weiterer, die Kapazität des Drehkondensators beeinflussender Parameter kann die Breite des zwischen der Scheibe und der gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses ausgebildeten Spaltes geeignet gewählt werden. Im Allgemeinen gilt, dass mit kleiner werdender Breite des Spaltes die Kapazität des
10 Drehkondensators zunimmt. Geeignet hohe Kapazitäten zur ausreichenden Ableitung von Störströmen können erhalten werden, wenn die Breite des Spaltes kleiner als 4 mm, vorzugsweise kleiner als 2 mm und stärker bevorzugt kleiner als 1 mm ist. Um z.B. jedoch nicht sehr genaue Toleranzen einhalten zu müssen oder Risiko zu laufen, dass die Scheibe während der Betriebs der elektrischen
15 Maschine beispielsweise bei Auftreten von Vibrationen oder Rütteln an der gegenüberliegenden Oberfläche des Gehäuse schleift, sollte der Spalt möglichst nicht kleiner als 0,1 mm, vorzugsweise nicht kleiner als 0,3 mm, sein.

Ferner wird die Kapazität des Drehkondensators auch beeinflusst durch das Medium, das heißt das Material, welches sich innerhalb des Spaltes zwischen
20 der Scheibe und der gegenüber liegenden Gehäuseoberfläche befindet. Im Gegensatz zu den Materialien der Scheibe und des Gehäuses, welche elektrisch leitfähig sein und beispielsweise aus Metall bestehen sollen, muss innerhalb des Spaltes ein elektrisch isolierendes Material angeordnet sein.

25 Beispielsweise kann innerhalb des Spaltes eine Schicht aus einem dielektrischen Material angeordnet sein. Das dielektrische Material kann dabei ein festes Material sein. Insbesondere kann das dielektrische Material eine Permittivität haben, die wesentlich größer ist als die Permittivität von Gasen, insbesondere von Luft.

30 Alternativ kann innerhalb des Spaltes ein flüssiges dielektrisches Material angeordnet sein. Beispielsweise kann ein wasserbasiertes Dielektrikum eingesetzt werden. Durch eine Verwendung eines flüssigen dielektrischen
35 Materials kann einerseits der Spalt vorzugsweise vollständig mit dielektrischem Material gefüllt werden und somit eine Kapazität des Drehkondensators maximiert werden, andererseits können Reibungsverluste zwischen der

rotierenden Scheibe und der stationären Gehäusewand minimiert werden. Bei einem solchen flüssigen dielektrischen Material kann es sich beispielsweise um ein wasserbasiertes Kühlmedium der elektrischen Maschine oder alternativ auch z.B. um Scheibenwischwasser in einem Kraftfahrzeug handeln. Ein
5 wasserbasiertes Dielektrikum kann typischerweise eine sehr hohe relative Dielektrizitätszahl von zwischen 50 und 100 haben.

Um flüssiges dielektrisches Material in der elektrischen Maschine und somit innerhalb des Spaltes zirkulieren zu können, beispielsweise um eine
10 ausreichende Kühlung desselben bewirken zu können, kann in dem Gehäuse der elektrischen Maschine ein Einlass und ein Auslass zum Zu- und Abführen des flüssigen dielektrischen Materials vorgesehen sein. Ferner können zwischen der Welle und dem Gehäuse geeignete Dichtungen vorgesehen sein.

15 Ausreichend hohe Kapazitätswerte für den Drehscheibenkondensator lassen sich beispielsweise mit dielektrischen Materialien erreichen, die eine Permittivitätszahl, welche teilweise auch als relative Permittivität oder Dielektrizitätszahl bezeichnet wird, von mehr als 5, vorzugsweise mehr als 25, aufweisen.

20 Beispielsweise kann das dielektrische Material ein Keramikmaterial oder ein Polymermaterial sein, welche typischerweise Permittivitätszahlen im Bereich 5 bis 10 aufweisen. Das dielektrische Material kann auch Diamant, Rubin, Germanium oder ähnliches sein, welche typischerweise Permittivitätszahlen im
25 Bereich von 10 bis 20 aufweisen. Vorteilhalfterweise kann das dielektrische Material auch als mit Glycerin (z.B., Strukturformel $C_3H_8O_3$) getränktes Papier bereitgestellt werden, welches typischerweise eine Permittivitätszahl von etwa 30 aufweist und den Vorteil niedriger Kosten mit sich bringen kann. Alternativ kann das dielektrische Material auch als oxidiertes Metall bereitgestellt werden,
30 welches typischerweise Permittivitätszahlen im Bereich von 30 bis 60 aufweisen kann.

Die Schicht aus dielektrischem Material kann den Spalt zwischen der Scheibe und der gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses weitgehend, das heißt
35 beispielsweise zu mehr als 50% oder mehr als 80%, vorzugsweise aber nicht vollständig, d.h. weniger als 99% oder weniger als 95%, ausfüllen. Mit anderen

Worten kann ein überwiegender Anteil des Spaltes mit der dielektrischen Schicht ausgefüllt sein, es soll aber vorzugsweise weiterhin ein lediglich mit Gas, insbesondere Luft, gefüllter Restspalt zwischen der rotierfähigen Scheibe und der stationären Fläche des Gehäuses verbleiben, so dass die Scheibe sich beim Betrieb der elektrischen Maschine weitestgehend reibungsfrei drehen kann.

Die beschriebenen Ausführungsformen einer elektrischen Maschine, zwischen deren Rotorwelle und deren Gehäuse ein Drehscheibenkondensator ausgebildet ist, können insbesondere für elektrische Maschinen vorteilhaft sein, die dazu ausgelegt sind, mittels eines Pulswechselrichters betrieben zu werden. Solche elektrischen Maschinen werden häufig z.B. als Synchronmaschinen für einen Einsatz in Elektro- oder Hybridfahrzeugen konzipiert. Dabei wird die elektrische Maschine über den modernen Pulswechselrichter mit einer Hochspannung von beispielsweise 200 bis 600 V bei einer Taktfrequenz von 10 bis 30 kHz und einer Flankensteilheit von 100 bis 200 ns betrieben. Die hoch getaktete Hochspannung kann auf die Rotorwelle koppeln und hochfrequente Störströme erzeugen, welche Frequenzen im Bereich von 10 kHz bis 30 MHz aufweisen können. Solche Störströme können, sofern sie nicht kurz (niederohmig) gegen das Maschinengehäuse (Masse) abgeleitet werden, eine Fahrzeugelektronik wie beispielsweise eine Elektronik in einem Steuergerät oder einem Radio erheblich stören.

Es wird darauf hingewiesen, dass mögliche Merkmale und Vorteile von erfindungsgemäßen elektrischen Maschinen hierin mit Bezug auf unterschiedliche Ausführungsformen der Erfindung beschrieben sind. Ein Fachmann erkennt, dass die Merkmale in geeigneter Weise kombiniert beziehungsweise ersetzt werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Beschreibung noch die Zeichnungen als die Erfindung einschränkend auszulegen sind.

Figur 1 zeigt im Querschnitt eine elektrische Maschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

5 Figur 2 zeigt ein Frequenzverhalten von Störströmen innerhalb einer elektrischen Maschine (drehende Rotor).

Figur 3 zeigt Details einer elektrischen Maschine gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit flüssigem Dielektrikum.

10 Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu.

Ausführungsformen der Erfindung

15 Figur 1 zeigt eine elektrische Maschine 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die elektrische Maschine 1 weist einen Stator 3, einen Rotor 5, eine Rotorwelle 7 und ein Gehäuse 9 auf. Der Stator 3 ist fest mit dem Gehäuse 9 verbunden, wobei das Gehäuse 9 sowohl den Stator 3 als auch den Rotor 5 umschließt. Das Gehäuse 9 ist im gezeigten Beispiel zweiteilig ausgebildet mit
20 einem Gehäusetopf 13 und einem Deckel 15, welcher an einer Stirnseite der elektrischen Maschine 1 an den Gehäusetopf 13 angeschraubt werden kann. Das Gehäuse 9, insbesondere dessen Deckel 15, bestehen aus einem elektrisch leitfähigen Material, vorzugsweise aus Metall.

25 Der Rotor 5 ist aus einem Blechpaket 11 und Magneten 32 aufgebaut, in deren Zentrum eine Ausnehmung vorgesehen ist, in die die Rotorwelle 7 eingreift, welche in einem Kugellager 30 gelagert ist. An einem überstehenden Bereich der Rotorwelle 7 ist ein Drehzahlsensor 17 angeordnet. Mit Hilfe dieses Drehzahlsensors kann eine Drehzahl oder eine aktuelle Winkelorientierung des
30 Rotors 5 ermittelt und beispielsweise zum Steuern der elektrischen Maschine 1 verwendet werden.

An einem Ende der Rotorwelle 7 ist eine Scheibe 21 aus einem elektrisch leitfähigen Material angeordnet. Die Scheibe 21 ist beispielsweise als metallene,
35 dünne Kreisscheibe ausgebildet und wird elektrisch galvanisch mit der Rotorwelle verbunden, zum Beispiel verschraubt. Die Scheibe 21 weist

typischerweise einen Durchmesser auf, der wesentlich größer ist, als der Durchmesser der Rotorwelle 7. Wenn beispielsweise der gesamte Rotor 5 einen Durchmesser von mehreren Zentimetern aufweist, zum Beispiel etwa 10 cm, so kann der Durchmesser der Scheibe 21 ähnlich groß gewählt sein, beispielsweise in einem Bereich von 5 bis 15 cm liegen. Die Scheibe 21 kann nur weniger Millimeter, beispielsweise zwischen 1 mm und 20 mm, dick sein.

Die Scheibe 21 ist derart ausgebildet und an der Rotorwelle 7 angeordnet, dass zwischen dieser Scheibe 21 und einer gegenüber liegenden Fläche 23 des Deckels 15 des Gehäuses 9 lediglich ein schmaler Spalt 25 verbleibt. Dieser Spalt kann eine Breite von weniger als 4 mm, vorzugsweise sogar weniger als 1 mm aufweisen. Durch die geringe Beabstandung der Scheibe 21 zu der gegenüber liegenden Fläche 23 des Gehäuses 9 kommt es zu einer signifikanten kapazitiven Kopplung zwischen diesen beiden elektrisch leitfähigen Komponenten. Die Anordnung aus Scheibe 21 und gegenüber liegender Fläche 23 des Gehäuses 9 kann somit wie ein Drehscheibenkondensator wirken und die mit der Scheibe 21 in elektrischer Verbindung stehende Rotorwelle 7 kapazitiv mit dem Gehäuse 9 koppeln, welches seinerseits über eine Erdung 29 auf Masse liegt.

Um die Kapazität des Drehscheibenkondensators weiter zu steigern, kann innerhalb des Spaltes 25 eine Schicht 27 aus einem dielektrischen Material vorgesehen sein. Diese Schicht kann beispielsweise mit einer geringen Dicke von 0,5 bis 1 mm beispielsweise an der Innenseite des Deckels 15 des Gehäuses 9, das heißt auf der der Scheibe 21 gegenüber liegenden Fläche des Gehäuses 9, aufgebracht sein. Alternativ oder ergänzend kann eine dielektrische Schicht auch an einer zu der Gehäuseinnenseite gerichteten Oberfläche der Scheibe 21 ausgebildet sein. Die Schicht 27 kann zum Beispiel aus Keramik oder aus einem mit Glyzerinöl getränkten Papier bestehen.

Alternativ oder ergänzend kann in dem Gehäuse 9 und insbesondere im Bereich des Spaltes 25 ein flüssiges dielektrisches Material vorgesehen sein, um die Kapazität des von der Scheibe 21 und der gegenüberliegenden Gehäuseoberfläche gebildeten Drehkondensators zu steigern. Das flüssige dielektrische Material kann über Ein- und Auslässe (nicht dargestellt) zu und

abgeführt werden und während des Betriebs kontinuierlich ausgetauscht bzw. umgewälzt werden, um z.B. lokale Überhitzungen vermeiden zu können.

5 Um die Kapazität des Drehscheibenkondensators weiter zu erhöhen, können an dem Gehäuse 9, insbesondere an dem Deckel 15 in einem Bereich radial angrenzend an die Scheibe 21 nach innen abragende Vorsprünge 31 vorgesehen sein. Diese Vorsprünge 31 können als Kreisring ausgebildet sein und die Scheibe 21 ringförmig radial außerhalb umschließen, so dass auch hier lediglich ein schmaler Spalt verbleibt. Auch dieser schmale Spalt kann zumindest
10 teilweise mit einem dielektrischen Material ausgefüllt sein.

Je nachdem, wie groß die Scheibe 21 ist, das heißt, wie groß die Fläche ist, mit der die Scheibe 21 an die gegenüber liegende Fläche 23 des Gehäuses 9 angrenzt, wie breit der Spalt 25 ist und welche Permittivität ein eventuell in dem
15 Spalt 25 vorgesehenes dielektrisches Material aufweist, kann der hierdurch gebildete Drehscheibenkondensator Kapazitätswerte von deutlich mehr als 1 nF, vorzugsweise im Bereich von ca. 10 nF, aufweisen.

Über den Drehscheibenkondensator derart ausreichender Kapazität kann die
20 Rotorwelle 7 kapazitiv an das geerdete Gehäuse 9 angekoppelt werden. Hochfrequente Störströme, die während des Betriebes der elektrischen Maschine 1 in dem Rotor 5 erzeugt werden und auf die Rotorwelle 7 übertragen werden, können somit an das Gehäuse 9 abgeleitet werden.

25 Dies ist in dem Graphen aus Figur 2 veranschaulicht. Der Graph gibt ein Spannungsrauschen U_R (englisch: noise voltage) in Abhängigkeit von der Frequenz ν erzeugter hochfrequenter Störströme an.

Wie aus Figur 2 zu erkennen, ist bei fehlender kapazitiver Ankopplung des
30 Rotors 5 an das Gehäuse 9, das heißt bei einer Kapazität des Drehscheibenkondensators von 0 nF, ein Spannungsrauschen U_R im gesamten Frequenzbereich von 10 kHz bis 30 MHz deutlich höher als bei einem Fall, bei dem eine signifikante Ankopplung des Rotors 5 über einen Drehscheibenkondensator an das Gehäuse 9 stattfindet und beispielsweise eine
35 Kapazität dieses Drehscheibenkondensators größer als 1 nF, vorzugsweise sogar größer als 5 nF ist. Bei Kapazitäten von mehr als 5 nF ist ein

verbleibendes Spannungsrauschen lediglich geringfügig höher als ein Hintergrundrauschniveau U_{R0} . Die elektrische Maschine erscheint somit über den gesamten Frequenzbereich ausreichend entstört.

5 Figur 3 zeigt Details einer elektrischen Maschine 1 gemäß einer weiteren Ausführungsform. Wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform ist an der Rotorwelle 7 eine Scheibe 21 vorgesehen. Die Scheibe 21 ist in diesem Fall zweiseitig ausgestaltet, d.h. besteht aus zwei Teilscheiben 20, 22, welche mittels Schraubverbindungen 37 zusammengehalten sind. Zwischen den Teilscheiben
10 20, 22 befindet sich ein Lufteinschluss 24. Um die Scheibe 21 herum ist eine Elektrode 33 vorgesehen, welche über das Gehäuse 9 der Maschine 1 elektrisch auf Masse 39 liegt. Die Elektrode 33 umgibt die Scheibe 21 derart, dass zwischen ihr und der Scheibe 21 ein Spalt 25 gebildet wird. In der beschriebenen Ausführungsform ist in diesen Spalt 25 ein Dielektrikum aus flüssigem Material
15 26 eingefüllt, beispielsweise ein wasserbasiertes Dielektrikum. Gegenüber der Rotorwelle 7 ist die Elektrode mittels Dichtungen 35 abgedichtet, um ein Austreten des flüssigen Dielektrikums zu vermeiden.

20

Ansprüche

- 5 1. Elektrische Maschine (1), aufweisend:
 einen Stator (3),
 einen Rotor (5),
 eine Rotorwelle (7),
 ein Gehäuse (9), welches den Stator (3) und den Rotor (5) umgibt;
10 dadurch gekennzeichnet, dass
 an der Rotorwelle (7) in einem über den Rotor (5) abragenden Bereich (19)
 eine Scheibe (21) aus einem elektrisch leitfähigen Material angeordnet ist,
 wobei die Scheibe (21) derart dimensioniert ist und derart nahe zu einer
 gegenüberliegenden Fläche (23) des Gehäuses (9) angeordnet ist, dass
15 über einen Spalt (25) zwischen der Scheibe (21) und dem Gehäuse (9)
 hochfrequente elektrische Störströme, die innerhalb des Rotors (5) auftreten,
 kapazitiv übertragen werden können.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei die Scheibe (21) derart
20 dimensioniert ist und derart nahe zu einer gegenüberliegenden Fläche (23)
 des Gehäuses (9) angeordnet ist und ein Medium innerhalb des Spaltes (25)
 derart gewählt ist, dass mit der Scheibe (21) und der gegenüberliegenden
 Fläche (23) des Gehäuses (9) ein Drehscheibenkondensator mit einer
 Kapazität von wenigstens 1 nF, vorzugsweise wenigstens 5 nF, gebildet
25 wird.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei in dem Spalt (25) eine
 Schicht (27) aus einem dielektrischen Material angeordnet ist.
- 30 4. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei in dem Spalt (25)
 flüssiges dielektrisches Material (26) angeordnet ist.
- 35 5. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, wobei das flüssige dielektrische
 Material (26) ein wasserbasiertes Dielektrikum ist.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 4 oder 5, wobei der Spalt (25) mittels Dichtungen (35) gegen die Rotorwelle (7) abgedichtet ist.
- 5 7. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, 5 oder 6, wobei in dem Gehäuse ein Einlass und ein Auslass zum Zu- und Abführen des flüssigen dielektrischen Materials (26) vorgesehen ist.
- 10 8. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei das dielektrische Material eine Permittivitätszahl von mehr als 5, vorzugsweise mehr als 25, aufweist.
- 15 9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Spalt (25) kleiner als 4mm, vorzugsweise kleiner als 2mm, ist.
- 20 10. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Scheibe (21) einen größeren Durchmesser aufweist als die Rotorwelle (7).
- 25 11. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Scheibe (21) einen Durchmesser größer als der halbe Durchmesser des Rotors (5) aufweist.
- 30 12. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Scheibe (21) aus mehreren Teilscheiben zusammengesetzt ist.
- 35 13. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Scheibe (21) und/oder das Gehäuse (9) aus Metall besteht.
14. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Störströme bei Gleichtakt Frequenzen im Bereich von 10 kHz bis 30 MHz aufweisen.
15. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die elektrische Maschine (1) dazu ausgelegt ist, mittels eines Pulswechselrichters betrieben zu werden.

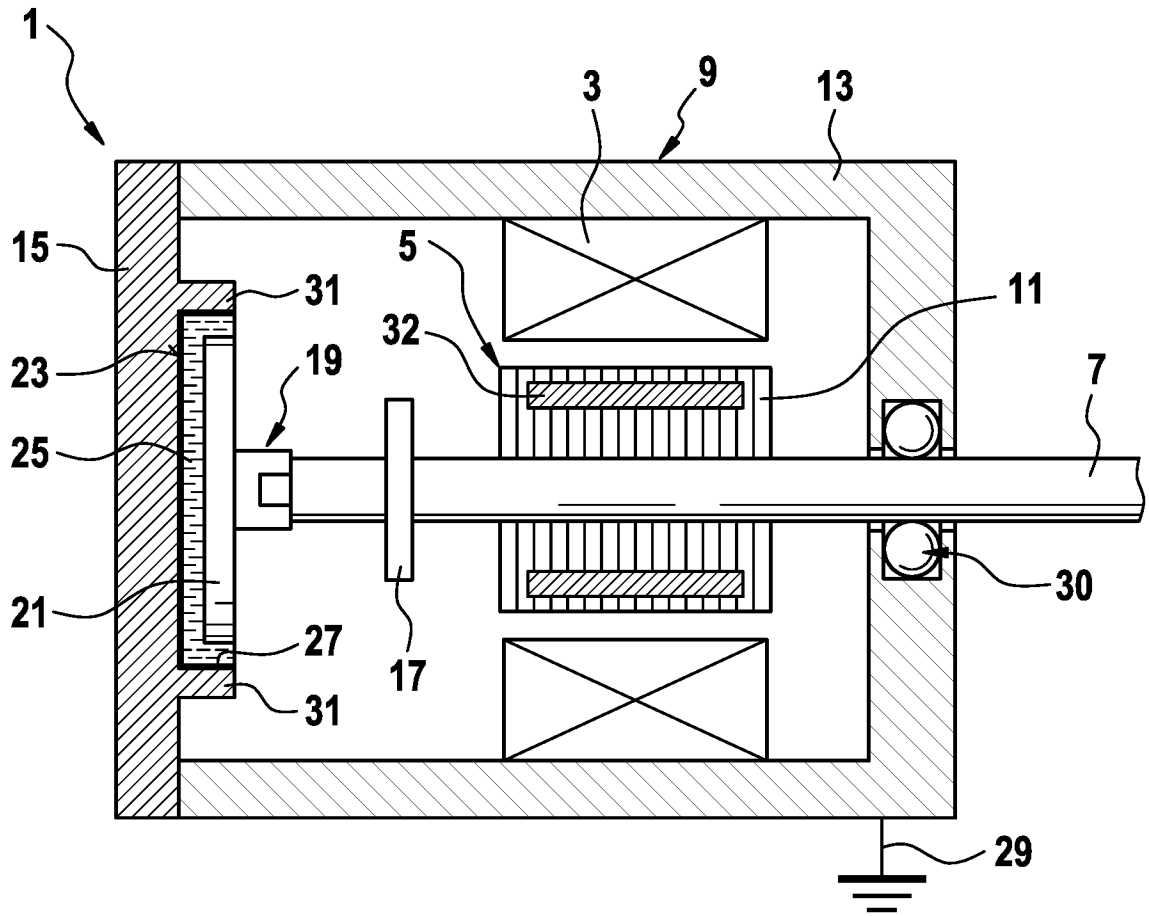


FIG. 1

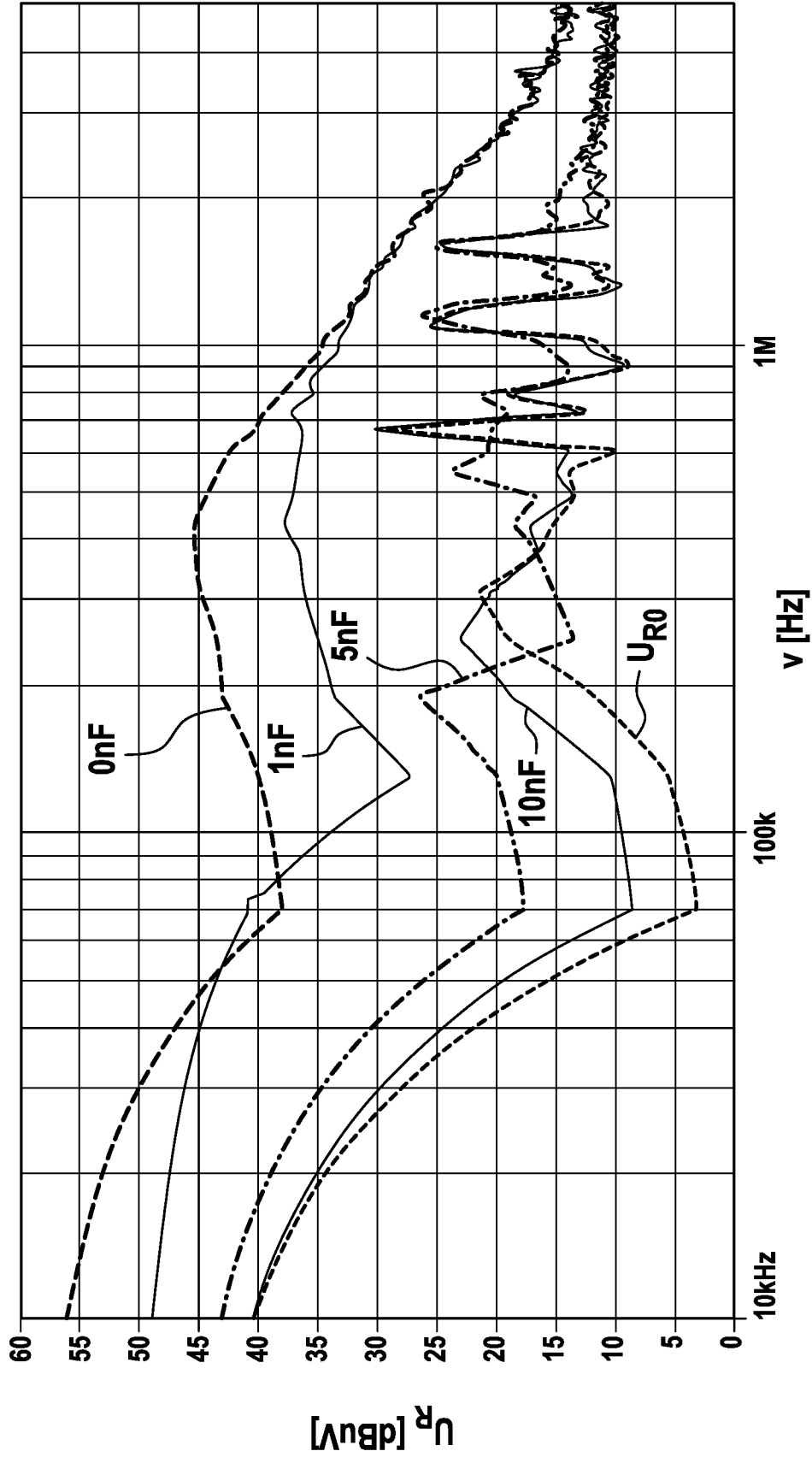


FIG. 2

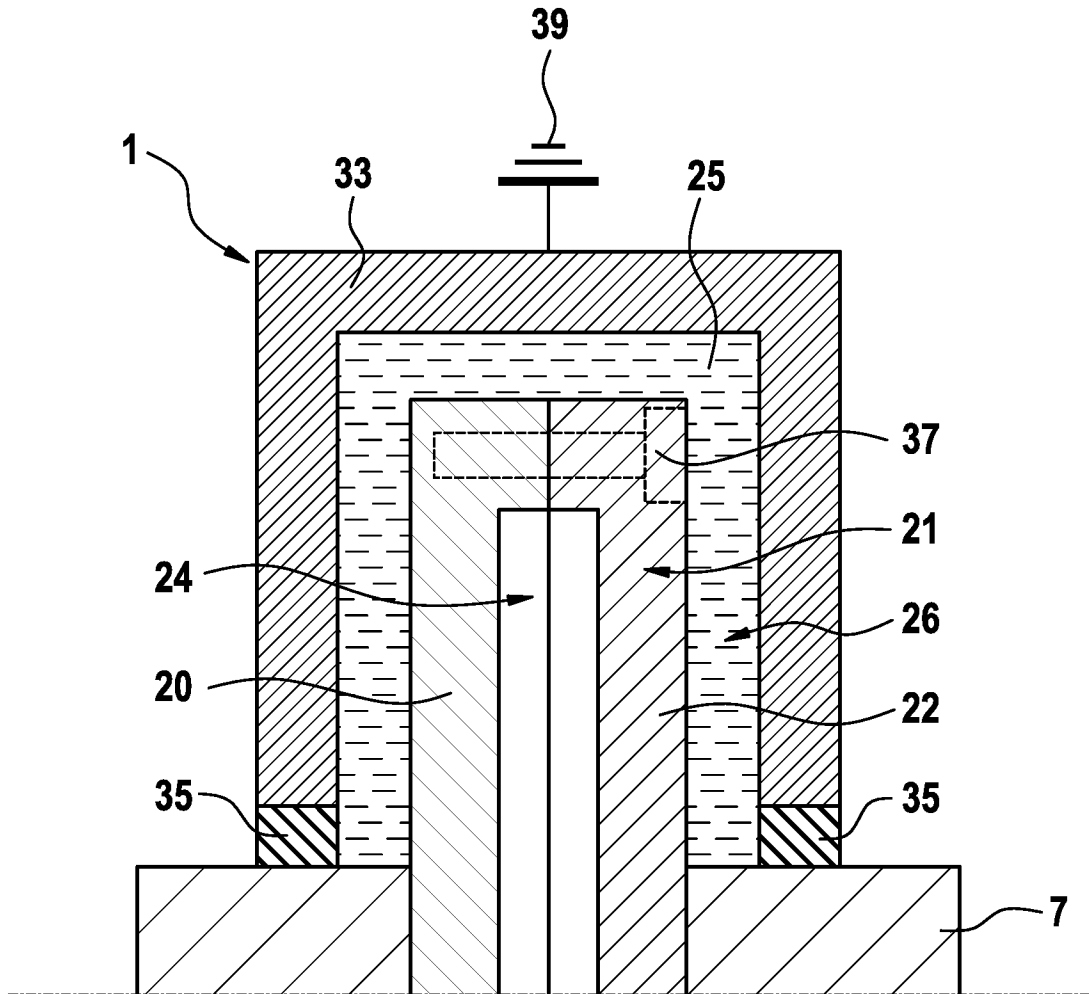


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/058688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K11/00 H02K5/16 H02K7/08
 ADD. H02K5/161

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	JP 2000 152564 A (MATSUSHITA SEIKO KK) 30 May 2000 (2000-05-30) abstract; figures 1,4-8 paragraphs [0051], [0053], [0074], [0078], [0079] -----	1-3,8-15
X	US 2003/057783 A1 (MELFI MICHAEL J [US]) 27 March 2003 (2003-03-27) abstract; figures 1-4 paragraphs [0002], [0020], [0021], [0028] - [0034] -----	1-13,15
A	US 2010/171269 A1 (PRELLWITZ EDGAR [DE]) 8 July 2010 (2010-07-08) the whole document -----	1-15
A	US 2010/253158 A1 (MIZUKAMI HIROFUMI [JP] ET AL) 7 October 2010 (2010-10-07) the whole document -----	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 20 August 2015	Date of mailing of the international search report 27/08/2015
---	--

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 Ganchev, Martin
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2015/058688

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2000152564 A	30-05-2000	JP 3478741 B2 JP 2000152564 A	15-12-2003 30-05-2000

US 2003057783 A1	27-03-2003	US 2003057783 A1 US 2004056543 A1	27-03-2003 25-03-2004

US 2010171269 A1	08-07-2010	CN 101793326 A DE 102009004035 A1 JP 5572395 B2 JP 2010159752 A US 2010171269 A1	04-08-2010 15-07-2010 13-08-2014 22-07-2010 08-07-2010

US 2010253158 A1	07-10-2010	CN 101689785 A EP 2161816 A1 JP 4853572 B2 US 2010253158 A1 WO 2009001546 A1	31-03-2010 10-03-2010 11-01-2012 07-10-2010 31-12-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/058688

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K11/00 H02K5/16 H02K7/08
 ADD. H02K5/161

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

B. RECHERCHIERTER 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	JP 2000 152564 A (MATSUSHITA SEIKO KK) 30. Mai 2000 (2000-05-30) Zusammenfassung; Abbildungen 1,4-8 Absätze [0051], [0053], [0074], [0078], [0079]	1-3,8-15
X	US 2003/057783 A1 (MELFI MICHAEL J [US]) 27. März 2003 (2003-03-27) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Absätze [0002], [0020], [0021], [0028] - [0034]	1-13,15
A	US 2010/171269 A1 (PRELLWITZ EDGAR [DE]) 8. Juli 2010 (2010-07-08) das ganze Dokument	1-15
A	US 2010/253158 A1 (MIZUKAMI HIROFUMI [JP] ET AL) 7. Oktober 2010 (2010-10-07) das ganze Dokument	1-15

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
20. August 2015	27/08/2015

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 Ganchev, Martin
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/058688

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2000152564 A	30-05-2000	JP 3478741 B2	15-12-2003
		JP 2000152564 A	30-05-2000

US 2003057783 A1	27-03-2003	US 2003057783 A1	27-03-2003
		US 2004056543 A1	25-03-2004

US 2010171269 A1	08-07-2010	CN 101793326 A	04-08-2010
		DE 102009004035 A1	15-07-2010
		JP 5572395 B2	13-08-2014
		JP 2010159752 A	22-07-2010
		US 2010171269 A1	08-07-2010

US 2010253158 A1	07-10-2010	CN 101689785 A	31-03-2010
		EP 2161816 A1	10-03-2010
		JP 4853572 B2	11-01-2012
		US 2010253158 A1	07-10-2010
		WO 2009001546 A1	31-12-2008
