

(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
08. Februar 2018 (08.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/024573 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 3/28 (2006.01) H02K 19/10 (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/068877

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juli 2017 (26.07.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16182760.5 04. August 2016 (04.08.2016) EP

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: CERNY, Marco; An der Ziegelei 19, 97720 Nüdlingen (DE). MÜLLER, Michael; Max-Reger 28, 97688 Bad Kissingen (DE). RETTINGER, Frank; Am Zollberg 7, 97616 Bad Neustadt (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, JO, 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).

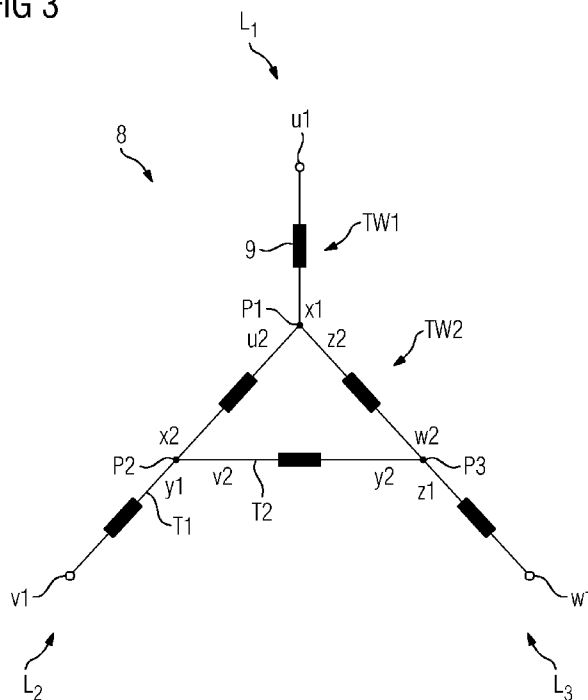
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ELECTRIC MACHINE HAVING PARTIAL WINDINGS AND RELUCTANCE TORQUE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE MIT TEILWICKLUNGEN UND RELUKTANZMOMENT

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to an electric machine (1), comprising a stator (2) and a rotor (3), wherein the stator (2) has a multi-phase winding (8) having a first partial winding (TW1) and a second partial winding (TW2), wherein the second partial winding (TW2) has a plurality of second partial winding strands (T2), which are connected in a polygon circuit, and the first partial winding (TW1) has a plurality of first partial winding strands (T1), which are connected in a star circuit or are connected in a star-like manner to the polygon circuit of the second partial winding strands (T2), wherein the electric machine (1) is designed in such a way that a torque acting on the rotor (3) is caused at least partly by a reluctance force.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (1) mit einem Stator (2) und einem Rotor (3), wobei der Stator (2) eine mehrphasige Wicklung (8) mit einer ersten Teilwicklung (TW1) und einer zweiten Teilwicklung (TW2) aufweist, wobei die zweite Teilwicklung (TW2) eine Mehrzahl von zweiten Teilwicklungssträngen (T2) aufweist, welche in Polygonschaltung verbunden sind, und die erste Teilwicklung (TW1) eine Mehrzahl von ersten Teilwicklungssträngen (T1) aufweist, welche in Sternschaltung verbunden sind oder sternartig mit der Polygonschaltung der zweiten Teilwicklungssträngen (T2) verbunden ist, wobei die elektrische Maschine (1) derart ausgebildet ist, dass ein auf den Rotor (3) wirkendes Drehmoment zumindest teilweise von einer Reluktanzkraft bewirkt ist.



WO 2018/024573 A1

Beschreibung

Elektrische Maschine mit Teilwicklungen und Reluktanzmoment

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Stator eine mehrphasige Wicklung mit einer ersten Teilwicklung und einer zweiten Teilwicklung aufweist, wobei die zweite Teilwicklung eine Mehrzahl von zweiten Teilwicklungssträngen aufweist,
10 welche in Polygonschaltung verbunden sind, und die erste Teilwicklung eine Mehrzahl von Teilwicklungssträngen aufweist, welche in Sternschaltung verbunden sind oder sternartig mit der Polygonschaltung der zweiten Teilwicklungsstränge verbunden sind.

15

Das Interesse richtet sich vorliegend auf elektrische Maschinen, welche beispielsweise als Antrieb in einem Elektrofahrzeug eingesetzt werden können. Bei solchen elektrischen Maschinen ist es erforderlich, dass ein hoher Wirkungsgrad bereitgestellt wird, um einen effizienten Betrieb des Elektrofahrzeugs zu ermöglichen. Die elektrische Maschine umfasst einen Stator und einen Rotor, welcher relativ zu dem Stator bewegt werden kann. Der Stator weist eine Wicklung bzw. Motorwicklung auf, welche wiederum mehrere Stränge umfassen
20 kann. Dabei kann jeder Strang einer Phase zugeordnet sein. Des Weiteren weist der Stator eine Mehrzahl von Nuten auf, in welche Teile der Wicklung eingebracht sind.

25

Aus dem Stand der Technik sind Ausführungen bekannt, bei denen die Motorwicklung sechssträngig ausgebildet ist. Dies bedeutet, dass die elektrische Maschine sechs Anschlussleitungen aufweist, wobei die jeweilige Phasenverschiebung zwischen den Anschlussleitungen 60° beträgt. Somit kann eine Feldverteilung in dem Luftspalt erreicht werden, welche einer Sinusform ähnelt. Dies führt insbesondere dazu, dass die fünfte
30 und die siebte Oberwelle gedämpft werden. Darüber hinaus wird der Grundwellenwicklungsfaktor im Vergleich zu einer drei-strängigen Wicklung um ca. 3% erhöht. Dies führt zu einer

35

Verbesserung des Verhältnisses von Drehmomentzstrom und damit zu einer Erhöhung des Leistungsfaktors und des Wirkungsgrades.

5 In diesem Zusammenhang beschreibt die EP 0 557 809 B1 eine mehrphasige Wicklung für eine elektrische Maschine, welche einen ersten Wicklungsteil, dessen Teilwicklungsarme bzw. Teilwicklungsstränge in Polygon geschaltet sind, sowie einen
10 zweiten Wicklungsarm, dessen Wicklungsarme jeweils um einen elektrischen Winkel phasenversetzt angeordnet und sternartig an den ersten Wicklungsteil angeschlossen sind. Dabei entspricht die Zahl der Wicklungsarme beider Wicklungsteile jeweils der Phasenzahl. Durch eine derartige Wicklung können
15 störende Durchflutungsüberwellen, Oberschwingungsströme und parasitäre Effekte, wie beispielsweise Pendelmomente, magnetische Geräusche oder Zusatzverluste, verringert werden.

Des Weiteren beschreibt die DE 10 2013 103 665 A1 eine elektrische Maschine umfassend einen Stator und einen relativ zum
20 Stator beweglichen Rotor, der eine Polpaarzahl p aufweist. Der Stator umfasst eine erste mehrsträngige Wicklung und zumindest eine zweite mehrsträngige Wicklung, wobei die erste mehrsträngige Wicklung eine erste und eine zweite Teilwicklung umfasst, die zueinander mechanisch verschoben sind. Die
25 zweite mehrsträngige Wicklung umfasst eine erste und eine zweite Teilwicklung umfasst, die zueinander mechanisch verschoben sind. In einer Nut des Stators ist jeweils eine Anzahl von Windungen der ersten Teilwicklung einer mehrsträngigen Wicklung verschieden von einer Anzahl von Windungen
30 der zweiten Teilwicklung dieser mehrsträngigen Wicklung. Der Rotor der elektrischen Maschine kann ein Permanentmagnetrotor, ein Rotor mit vergrabenen Magneten oder ein Synchron-Reluktanzrotor sein.

35 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lösung aufzuzeigen, wie eine elektrische Maschine mit mehreren Wicklungsarmen bzw. Wicklungssträngen effizienter betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine elektrische Maschine mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhaftere Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

5

Eine erfindungsgemäße elektrische Maschine umfasst einen Stator und einen Rotor. Dabei weist der Stator eine mehrphasige Wicklung mit einer ersten Teilwicklung und einer zweiten Teilwicklung auf. Die zweite Teilwicklung weist eine Mehrzahl von zweiten Teilwicklungssträngen auf, welche in Polygonschaltung verbunden sind. Die erste Teilwicklung weist eine Mehrzahl von ersten Teilwicklungssträngen auf, welche in Sternschaltung verbunden sind oder sternartig mit der Polygonschaltung der zweiten Teilwicklungsstränge verbunden ist. 10
Dabei ist die elektrische Maschine derart ausgebildet, dass ein auf den Rotor wirkendes Drehmoment zumindest teilweise von einer Reluktanzkraft bewirkt ist. Zudem umfasst jeder der ersten Teilwicklungsstränge mehrere parallele Zweige und jeder der zweiten Teilwicklungsstränge umfasst mehrere parallele Zweige, wobei eine Windungszahl in den ersten Teilwicklungssträngen identisch ist und eine Windungszahl in den 20
zweiten Teilwicklungssträngen identisch ist.

Die elektrische Maschine kann beispielsweise als Antrieb in einem Elektrofahrzeug verwendet werden. Die elektrische Maschine mit einer bestimmten Polpaarzahl umfasst den Stator und den Rotor, welcher relativ zu dem Stator bewegt bzw. gedreht werden kann. Der Stator kann beispielsweise einen Statorträger umfassen, welcher aus einem Elektroblech gebildet ist. Der Stator bzw. der Statorträger kann eine Mehrzahl von Nuten aufweisen, welche sich jeweils im Wesentlichen entlang der radialen Richtung des Stators bzw. der elektrischen Maschine erstrecken. Ferner kann der Stator eine Wicklung bzw. Motorwicklung aufweisen, wobei Teile der Wicklung in die 30
Nuten des Stators eingebracht sind. Die Anzahl der Nuten die pro Pol und Strang bewickelt wird, ist als Lochzahl bekannt. Die Wicklung ist zum Betrieb an einem m-phasigen Drehstromsystem ausgebildet. Die Wicklung besteht aus der ersten Teil-

wicklung und der zweiten Teilwicklung. Die erste Teilwicklung ist jeweils aus m ersten Teilwicklungssträngen aufgebaut und die zweite Teilwicklung ist ebenso aus m zweiten Teilwicklungssträngen aufgebaut. Ferner wird auch die erste Lochzahl für die erste Teilwicklung und die zweite Lochzahl für die
5 zweite Teilwicklung unterschieden. Die Summe von erster Lochzahl der ersten Teilwicklung und zweiter Lochzahl der zweiten Teilwicklung ergibt die Lochzahl pro Pol und Strang, wobei die Lochzahl pro Pol und Strang zur Ausführbarkeit größer
10 oder gleich zwei ist.

Die Wicklung des Stators wird durch das Verbinden der ersten Teilwicklung mit der zweiten Teilwicklung gebildet, wobei dies durch zwei unterschiedliche Varianten vorgenommen werden
15 kann. Die zweiten Teilwicklungsstränge der zweiten Teilwicklung sind in Polygonschaltung und insbesondere in Dreieckschaltung miteinander verbunden. Die erste Variante ist durch die Polygonschaltung aus den zweiten Teilwicklungssträngen gekennzeichnet, wobei die Enden der jeweiligen ersten Teilwicklungsstränge mit den jeweiligen zweiten Teilwicklungsan-
20 fängen bzw. Teilwicklungsenden verbunden sind, welche die Polygonschaltung bilden. Die zweite Variante ist die Polygonschaltung aus den zweiten Teilwicklungssträngen gekennzeichnet, wobei die ersten Teilwicklungsstränge in Stern geschaltet sind. An den Anfängen der ersten und zweiten Teilwick-
25 lungsstränge wird das m -phasige Drehstromsystem angeschlossen. Hier sind die jeweiligen ersten Teilwicklungsstränge in einem Sternpunkt elektrisch miteinander verbunden. Durch eine derartige Ausgestaltung der Wicklung können Oberwellen reduziert werden. Zudem kann der Leistungsfaktor und der Wir-
30 kungsgrad erhöht werden.

Gemäß einem wesentlichen Aspekt der Erfindung ist es vorgesehen, dass die elektrische Maschine derart ausgebildet ist,
35 dass ein auf den Rotor wirkendes Drehmoment zumindest teilweise von einer Reluktanzkraft bewirkt ist. Mit anderen Worten handelt es sich um eine elektrische Maschine mit einem Reluktanzmoment. Dabei kann es vorgesehen sein, dass das

Drehmoment des Motors, durch gezielte magnetische Anisotropie im Rotorblechschnitt, ausschließlich durch die Reluktanzkraft erzeugt wird und nicht durch die Feldanteile aus Permanentmagneten oder Erregerwicklungen. Es kann auch vorgesehen
5 sein, dass die elektrische Maschine ein signifikantes Reluktanzdrehmoment aufweist. Dies bedeutet, dass ein Großteil des Drehmoments des Rotors durch die Reluktanzkraft bewirkt ist und nicht durch die Feldanteile aus Permanentmagneten oder Erregerwicklungen. Versuche haben gezeigt, dass eine Wicklung, bei der erste Teilwicklungsstränge in Sternschaltung verbunden sind bzw. sternartig mit der Polygonschaltung der zweiten Teilwicklungsstränge verbunden sind und zweite Teilwicklungsstränge in Polygon- bzw. Dreieckschaltung verbunden sind, vorteilhaft in elektrischen Maschinen mit Reluktanzdrehmoment verwendet werden können. Hierbei haben Versuche
10 gezeigt, dass der Wicklungsfaktor der Grundwelle um ca. 3% größer ist. Ferner können lokale Sättigungen in Stator und Rotor reduziert werden. Insbesondere ergibt sich eine geringere Kreuzsättigung entlang der d-Achse und der q-Achse im magnetischen Pfad. Somit kann eine bessere magnetische Leitfähigkeit erreicht werden. Dies führt dazu, dass ein ca. 4 bis 5% höheres Drehmoment mit der elektrischen Maschine erreicht werden kann. Somit kann eine elektrische Maschine bereitgestellt werden, die effizienter betrieben werden kann.

25

Zudem umfasst jeder der ersten Teilwicklungsstränge mehrere parallele Zweige und jeder der zweiten Teilwicklungsstränge umfasst mehrere parallele Zweige. Jeder der ersten Teilwicklungsstränge ist aus mehreren parallelen Zweigen aufgebaut,
30 um die notwendige erste Strangwindungszahl darzustellen, wobei die Windungszahl in den ersten m Teilwicklungssträngen identisch ist. Jeder der zweiten Teilwicklungsstränge ist aus mehreren parallelen Zweigen aufgebaut, um die notwendige zweite Strangwindungszahl darzustellen, wobei die Windungszahl in den zweiten m Teilwicklungssträngen identisch ist.
35 Die Anzahl der parallelen Zweige innerhalb der ersten und zweiten Teilwicklungsstränge können sowohl gleich als auch unterschiedlich sein, sofern hiermit ein optimales Verhältnis

von erster Teilwicklungswindungszahl zu zweiter Teilwicklungswindungszahl dargestellt werden kann.-

Bevorzugt ist die elektrische Maschine als synchrone
5 Reluktanzmaschine oder als permanenterregte Synchronmaschine mit vergrabenen Magneten im Rotor ausgebildet. Beispielsweise kann die elektrische Maschine als Synchron-Reluktanzmotor ausgebildet sein. Hierbei weist der Rotor keine Permanentmagnete und keine elektrische Wicklung auf. Der Rotor ist in
10 diesem Fall aus einem hochpermeablen, weichmagnetischen Material, beispielsweise einem Elektroblech, gebildet, welches ausgeprägte Pole besitzt. Alternativ dazu kann die elektrische Maschine als Synchronmaschine ausgebildet sein, bei welcher der Rotor vergrabene Magnete aufweist. Hierzu kann der
15 Rotor, der beispielsweise aus einem Elektroblech gebildet ist, entsprechende Ausnehmungen aufweisen, in welche Permanentmagnete eingebracht sind. Somit kann auf einfache und zuverlässige Weise eine elektrische Maschine mit Reluktanzdrehmoment bereitgestellt werden.

20
Gemäß einer Ausführungsform sind die erste Teilwicklung und die zweite Teilwicklung sternartig geschaltet. Die jeweiligen Spulenenden der ersten Teilwicklungsstränge der ersten Teilwicklung und die jeweiligen Spulenenden bzw. Spulenanfänge
25 der zweiten Teilwicklungsstränge der zweiten Teilwicklung können also elektrisch verbunden sein. Die jeweiligen ersten Teilwicklungsstränge der ersten Teilwicklung und die jeweiligen zweiten Teilwicklungsstränge der zweiten Teilwicklung können also elektrisch in Serie geschaltet sein. Auf diese
30 Weise kann eine Erhöhung des Drehmoments der elektrischen Maschine erreicht werden.

Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass benachbarte zweite Teilwicklungsstränge jeweils an Verbindungspunkten elektrisch
35 verbunden sind und jeweils einer der ersten Teilwicklungsstränge mit einem der Verbindungspunkte und mit einer Anschlussklemme elektrisch verbunden ist. Die zweiten Teilwicklungsstränge können in Polygonschaltung bzw. Dreieckschaltung

miteinander verbunden sein. Dabei sind die jeweiligen zweiten Teilwicklungsstränge an Verbindungspunkten elektrisch miteinander verbunden. Jeder der ersten Teilwicklungsstränge ist einem Teilwicklungsende mit einem Verbindungspunkt und mit
5 einem Teilwicklungsanfang mit einer Anschlussklemme elektrisch verbunden. An den Anschlussklemmen kann dann die Wicklung versorgt werden.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform sind die erste Teilwicklung und die zweite Teilwicklung elektrisch parallel geschaltet. Dies bedeutet, dass die jeweiligen ersten Teilwicklungsstränge und die jeweiligen zweiten Teilwicklungsstränge direkt mit den Anschlussklemmen verbunden sind. Auch mit einer derartigen Verschaltung der Teilwicklung bzw. Teilwicklungsstränge kann eine Erhöhung des Drehmoments der elektrischen Maschine erreicht werden.
10
15

Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass benachbarte zweite Teilwicklungsstränge jeweils an Verbindungspunkten elektrisch verbunden sind und jeweils einer der ersten Teilwicklungsstränge mit einem der Verbindungspunkte und mit einem Sternpunkt der ersten Teilwicklungsstränge elektrisch verbunden sind. Die zweiten Teilwicklungsstränge sind in Polygonschaltung oder Dreieckschaltung miteinander an jeweiligen Verbindungspunkten verbunden. Die jeweiligen ersten Teilwicklungsstränge sind einerseits mit dem Sternpunkt und andererseits mit einem der Verbindungspunkte elektrisch miteinander verbunden. Dies ermöglicht eine einfache Verschaltung der Teilwicklungsstränge.
20
25

30 Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die erste Teilwicklung eine Mehrzahl von ersten Spulen aufweist, wobei eine jeweilige Windungszahl der ersten Spulen gleich ist, und die zweite Teilwicklung eine Mehrzahl von zweiten Spulen aufweist, wobei
35 eine jeweilige Windungszahl der zweiten Spulen gleich ist. Mit anderen Worten weist jede Spule der ersten Teilwicklung die gleiche Windungszahl auf und jede Spule der zweiten Teil-

wicklung weist die gleiche Windungszahl auf. Dies ermöglicht eine einfache Herstellung der Wicklung.

Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass sich die jeweilige
5 Windungszahl der ersten Spulen von der jeweiligen Windungszahl der zweiten Spulen unterscheidet. Die Windungszahl der ersten Spulen der ersten Teilwicklung und die Windungszahl der zweiten Spulen der zweiten Teilwicklung unterscheiden sich also. Durch eine derartige Ausgestaltung der Wicklung
10 kann ein effizienter Betrieb der elektrischen Maschine ermöglicht werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Stator eine Mehrzahl von Nuten mit einer geraden Anzahl auf und eine Anzahl von Nuten, in denen die erste Teilwicklung angeordnet
15 ist, entspricht einer Anzahl von Nuten, in denen die zweite Teilwicklung angeordnet ist. Dies bedeutet, dass die Aufteilung der Nuten auf die erste Teilwicklung und die zweite Teilwicklung gleich ist, wenn die Lochzahl geradzahlig ist.
20 Damit sind die erste Lochzahl für die erste Teilwicklung und die zweite Lochzahl für die zweite Teilwicklung identisch. Auf diese Weise kann eine gleichmäßige Feldverteilung im Luftspalt erreicht werden. Dies ermöglicht eine effektive Dämpfung von Oberwellen.

25
Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Stator eine Mehrzahl von Nuten mit einer ungeraden Anzahl auf und eine Anzahl von Nuten, in denen die erste Teilwicklung angeordnet ist, unterscheidet sich von einer Anzahl von Nuten, in denen
30 die zweite Teilwicklung angeordnet ist, um eine Nut. Bei einer ungeradzahligen Lochzahl kann die Anzahl der Nuten, in denen die erste Teilwicklung angeordnet ist um eine Nut höher oder niedriger sein als die Anzahl der Nuten, in denen die zweite Teilwicklung angeordnet ist. Dies bedeutet, dass
35 sich die erste Lochzahl für die erste Teilwicklung und die zweite Lochzahl für die zweite Teilwicklung um eins unterscheiden. Somit kann auch bei einer ungeradzahligen Lochzahl

pro Pol und Strang eine möglichst gleichmäßige Feldverteilung im Luftspalt ermöglicht werden.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprü-
5 chen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend
in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinati-
onen, sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung ge-
nannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale
und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils ange-
10 gebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen
oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfin-
dung zu verlassen.

Die Erfindung wird nun anhand von bevorzugten Ausführungsbei-
15 spielen sowie unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnun-
gen näher erläutert. Dabei zeigen:

- FIG 1 eine schematische Darstellung einer elektrischen
Maschine in einer geschnittenen Seitenansicht;
20 FIG 2 eine schematische Darstellung eines Rotorblech-
schnittes eines Synchronreluktanzmotors;
FIG 3 eine Verschaltung von ersten Teilwicklungen und
zweiten Teilwicklungen einer Wicklung der elektri-
schen Maschine gemäß einer ersten Ausführungsform;
25 FIG 4 ein inneres Schaltbild der ersten Teilwicklung;
FIG 5 eine Verschaltung der ersten Teilwicklung zweiten
Teilwicklungen gemäß einer weiteren Ausführungs-
form; und
FIG 6 ein inneres Schaltbild der zweiten Teilwicklung.

30

In den Figuren werden gleiche und funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

FIG 1 zeigt eine elektrische Maschine 1 in einer geschnitte-
35 nen Seitenansicht. Die elektrische Maschine 1 ist zum Betrieb
an einem 3-phasigen Netz ausgebildet. Die elektrische Maschi-
ne 1 umfasst einen Stator 2 sowie einen Rotor 3, der relativ
zum Stator 2 drehbar ist. Der Stator 2 umfasst einen Stator-

körper 4 welcher beispielsweise aus einem Elektroblech gebildet sein kann. Der Stator 2 umfasst ferner eine Mehrzahl von Nuten 5, welche sich entlang einer radialen Richtung der elektrischen Maschine 1 erstrecken. Der Rotor 3 umfasst einen Rotorkörper 6, welcher ebenfalls aus einem Elektroblech gebildet sein kann. Darüber hinaus umfasst der Rotor 3 eine Mehrzahl von Permanentmagneten 7, welche vergraben in dem Rotor angeordnet sind. Dies bedeutet, dass das Elektroblech bzw. der Rotorkörper 6 entsprechende Ausnehmungen aufweisen kann, in welche die Permanentmagneten 7 eingebracht sind.

Bei der elektrischen Maschine 1 wird ein auf den Rotor 3 wirkendes Drehmoment zumindest teilweise von einer Reluktanzkraft bewirkt. Dies wird durch gezielte magnetische Anisotropie im Rotorblechschnitt bzw. durch einen Unterschied in den magnetischen Leitwerten zwischen d-Achse und q-Achse dargestellt.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die elektrische Maschine 1 als synchrone Reluktanzmaschine ausgebildet ist. Hierzu zeigt FIG 2 eine schematische Darstellung eines Rotors 3 einer Reluktanzmaschine. Der Rotor 3 umfasst magnetische Flusssperrern 10 sowie magnetische Leitflächen 11.

FIG 3 zeigt ein Schaltbild einer Wicklung 8 der elektrischen Maschine 1 gemäß einer ersten Ausführungsform. Die Wicklung 8 umfasst eine erste Teilwicklung TW1 und eine zweite Teilwicklung TW2. Vorliegend sind die erste Teilwicklung TW1 und die zweite Teilwicklung TW2 seriell miteinander verbunden. Die erste Teilwicklung TW1 umfasst mehrere erste Teilwicklungsstränge T1. Vorliegend umfasst die erste Teilwicklung TW1 drei erste Teilwicklungsstränge T1. Ferner umfasst die zweite Teilwicklung TW2 eine Mehrzahl von zweiten Teilwicklungssträngen T2. Vorliegend umfasst die zweite Teilwicklung TW2 drei zweite Teilwicklungsstränge T2.

Dabei sind die ersten Teilwicklungssträngen T1 sternartig mit einer Polygonschaltung der zweiten Teilwicklungsstränge T2

verbunden. Aus diesem Grund wird diese Variante auch als Serienschaltung bezeichnet. Dabei sind jeweils zwei zweite Teilwicklungsstränge T2 mit den jeweiligen Teilwicklungsstranganfängen u2, w2, v2 und Teilwicklungsstrangenden y2, x2, z2 an jeweiligen Verbindungspunkten P1, P2 und P3 miteinander verbunden. Jeweils ein erster Teilwicklungsstrang T1 ist einerseits mit seinem jeweiligen Teilwicklungsstrangenden y1, x1, z1 an einem der Verbindungspunkte P1, P2, P3 und mit jeweils einem Teilwicklungsstranganfängen u1, v1, w1 an einer Anschlussklemme L1, L2 oder L3 verbunden.

FIG 4 zeigt eine 4-polige Anordnung der Wicklung 8 der Teilwicklung TW1 in den jeweiligen Nuten 5 mit den jeweiligen Teilwicklungsstranganfängen u1, w1, v1 und Teilwicklungsstrangenden x1, y1, z1.

FIG 5 zeigt ein Schaltbild der Wicklung 8 gemäß einer weiteren Ausführungsform. Hierbei sind die erste Teilwicklung TW1 und die zweite Teilwicklung TW2 parallel geschaltet. Die zweiten Teilwicklungsstränge T2 sind hier ebenfalls in Polgonschaltung miteinander verbunden, wobei benachbarte zweite Teilwicklungsstränge T2 jeweils mit einem der Verbindungspunkte P1, P2 und P3 verbunden sind. Ferner sind die jeweiligen Verbindungspunkte P1, P2 und P3 mit den jeweiligen Anschlussklemmen L1, L2 und L3 verbunden. Die jeweiligen ersten Teilwicklungsstränge T1 sind in Sternschaltung miteinander verbunden. Einerseits sind die ersten Teilwicklungsstränge T1 mit einem Sternpunkt S und andererseits mit einem der Verbindungspunkte P1, P2 oder P3 verbunden.

FIG 6 zeigt die 4-polige Anordnung der Wicklung 8 der Teilwicklung TW2 in den jeweiligen Nuten 5 mit den jeweiligen Teilwicklungsstranganfängen u2, w2, v2 und Teilwicklungsstrangenden x2, y2, z2.

Das innere Schaltbild der Teilwicklung TW1 gemäß FIG 4 und das innere Schaltbild der Teilwicklung TW2 gemäß FIG 6 gelten

sowohl für die Verschaltung der Wicklung 8 nach FIG 3 als auch für die Verschaltung der Wicklung 8 nach FIG 5.

Die elektrische Maschine 1 weist die Polpaarzahl p auf. Die Anzahl der Nuten 5, die pro Pol und Strang bewickelt wird, ist als Lochzahl q bekannt. Dabei wird auch die erste Lochzahl q_{TW1} für die erste Teilwicklung TW1 und die zweite Lochzahl q_{TW2} für die zweite Teilwicklung TW2 unterschieden. Die Summe von erster Lochzahl q_{TW1} der ersten Teilwicklung TW1 und zweiter Lochzahl q_{TW2} der zweiten Teilwicklung TW2 ergibt die Lochzahl q pro Pol und Strang, wobei die Lochzahl q zur Ausführbarkeit größer oder gleich zwei sein muss. Dabei kann die erste Lochzahl q_{TW1} für die erste Teilwicklung TW1 und die zweite Lochzahl q_{TW2} für die zweite Teilwicklung TW1 identisch sein. Dies gilt für eine gerade Anzahl an Nuten 5. Alternativ dazu kann sich erste Lochzahl q_{TW1} und die zweite Lochzahl q_{TW2} um eins unterscheiden. Dies gilt für eine ungerade Anzahl an Nuten 5.

Zudem kann jeder der ersten Teilwicklungsstränge T1 mehrere parallele Zweige umfassen und jeder der zweiten Teilwicklungsstränge T2 kann mehrere parallele Zweige umfassen. Jeder der ersten Teilwicklungsstränge kann aus mehreren parallelen Zweigen a_{TW1} aufgebaut sein, um die notwendige erste Strangwindungszahl w_{TW1} darzustellen, wobei die Windungszahl in den ersten m Teilwicklungssträngen T1 identisch ist. Jeder der zweiten Teilwicklungsstränge T2 kann aus mehreren parallelen Zweigen a_{TW2} aufgebaut sein, um die notwendige zweite Strangwindungszahl a_{TW2} darzustellen, wobei die Windungszahl in den zweiten m Teilwicklungssträngen T2 identisch ist. Die Anzahl der parallelen Zweige innerhalb der ersten und zweiten Teilwicklungsstränge T1, T2 können sowohl gleich als auch unterschiedlich sein, sofern hiermit ein optimales Verhältnis von erster Teilwicklungswindungszahl zu zweiter Teilwicklungswindungszahl dargestellt werden kann:

$$w_{TW1} = z_{TW1} * q_{TW1} * p / a_{TW1},$$

$$w_{TW2} = z_{TW2} * q_{TW2} * p / a_{TW2}.$$

Durch die Ausgestaltung der Wicklung 8 und insbesondere durch die Aufteilung der Wicklung 8 in die Teilwicklungen TW1 und
5 TW2 können lokale Sättigungen in dem Rotor 3 reduziert werden. Damit kann die magnetische Leitfähigkeit in dem Rotor 3 erhöht werden. Dies führt dazu, dass das Drehmoment der elektrischen Maschine 1 erhöht werden kann. Dies gilt sowohl für den Fall, dass die erste Teilwicklung TW1 und die zweite
10 Teilwicklung TW2 in Serie geschaltet sind als auch für den Fall, dass die erste Teilwicklung TW1 und die zweite Teilwicklung TW2 parallel geschaltet sind.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (1) mit einem Stator (2) und einem Rotor (3), wobei der Stator (2) eine mehrphasige Wicklung (8) mit einer ersten Teilwicklung (TW1) und einer zweiten Teilwicklung (TW2) aufweist, wobei die zweite Teilwicklung (TW2) eine Mehrzahl von zweiten Teilwicklungssträngen (T2) aufweist, welche in Polygonschaltung verbunden sind, und die erste Teilwicklung (TW1) eine Mehrzahl von ersten Teilwicklungssträngen (T1) aufweist, welche in Sternschaltung verbunden sind oder sternartig mit der Polygonschaltung der zweiten Teilwicklungssträngen (T2) verbunden ist, wobei die elektrische Maschine (1) derart ausgebildet ist, dass ein auf den Rotor (3) wirkendes Drehmoment zumindest teilweise von einer Reluktanzkraft bewirkt ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass jeder der ersten Teilwicklungsstränge (T1) mehrere parallele Zweige umfasst und jeder der zweiten Teilwicklungsstränge (T2) mehrere parallele Zweige umfasst, wobei eine Windungszahl in den ersten Teilwicklungssträngen (T1) identisch ist und eine Windungszahl in den zweiten Teilwicklungssträngen (T2) identisch ist.

2. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die elektrische Maschine (1) als synchrone Reluktanzmaschine oder als permanenterregte Synchronmaschine mit vergrabenen Permanentmagneten (7) im Rotor (3) ausgebildet ist.

3. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die erste Teilwicklung (TW1) und die zweite Teilwicklung (TW2) sternartig geschaltet sind, wobei benachbarte zweite Teilwicklungsstränge (T2) jeweils an Verbindungspunkten (P1, P2, P3) elektrisch verbunden sind und jeweils einer der ersten Teilwicklungsstränge (T1) mit einem der Verbindungspunkte (P1, P2, P3) und mit einer Anschlussklemme (L1, L2, L3) elektrisch verbinden ist.

4. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die erste
Teilwicklung (TW1) und die zweite Teilwicklung (TW2) elek-
trisch parallel geschaltet sind.

5

5. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 4, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass benachbarte zweite Teil-
wicklungsstränge (T2) jeweils an Verbindungspunkten (P1,P2,
P3) elektrisch verbunden sind und jeweils einer der ersten
10 Teilwicklungsstränge (T1) mit einem der Verbindungspunkte
(P1,P2,P3) und mit einem Sternpunkt (S) der ersten Teilwick-
lungsstränge (T1) elektrisch verbunden ist.

6. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden An-
15 sprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die erste Teilwicklung (TW1) eine Mehrzahl von ersten
Spulen (9) aufweist, wobei eine jeweilige Windungszahl der
ersten Spulen (9) gleich ist, und die zweite Teilwicklung ei-
ne Mehrzahl von zweiten Spulen (9) aufweist, wobei eine je-
20 weilige Windungszahl der zweiten Spulen (9) gleich ist.

7. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 6, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass sich die jeweilige Win-
dungszahl der ersten Spulen (9) von der jeweiligen Windungs-
25 zahl der zweiten Spulen (9) unterscheidet.

8. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Stator (2) eine Mehrzahl von Nuten (5) mit einer ge-
30 raden Anzahl ausweist und eine Anzahl von Nuten (5), in denen
die erste Teilwicklung (TW1) angeordnet ist, einer Anzahl von
Nuten (5), in denen die zweite Teilwicklung (TW2) angeordnet
ist, entspricht.

35 9. Elektrische Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der
Stator (2) eine Mehrzahl von Nuten (5) mit einer ungeraden
Anzahl ausweist und sich eine Anzahl von Nuten (5), in denen

die erste Teilwicklung (TW1) angeordnet ist, von einer Anzahl von Nuten (5), in denen die zweite Teilwicklung (TW2) angeordnet ist, um eine Nut (5) unterscheidet.

FIG 2

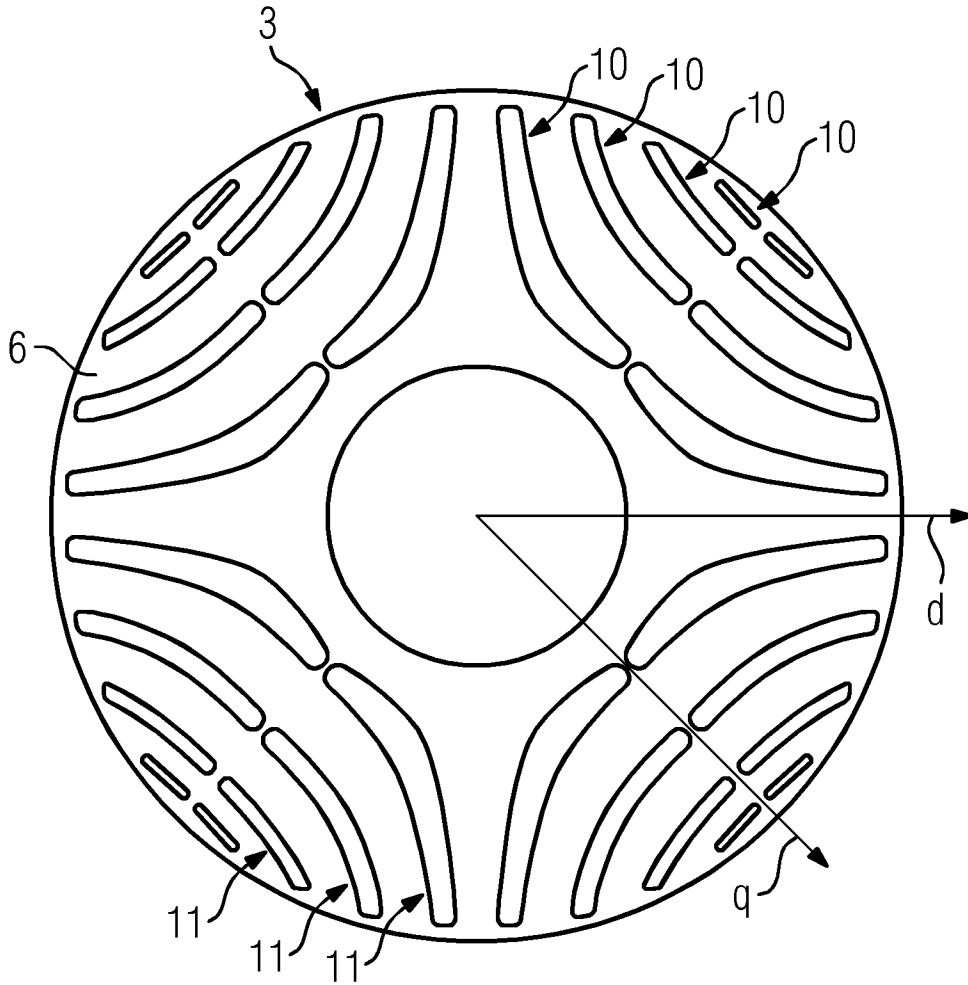


FIG 3

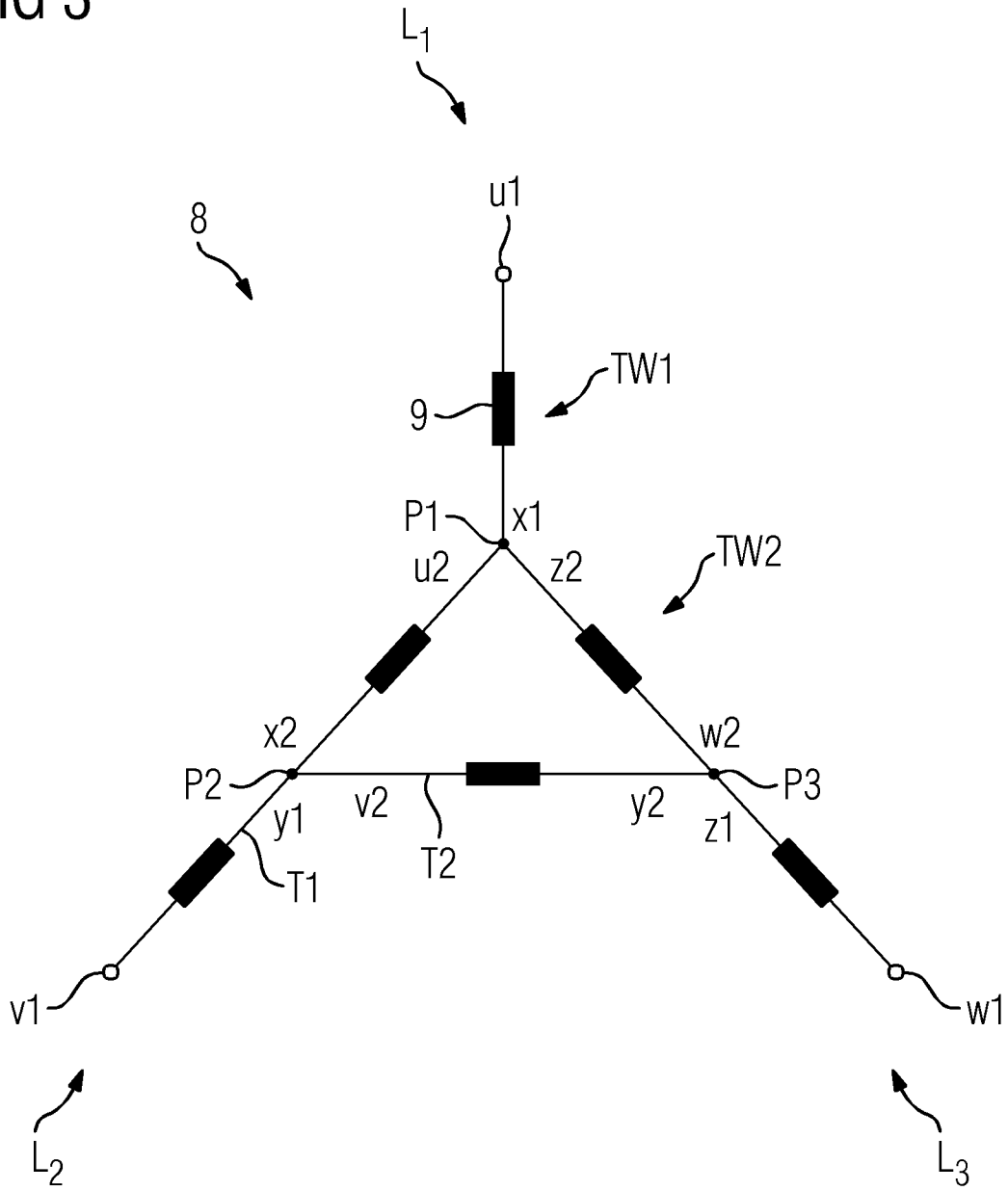
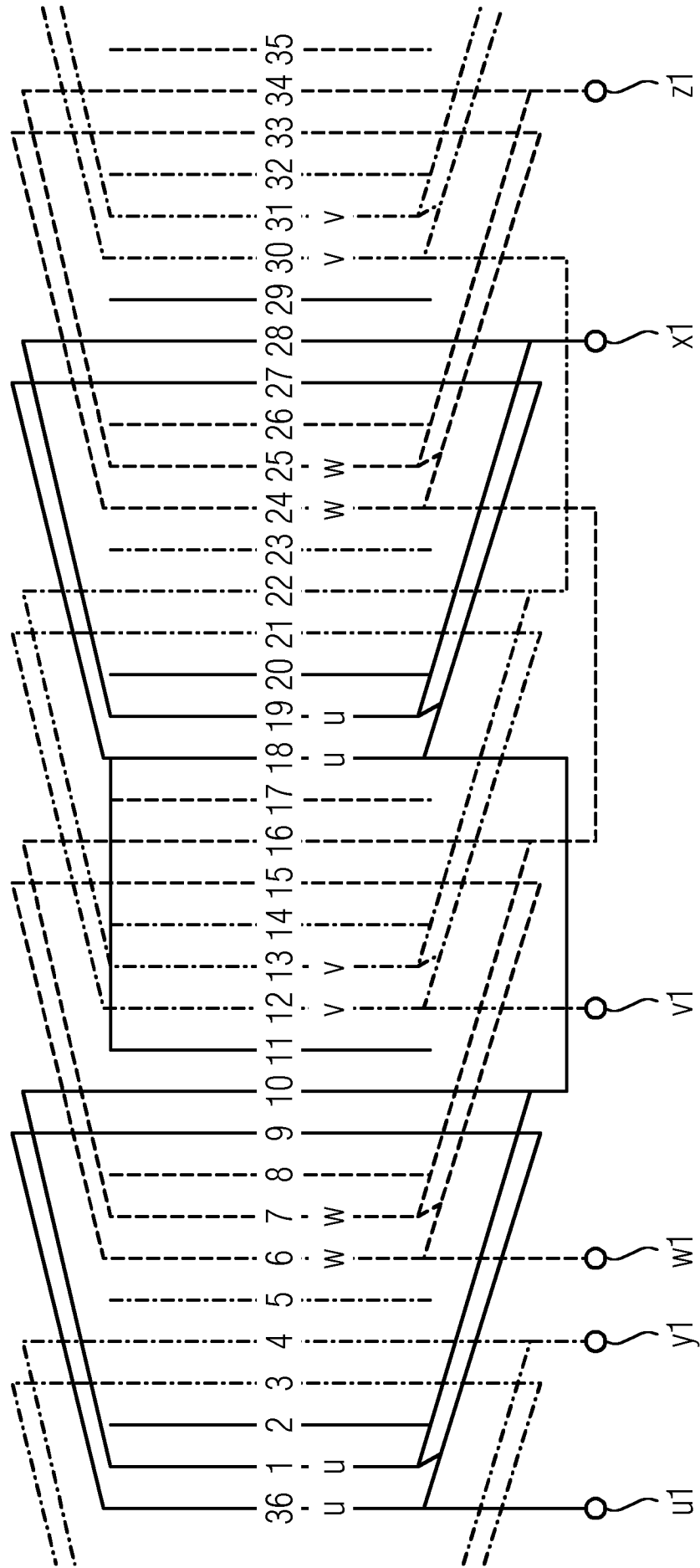
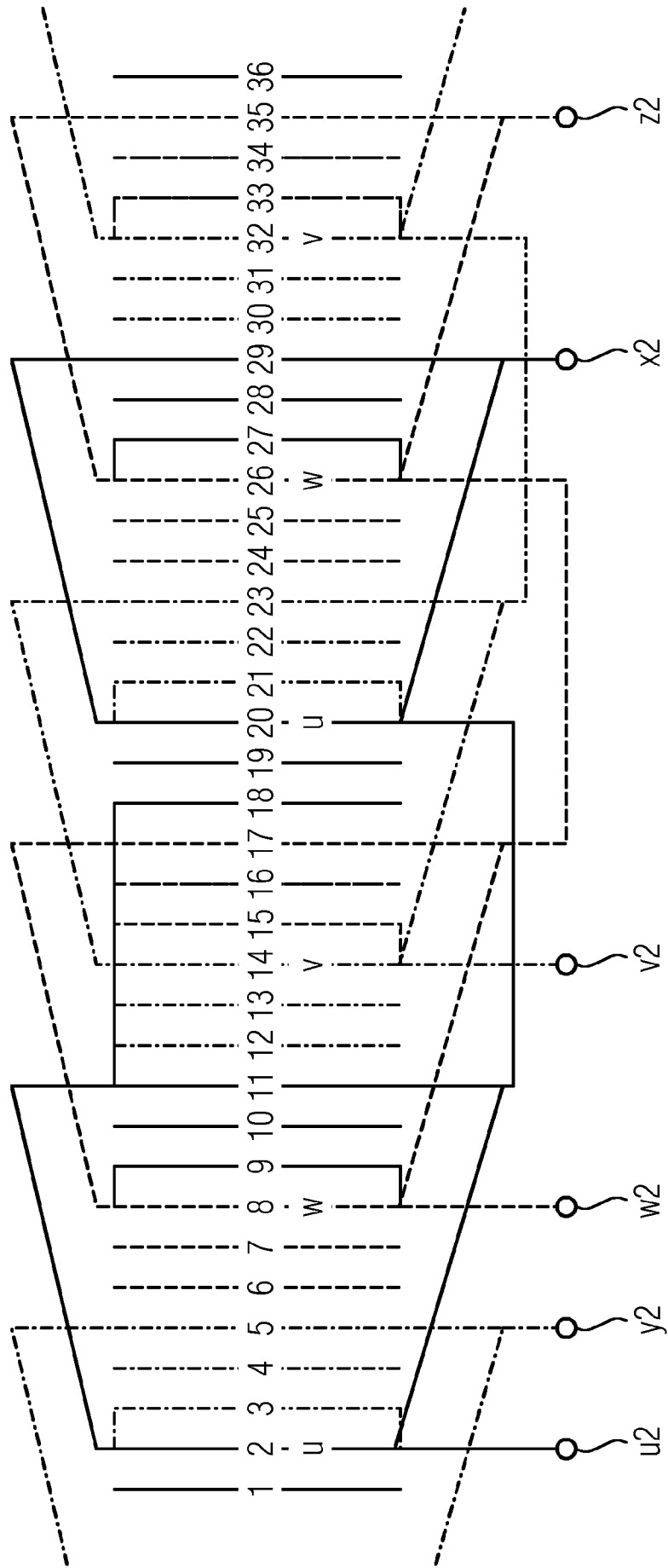


FIG 4



6/6

FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068877

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K3/28
 ADD. H02K1/27 H02K19/10

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.
Y	DE 10 2013 103665 A1 (FEAM GMBH [DE]) 16 October 2014 (2014-10-16) cited in the application the whole document	1-9
Y	EP 2 180 580 A2 (JTEKT CORP [JP]) 28 April 2010 (2010-04-28) paragraph [0027] - paragraph [0032]; figures 2, 3	1-9
Y	EP 0 018 835 A1 (NAT RES DEV [GB]) 12 November 1980 (1980-11-12) page 6, line 20 - page 7, line 14; figure 1	1-9
Y	EP 0 557 809 B1 (SIEMENS AG [DE]) 22 January 1997 (1997-01-22) cited in the application page 4, line 9 - line 22; figure 8	4,5

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 15 September 2017	Date of mailing of the international search report 25/09/2017
------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

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 Mazagão Guerreiro, R
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/068877

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013103665 A1	16-10-2014	CN 105284033 A	27-01-2016
		DE 102013103665 A1	16-10-2014
		US 2016308415 A1	20-10-2016
		WO 2014166872 A2	16-10-2014

EP 2180580 A2	28-04-2010	CN 101728884 A	09-06-2010
		EP 2180580 A2	28-04-2010
		JP 2010104112 A	06-05-2010
		US 2010096943 A1	22-04-2010

EP 0018835 A1	12-11-1980	DE 3066804 D1	12-04-1984
		EP 0018835 A1	12-11-1980
		GB 2056784 A	18-03-1981

EP 0557809 B1	22-01-1997	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/068877

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K3/28
 ADD. H02K1/27 H02K19/10

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.
Y	DE 10 2013 103665 A1 (FEAM GMBH [DE]) 16. Oktober 2014 (2014-10-16) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-9
Y	EP 2 180 580 A2 (JTEKT CORP [JP]) 28. April 2010 (2010-04-28) Absatz [0027] - Absatz [0032]; Abbildungen 2, 3 -----	1-9
Y	EP 0 018 835 A1 (NAT RES DEV [GB]) 12. November 1980 (1980-11-12) Seite 6, Zeile 20 - Seite 7, Zeile 14; Abbildung 1 -----	1-9
Y	EP 0 557 809 B1 (SIEMENS AG [DE]) 22. Januar 1997 (1997-01-22) in der Anmeldung erwähnt Seite 4, Zeile 9 - Zeile 22; Abbildung 8 -----	4,5

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
15. September 2017	25/09/2017

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 Mazagão Guerreiro, R
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/068877

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013103665 A1	16-10-2014	CN 105284033 A	27-01-2016
		DE 102013103665 A1	16-10-2014
		US 2016308415 A1	20-10-2016
		WO 2014166872 A2	16-10-2014

EP 2180580 A2	28-04-2010	CN 101728884 A	09-06-2010
		EP 2180580 A2	28-04-2010
		JP 2010104112 A	06-05-2010
		US 2010096943 A1	22-04-2010

EP 0018835 A1	12-11-1980	DE 3066804 D1	12-04-1984
		EP 0018835 A1	12-11-1980
		GB 2056784 A	18-03-1981

EP 0557809 B1	22-01-1997	KEINE	
