(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
24. Januar 2019 (24.01.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/015894 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 23/00 (2016.01) *H02P 27/08* (2006.01)
H02P 25/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/065892

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Juni 2018 (14.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 212 574.8
21. Juli 2017 (21.07.2017) DE

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

(72) Erfinder: **KURFISS, Jochen**; Im Boden 7, 75417 Lomersheim (DE). **VOLLMER, Ulrich**; Oehrichstr. 50, 73235 Weilheim (DE).

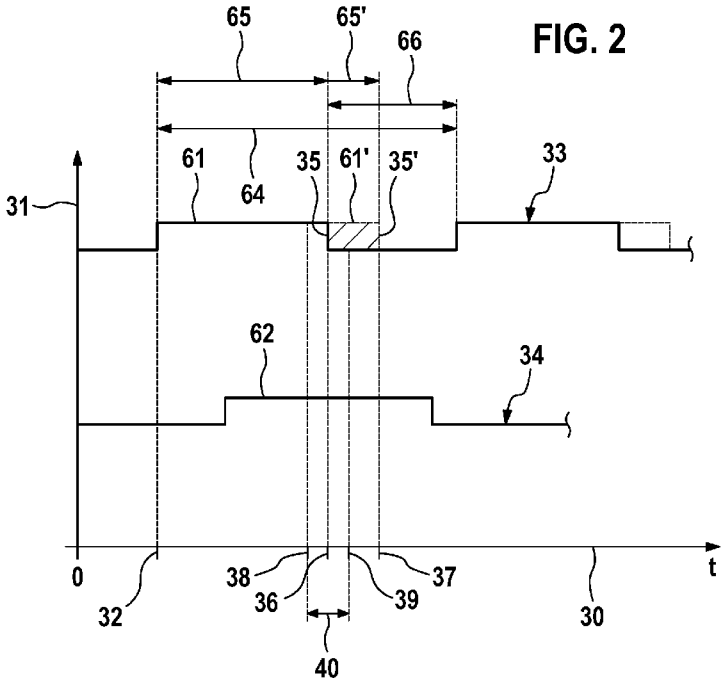
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, 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,

(54) **Title:** ELECTRIC MACHINE

(54) **Bezeichnung:** ELEKTRISCHE MASCHINE

FIG. 2



(57) **Abstract:** The invention relates to an electric machine, in particular an electric motor and/or generator. The electric machine has a stator and a rotor which is designed to be permanently magnetic or to be energized in particular. The machine has at least two sub-machines. Each of the sub-machines has the same number of phases. According to the invention, the machine has a power output stage for each sub-machine, and the machine also has at least one control unit which is connected to the power output stages. The control unit is designed to generate a pulse width-modulated signal for actuating the power output stages. The control unit is also designed to generate the PWM signal for the sub-machines such that an ascending or descending side of a PWM pulse for one sub-machine, said side representing a switching time in each case, and a pulse center of a PWM pulse for another sub-machine of the sub-machines

WO 2019/015894 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

are delayed relative to each other.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere Elektromotor und/oder Generator. Die elektrische Maschine weist einen Stator und einen insbesondere permanentmagnetisch oder zum Bestromen ausgebildeten Rotor auf. Die Maschine weist wenigstens zwei Teilmaschinen auf. Die Teilmaschinen weisen jeweils dieselbe Phasenanzahl auf. Erfindungsgemäß weist die Maschine für jede Teilmaschine eine Leistungsendstufe auf. Die Maschine weist auch wenigstens eine Steuereinheit auf, welche mit den Leistungsendstufen verbunden ist. Die Steuereinheit ist ausgebildet, ein pulsweitenmoduliertes Signal zum Ansteuern der Leistungsendstufen zu erzeugen. Die Steuereinheit ist auch ausgebildet, das PWM-Signal für die Teilmaschinen derart zu erzeugen, dass eine jeweils einen Schaltzeitpunkt repräsentierende abfallende oder ansteigende Flanke eines PWM-Pulses für eine Teilmaschine, und eine Pulsmitte eines PWM- Pulses für eine weitere Teilmaschine der Teilmaschinen, zueinander zeitversetzt sind.

Beschreibung

Titel

Elektrische Maschine

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere Elektromotor und/oder Generator. Die elektrische Maschine weist einen Stator und einen insbesondere permanentmagnetisch oder zum Bestromen ausgebildeten Rotor auf. Die Maschine weist wenigstens zwei Teilmaschinen auf. Die Teilmaschinen weisen jeweils dieselbe Phasenanzahl auf. Die Teilmaschinen weisen bevorzugt jeweils einen Teil von Statorspulen des Stators auf und sind jeweils ausgebildet, unabhängig voneinander ein magnetisches Drehfeld zum Drehbewegen des Rotors zu erzeugen. Die Maschine, insbesondere der Stator, weist für jede Phase einer Teilmaschine bevorzugt mindestens eine, mindestens zwei, mindestens drei oder nur eine Statorspule auf.

Aus der DE 10 2005 043 576 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine bekannt, die zumindest zwei elektrisch getrennte Statorwicklungen aufweist, wobei die erste Statorwicklung über einen ersten Teilumrichter gespeist wird und die zweite Statorwicklung über einen zweiten Teilumrichter gespeist wird. Die Teilumrichter werden mittels versetzt getakteter Signale gesteuert.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß weist die Maschine für jede Teilmaschine eine Leistungsendstufe auf. Die Maschine weist auch wenigstens eine Steuereinheit auf, welche mit den Leistungsendstufen verbunden ist. Die Steuereinheit ist ausgebildet, ein pulsweitenmoduliertes Signal zum Ansteuern der Leistungsendstufen zu erzeugen. Die Steuereinheit ist auch ausgebildet, das PWM-Signal für die Teilmaschinen derart zu erzeugen, dass eine jeweils einen Schaltzeitpunkt repräsentierende abfallende oder ansteigende Flanke eines PWM-Pulses für eine Teilmaschine, und eine Pulsmitte eines PWM-Pulses für eine weitere Teilmaschine der Teilmaschinen, zueinander zeitversetzt sind.

Es wurde nämlich erkannt, dass eine Stromerfassung eines Statorspulenstromes, welche in einer günstigen Weise zum Zeitpunkt einer Pulsmitte eines PWM-Pulses erfolgen kann, im Falle einer ansteigenden oder abfallenden Flanke eines PWM-Pulses, der zum Schalten einer Statorspule des Stators erzeugt wird, gestört werden kann. Die Statorspule, welche von der Leistungsendstufe mit einer Schaltflanke, gesteuert durch einen PWM-Puls, beaufschlagt wird, erzeugt elektromagnetische Felder, welche die Stromerfassung, insbesondere Strommessung, des Statorspulenstromes einer weiteren Statorspule stören kann. Die Störung kann insbesondere dann auftreten, wenn die zu den Teilmaschinen erzeugten Pulsmuster, zuvor auch PWM-Signal genannt, zueinander verschieden sind, oder die PWM-Ansteuerung der Teilmaschinen zueinander zeitlich versetzt erfolgt.

Bevorzugt ist jede Teilmaschine, die bevorzugt einen Teil der Statorspulen des Stators umfasst ausgebildet, ein magnetisches Feld zum Drehbewegen des Rotors, insbesondere für einen vollen Rotorumlauf, zu erzeugen. Die Teilmaschinen sind bevorzugt jeweils mit demselben Zwischenkreis elektrisch verbunden und können aus demselben Zwischenkreis mit Energie versorgt werden. Die Steuereinheit ist bevorzugt ausgebildet, die Teilmaschinen zueinander phasenversetzt – bevorzugt durch Beaufschlagen der Leistungsendstufe mit einem PWM-Signal - anzusteuern. Dadurch kann ein mit dem Zwischenkreis verbundener Zwischenkreiskondensator vorteilhaft entlastet werden. Eine Phasenversatz zwischen Ansteuermustern der Teilmaschinen beträgt bevorzugt zwischen 20 und 30 Prozent einer PWM-Periode, besonders bevorzugt 25 Prozent einer PWM-Periode. Dadurch kann der Zwischenkreiskondensator die Teilmaschinen einander abwechselnd mit Strom versorgen.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Maschine wenigstens einen mit der Steuereinheit verbundenen Stromsensor auf. Der Stromsensor ist ausgebildet, den Strom wenigstens einer Phase, oder aller Phasen der Teilmaschine zu erfassen. Die Steuereinheit ist ausgebildet, den Phasenstrom wenigstens einer Phase der Teilmaschine während einer Pulsmitte eines PWM-Pulses zu erfassen, wobei die Schaltzeitpunkte der PWM-Pulse zu der Pulsmitte,

und so zum Erfassungszeitpunkt des Stromes zeitlich zueinander versetzt sind. Die Maschine weist bevorzugt für jede Teilmaschine wenigstens einen Stromsensor auf. Der Stromsensor kann beispielsweise als Shunt-Widerstand ausgebildet sein. Mittels des Stromsensors kann vorteilhaft der Phasenstrom einer Phase einer Teilmaschine erfasst werden, und ein den Phasenstrom repräsentierendes Stromsignal erzeugt werden. Die Steuereinheit ist bevorzugt mit dem Stromsensor eingangsseitig verbunden und kann das Stromsignal vorteilhaft als Steuerparameter oder Regeleingangsparameter zum Ansteuern der Leistungsendstufe durch die Steuereinheit empfangen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinheit ausgebildet, ein Tastverhältnis zwischen einer PWM-Pulsdauer und einer Pulspausendauer einer PWM-Periode für alle Phasen einer Teilmaschine insbesondere gleichmäßig zu ändern, und so einen Zeitversatz zwischen den Pulsflanken der Teilmaschine und der Pulsmitte der PWM-Pulse für die wenigstens eine weitere Teilmaschine zu erzeugen. Durch das gleichzeitige Ändern der Zeitdauer des PWM-Pulses für alle Statorspulen einer Teilmaschine wird ein Spannungs-Offset eines Spannungsvektors der Teilmaschine erzeugt, was jedoch vorteilhaft keinen Einfluss auf die Potenzialdifferenz der Phasen der Teilmaschinen untereinander hat.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinheit ausgebildet, eine Pulsdauer des High-Side-Pulses, welcher von einem High-Side-Halbleiterschalter der Leistungsendstufe erzeugt wird, und eines Low-Side-Pulses, welcher von einem Low-Side-Halbleiterschalter derselben Leistungsendstufe erzeugt werden kann, zueinander abwechselnd zu ändern. So kann die zusätzlich durch die Pulsverlängerung entstehende Verlustleistung in der Leistungsendstufe insbesondere gleichmäßig zwischen den High-Side-Halbleiterschaltern und den Low-Side-Halbleiterschaltern aufgeteilt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinheit ausgebildet, das Tastverhältnis für eine Phase auf eine Obergrenze eines insbesondere unteren Aussteuerungsbereichs zu ändern. Vorteilhaft kann so bei einer Subtraktion eines vorbestimmten Zeitdauerbetrages von einer PWM-Pulsdauer eines PWM-

Pulses ein negativer Spannungswert des resultierenden Spannungsvektors vermieden werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinheit ausgebildet, ein Stromerfassungsintervall zu erzeugen, und den Strom während des Stromerfassungsintervalls zu erfassen. Die Steuereinheit ist bevorzugt weiter ausgebildet, das Tastverhältnis derart zu ändern, insbesondere zu vergrößern oder zu verkleinern, dass die insbesondere ansteigende oder abfallende Flanke mit dem Beginn oder einem Endzeitpunkt des Stromerfassungsintervalls zusammenfällt oder außerhalb des Stromerfassungsintervalls liegt. So kann die von der Steuereinheit mittels der PWM-Modulation zu erzeugende Betriebsspannung zum Betreiben der Leistungsendstufen vorteilhaft bis hin zu der Grenze des Stromerfassungsintervalls reichen, sodass eine Steuerung der auf die Leistungsendstufe, insbesondere eine Phase der Leistungsendstufe, zu beaufschlagenden Betriebsspannung vorteilhaft innerhalb eines Spannungsintervalls erfolgen kann, welches bis hin zu einem insbesondere nicht erlaubten Spannungsintervall reicht, welches durch ein Zeitfenster des Stromerfassungsintervalls bestimmt ist. Die von der Steuereinheit mittels der PWM-Modulation zu erzeugende Betriebsspannung zum Betreiben der Leistungsendstufen entspricht dabei einer durch ein Tastverhältnis der PWM-Modulation bestimmten Aussteuerung der Maschine.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Steuereinheit einen Pulsweitenmodulator auf, welcher ausgebildet ist, das Tastverhältnis für wenigstens eine oder eine Mehrzahl von PWM-Perioden zu ändern. Die Steuereinheit kann so vorteilhaft mittels des Pulsweitenmodulators die auf eine Statorspule zu beaufschlagende Spannung mittels der Änderung des Tastverhältnisses einstellen.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Ansteuern einer elektrischen Maschine mit wenigstens zwei Teilmaschinen. Die Teilmaschinen weisen jeweils eine gleiche Anzahl von Statorspulen auf. Bei dem Verfahren werden zum Ansteuern der Statorspulen pulsweitenmodulierte Pulsmuster erzeugt, wobei ein durch wenigstens eine der Statorspulen fließender Strom im Zeitbereich einer Pulsmitte erfasst wird. Bei dem Verfahren wird ein Tastverhältnis einer

Pulsperiode für wenigstens eine andere Teilmaschine derart geändert, insbesondere verlängert oder verkürzt, dass ein Pulsbeginn und/oder ein Pulsende eines PWM-Pulses zeitlich beabstandet zu der Stromerfassung, insbesondere zu der Pulsmitte erfolgt.

In einer bevorzugten Variante des Verfahrens wird der Strom innerhalb eines Stromerfassungsintervalls erfasst, das den Zeitpunkt der Pulsmitte einschließt. Die Stromerfassung im Bereich der Pulsmitte kann vorteilhaft durch einen PWM-Takt bevorzugt mittenzentriert erzeugter PWM-Pulse, erzeugt durch den Pulsweitenmodulator, gesteuert werden. Beispielsweise kann die Stromerfassung in jeder PWM-Periode, jeder zweiten, dritten, oder vierten PWM-Periode, oder nur in mittelbar aufeinanderfolgenden PWM-Perioden, die eine vorbestimmte Anzahl von PWM-Perioden zwischeneinander einschließen, sodass in den eingeschlossenen PWM-Perioden keine Stromerfassung erfolgt.

Bevorzugt beträgt ein Tastverhältnis bei der anderen Teilmaschine die Hälfte und somit 50 Prozent einer Vollaussteuerung, bei dem die PWM-Pulse für die andere Teilmaschine verlängert oder verkürzt werden. Bei diesem Aussteuerungswert fällt eine Pulsmitte eines Steuerpulses für die weitere Teilmaschine mit einer Pulsflanke eines Steuerpulses für die Teilmaschine zusammen. Bei einer Stromerfassung eines Stromes der weiteren Teilmaschine zu Zeitpunkt oder im Zeitbereich der Pulsmitte kann die Stromerfassung durch die Flanke des Steuerpulses der anderen Teilmaschine gestört werden. Ein Phasenversatz der PWM-Ansteuerung zwischen den zwei Teilmaschinen beträgt dazu beispielsweise 25 Prozent einer PWM-Periode.

Weiter bevorzugt beträgt ein zu vermeidender Bereich des Tastverhältnisses der Teilmaschine zwischen 50 und 60 Prozent, und/oder zwischen Null und 10 Prozent der Vollaussteuerung. Dadurch kann die Stromerfassung an der Teilmaschine vorteilhaft ungestört erfolgen. Bei einem anderem Phasenversatz der PWM-Ansteuerung zwischen der Teilmaschinen ergibt sich ein anderer zu vermeidender Bereich der Aussteuerung.

Die Erfindung wird nun im Folgenden anhand von Figuren und weiteren Ausführungsbeispielen beschrieben. Weitere vorteilhafte Ausführungsvarianten

ergeben sich aus den in den abhängigen Ansprüchen und in den Figuren beschriebenen Merkmalen.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine elektrische Maschine, welche ausgebildet ist, in Abhängigkeit eines Stromerfassens eines Antriebsstromes einer weiteren Teilmaschine eine Pulsdauer eines PWM-Pulses derart zu ändern, dass die Stromerfassung durch eine Schaltflanke des PWM-Pulses nicht gestört werden kann;

Figur 2 zeigt ein Diagramm, in dem Steuerpulse zum Ansteuern zwei zueinander verschiedener Teilmaschinen dargestellt sind;

Figur 3 zeigt ein Diagramm, in dem eine durch eine Pulsdauerverlängerung bewirkte Offsetverschiebung eines Spannungsverlaufes an einer Statorspule dargestellt ist;

Figur 4 zeigt Spannungsverläufe an drei Statorspulen einer Teilmaschine, bei denen in den Kurvenverläufen ein insbesondere mittlerer Aussteuerbereich übersprungen wird;

Figur 5 zeigt Spannungsverläufe an drei Statorspulen einer Teilmaschine, bei denen in den Kurvenverläufen zwei Aussteuerbereiche übersprungen werden.

Figur 1 zeigt – schematisch - ein Ausführungsbeispiel für eine elektrische Maschine 1. Die elektrische Maschine 1 weist einen Stator 2 auf. Der Stator 2 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel zwei Teilmaschinen, welche jeweils dreiphasig ausgebildet sind, und dazu drei Statorspulen aufweisen. Eine Teilmaschine 3 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel die Statorspulen 8, 9 und 10. Eine weitere Teilmaschine 4 der Teilmaschinen weist die Statorspulen 5, 6 und 7 auf. Die Maschine 1 umfasst auch einen Rotor 11, welcher beispielsweise permanentmagnetisch ausgebildet ist. Die Maschine 1 weist auch eine Endstufe 12 auf, welche in diesem Ausführungsbeispiel aus zwei Teilendstufen 13 und 14 gebildet ist. Jede der Teilendstufen 13 und 14 weist jeweils eine B6-Brücke, oder drei H-Brücken auf. Eine H-Brücke umfasst zwei Halbleiterschalter-Halbbrücken, deren Ausgangsanschluss jeweils mit einem Anschluss einer Statorspule

verbunden werden kann. Die Teilendstufe 13 ist ausgangsseitig über eine elektrische Verbindung 23 mit der Teilmaschine 3 verbunden. Die Teilendstufe 14 ist ausgangsseitig über eine elektrische Verbindung 24 mit der Teilmaschine 4 verbunden. Die Teilendstufe 13 ist ausgebildet, die Statorspulen 8, 9 und 10 zum Erzeugen eines magnetischen Drehfeldes zum Drehbewegen des Rotors 11 zu bestromen. Die Teilmaschine 14 ist ausgebildet, die Statorspulen 5, 6 und 7 zum Erzeugen eines magnetischen Drehfeldes zum Drehbewegen des Rotors 11 zu bestromen. Die Teilendstufen 13 und 14 können gemeinsam mit den jeweiligen Teilmaschinen 3 beziehungsweise 4 den Rotor 11 unabhängig zum Drehbewegen anregen. Auf diese Weise weist die Maschine 1 zwei voneinander unabhängige Teilmaschinen auf, welche im Normalbetrieb den Rotor 11 gemeinsam bewegen können, oder im Falle eines Defekts einer Teilmaschine kann die noch verbleibende Teilmaschine den Rotor 11 weiterbewegen.

Die Maschine 1 weist auch eine Steuereinheit 17 auf. Die Steuereinheit 17 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 27 mit der Endstufe 12, und dort mit der Teilendstufe 13, verbunden und ist ausgebildet, die Teilmaschine 3 über die Verbindungsleitung 27 anzusteuern, und dazu ein Steuersignal, insbesondere ein Pulsmuster, zu erzeugen und dieses an die Teilendstufe 13 zu senden. Die Steuereinheit 17 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 28 mit der Teilendstufe 14 verbunden und ist ausgebildet, die Teilendstufe 14, insbesondere Steueranschlüsse der Teilendstufe 14, zum Bestromen der Teilmaschine 4 anzusteuern. Die Maschine 1 weist auch einen Stromsensor 16 zum Erfassen eines Stromes der Teilendstufe 13, und einen Stromsensor 15 zum Erfassen eines Stromes der Teilendstufe 14 auf. Die Stromsensoren 15 und 16 sind beispielsweise durch einen Shunt-Widerstand gebildet. Die Teilendstufen 13 und 14 können - anders als in Figur 1 dargestellt - auch mittels eines gemeinsamen Stromsensors verbunden sein. Dazu kann eine Masseleitung der Teilendstufen 13 und 14 jeweils zusammengeführt sein und die zusammengeführte Masseleitung über den gemeinsamen Shunt-Widerstand zu einem Masseanschluss der Maschine 1 geführt sein.

Die Steuereinheit 17 ist in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, die Teilmaschinen 3 und 4 zueinander phasenversetzt anzusteuern. So kann ein von den Teilendstufen 13 und 14 gemeinsam genutzter Zwischenkreiskondensator

29 entlastet werden. Der Stromsensor 16 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 25 mit der Steuereinheit 17 verbunden. Der Stromsensor 15 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 26 mit der Steuereinheit 17 verbunden. Die Stromsensoren 16 und 15 sind jeweils ausgebildet, einen in der jeweiligen Teilendstufe 13 beziehungsweise 14 fließenden Strom zu erfassen und ein den Strom repräsentierendes Stromsignal zu erzeuge und ausgangsseitig an die Steuereinheit 17 zu senden.

Die Steuereinheit 17 weist einen Pulsmustergenerator 18 auf. Der Pulsmustergenerator 18 ist ausgebildet, pulsweitenmodulierte Steuersignale zum Ansteuern der Leistungsendstufe 12, insbesondere Steueranschlüsse der Leistungsendstufe 12, zu erzeugen und diese ausgangsseitig auszugeben. Dazu weist der Pulsmustergenerator 18 einen Pulsweitenmodulator 19 auf. Der Pulsweitenmodulator 19 weist einen Eingang 22 auf und ist ausgebildet, in Abhängigkeit eines am Eingang 22 empfangenen Steuersignals, insbesondere Amplitudensignals, ein Tastverhältnis zwischen einer Pulsdauer und einer Pulspausendauer zu erzeugen und die Steuerpulse zum Ein- und Ausschalten der Halbleiterschalter der Leistungsendstufe 12 entsprechend dem Tastverhältnis zu erzeugen.

Der Pulsweitenmodulator 19, im Folgenden auch PWM-Modulator genannt, ist eingangsseitig mit einem Ansteuermustergenerator 20 verbunden. Der Ansteuermustergenerator ist in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, für jede Phase, und so für jede der Phase entsprechenden Statorspule der Teilmaschinen ein Ansteuersignal zu erzeugen. Das Ansteuersignal repräsentiert beispielsweise eine Sinuswellenform oder zusätzlich eine zu der Sinuswellenform - als Grundschwingung - entsprechende Oberwelle, bevorzugt die dritte Oberwelle.

Die Steuereinheit 17 ist ausgebildet, das von den Stromsensoren 15 und 16 erzeugte Stromsignal wenigstens zu einem Stromerfassungszeitpunkt, oder innerhalb eines Stromerfassungsintervalls, zu erfassen, welches im zeitlichen Bereich oder zum Zeitpunkt einer Hälfte der Steuerpulsdauer eines Steuerpulses liegt. Die Steuereinheit 17 kann so den in der Leistungsendstufe, insbesondere in den Teilendstufen 13 und 14, fließenden Strom zum Zeitpunkt einer Pulsmitte der

von dem PWM-Modulator 19 erzeugten Steuerpulse erfassen. Der PWM-Modulator 19 ist beispielsweise ausgebildet, die Steuerpulse mittenzentriert innerhalb einer Pulsperiode zu erzeugen. Die Stromerfassung erfolgt beispielsweise mittenzentriert bezogen auf die Steuerpulserzeugung. Die Steuereinheit 17, insbesondere der PWM-Modulator 19, ist ausgebildet, die Teilmaschinen 3 und 4 zueinander phasenversetzt anzusteuern. Ein Phasenversatz zwischen den Pulsmustern für die Teilmaschinen 3 und 4 beträgt beispielsweise 25 Prozent einer Pulsperiodendauer. Die Steuereinheit 17 ist ausgebildet, im Falle einer Schaltflanke eines Steuerpulses für eine Teilmaschine, wobei der Schaltzeitpunkt der Schaltflanke in ein Stromerfassungsintervall einer Stromerfassung der weiteren oder derselben Teilmaschine fällt, die Steuerpulsdauer der Steuerpulse für die Teilmaschine wenigstens für die Dauer der Stromerfassung des Antriebsstromes wenigstens für einen Periodentakt oder mehrere Periodentakte zu verändern, insbesondere zu verlängern oder zu verkürzen.

Die Steuereinheit 17, in diesem Ausführungsbeispiel der Pulsmustergenerator 18, weist dazu eine Addiereinheit 21 auf, welche ausgebildet ist, in Abhängigkeit eines Zusammentreffens einer Schaltflanke innerhalb des Stromerfassungsintervalls, die Steuerpulsdauer der Steuerpulse für die Teilmaschine zu verlängern und dazu einen verlängerten Steuerpuls derart zu erzeugen, dass die Schaltflanke außerhalb des Stromerfassungsintervalls liegt. Der Pulsmustergenerator 18 ist eingangsseitig mit einem Zeitgeber 41 verbunden und ausgebildet, ein von dem Zeitgeber 41 erzeugtes, einen Zeittakt repräsentierendes Zeittaktsignal zu empfangen, und das PWM-Signal in Abhängigkeit des Zeittaktsignals zu erzeugen. Der Zeitgeber 41 ist beispielsweise durch einen Schwingquarz gebildet.

Figur 2 zeigt ein Diagramm, in dem – schematisch - zwei zueinander verschiedene Pulsmustersignale für zwei zueinander verschiedene Statorspulen zueinander verschiedener Teilmaschinen dargestellt sind. Das Diagramm umfasst eine Zeitachse 30 und eine Amplitudenachse 31. Die Kurve 33 repräsentiert ein pulsweitenmoduliertes Steuersignal zum Ansteuern der Teilendstufe 13, was beispielsweise ein Bestromen der Statorspule 8 der Teilmaschine 3 bewirkt.

Das Pulsmustersignal, repräsentiert durch die Kurve 33, weist einen Steuerpuls 61 auf, welcher zu einem Zeitpunkt 32 beginnt und zu einem späteren Zeitpunkt 36 endet. Der Steuerpuls 61 weist eine zwischen dem Zeitpunkt 32 des Beginns und einem Zeitpunkt des Endes 36 sich erstreckende Steuerpulsdauer 65 auf. An den Steuerpuls 61 schließt eine Pulspause mit einer Pulspausendauer 66 an. Eine Periodendauer , zwei, dri einer PWM-Periode des Steuerpulses 61 umfasst somit die Steuerpulsdauer 65 und die Pulspausendauer 66. Das Verhältnis zwischen der Steuerpulsdauer 65 und der Pulspausendauer 66 bestimmt das Tastverhältnis der PWM-Modulation.

Der Steuerpuls 61 weist an seinem Ende eine abfallende Flanke 35 auf. Figur 2 zeigt auch ein pulsweitenmoduliertes Steuersignal, repräsentiert durch eine Kurve 34, das einen Steuerpuls 62 umfasst. Der Steuerpuls 62 weist zum Zeitpunkt 36 seine Pulsmitte auf. Mittels des Steuerpulses 62, und so mittels des pulsweitenmodulierten Steuersignals, repräsentiert durch die Kurve 34, wird die Teilendstufe 14 angesteuert, und so eine Statorspule der weiteren Teilmaschine 4, beispielsweise die Statorspule 5 in Figur 1, bestromt. Figur 2 zeigt auch ein Stromerfassungsintervall 40, welches den Zeitpunkt 36 umfasst, sodass die Pulsmitte des Steuerpulses 62 innerhalb des Stromerfassungsintervalls 40 liegt. Die zuvor beschriebene Schaltflanke 35 des Steuersignals, repräsentiert durch die Kurve 33, liegt in diesem Ausführungsbeispiel - bedingt durch die Phasenverschiebung der Steuersignale der in Figur 1 dargestellten Teilmaschinen 3 und 4 - im Stromerfassungsintervall 40, und kann die Stromerfassung durch den Stromsensor 15, und insbesondere das vom Stromsensor 15 erzeugte Stromsignal, während des Stromerfassens stören. Figur 2 zeigt auch einen zeitlich verlängerten Steuerpuls 61‘, welcher eine abfallende Flanke 35‘ aufweist, deren Zeitpunkt 37 außerhalb des Stromerfassungsintervalls 40 - in diesem Ausführungsbeispiel später - liegt. Der zeitlich verlängerte Steuerpuls 61’ weist die verlängerte Steuerpulsdauer 65’ auf. Das Stromerfassungsintervall 40 weist eine Untergrenze 38 und eine Obergrenze 39 auf. Zwischen der Untergrenze 38 und der Obergrenze 39 liegt somit ein Aussteuerungsbereich der Pulsweitenmodulation für den Steuerpuls 61, welcher wenigstens zum Zeitpunkt eines Stromerfassens eines Stromes der weiteren Teilmaschine beim Steuerpulserzeugen des Steuerpulses 61 - beispielsweise

durch den in Figur 1 dargestellten Pulsweitenmodulator 19 - vermieden werden soll.

Durch die Addiereinheit 21, welche ausgebildet ist, ein Tastverhältnis zum Erzeugen des Steuerpulses 61 derart zu erzeugen, dass eine ansteigende oder eine abfallende Flanke 35 außerhalb des Stromerfassungsintervalls 40 liegt, sind die innerhalb des Stromerfassungsintervalls 40 liegenden Tastverhältnisse, und so den Tastverhältnissen entsprechende Spannungswerte, die sich beim Bestromen der entsprechenden Statorspule einstellen, für die entsprechende Statorspule gesperrt.

Figur 3 zeigt – schematisch – ein Diagramm mit einer Abszisse 42, die einen Zeitverlauf repräsentiert und einer Ordinate, 43, die eine Signalamplitude repräsentiert. Figur 3 zeigt einen beispielhaften, jeweils über eine PWM-Periode insbesondere kurzzeitig gemittelten Spannungsverlauf an einer Statorspule, welcher durch das pulsweitenmodulierte Signal, repräsentiert durch die Kurve 33, erzeugt ist. Der Spannungsverlauf, repräsentiert durch die Kurve 44, liegt innerhalb eines Aussteuerungsintervalls 53, welches eine Obergrenze 55, eine Untergrenze 54 und einen Mittelwert 56 aufweist. Sämtliche zum Erzeugen des Spannungsverlaufes 44 erforderlichen Steuerpulse, wie der in Figur 2 dargestellte Steuerpuls 61, fallen dabei mit der jeweiligen abfallenden Flanke, wie die in Figur 2 dargestellte abfallende Flanke 35, in das Stromerfassungsintervall 40, welches in Figur 3 dem Aussteuerungsintervall 53 entspricht. Das Aussteuerungsintervall 53 bestimmt dabei einen bei einer Aussteuerung der Maschine zu vermeidenden Aussteuerungsbereich.

Der in Figur 2 dargestellte verlängerte Steuerpuls 35‘ bewirkt nun eine Offset-Verschiebung 46 eines Offsets des Spannungsverlaufes, repräsentiert durch die Kurve 44. Figur 3 zeigt auch eine Kurve 44‘, welche die um die Offset-Verschiebung 46 aus dem Amplitudenbereich 53 herausgeschobene Kurve 44, und so einen aus dem Aussteuerungsbereich 53 herausgeschobenen Spannungsverlauf repräsentiert. Zu der Offset-Verschiebung 46 werden die Steuerpulse zum Ansteuern der Halbleiterschalter für eine Teilmaschine, insbesondere für sämtliche Statorspulen der Teilmaschine, gleichzeitig verlängert, oder verkürzt.

Figur 4 zeigt – schematisch - ein Diagramm, in welchem eine Kurve 50, eine Kurve 51 und eine Kurve 52 dargestellt sind. Das Diagramm weist eine Zeitachse 48 und eine Amplitudenachse 49 auf. Die Kurven 50, 51 und 52 repräsentieren jeweils einen Spannungsverlauf an zueinander verschiedenen Statorspulen einer Teilmaschine, beispielsweise den drei Statorspulen 8, 9 und 10 der Teilmaschine 3 in Figur 1, welcher beim Bestromen der Statorspulen 8, 9 und 10 durch die Teilendstufe 13 erzeugt werden kann.

Die Kurve 50 entspricht dabei beispielsweise dem Spannungsverlauf an der Statorspule 8, die Kurve 51 dem Spannungsverlauf an der Statorspule 9 und die Kurve 52 dem Spannungsverlauf an der Statorspule 10 in Figur 1. Figur 4 zeigt auch den Aussteuerungsbereich 53, den Mittelwert 56, die Untergrenze 54 und die Obergrenze 55 des Aussteuerungsbereichs 53.

Figur 4 zeigt auch einen Messzeitpunkt 57, zu dem ein Strom einer weiteren Teilmaschine, beispielsweise der Teilmaschine 4 in Figur 1, erfasst wird. Der Pulsweitenmodulator 18 in Figur 1 ist beispielsweise ausgebildet, die Steuerpulse, welche ein Bestromen der Statorspule 9 bewirken und welches an der Statorspule 9 den Spannungsverlauf repräsentiert durch die Kurve 51 erzeugt, im Spannungsbereich des Aussteuerungsbereiches 53 in einem Intervall zwischen dem Mittelwert 56 und der Untergrenze 54 derart zu verkleinern, dass die Steuerpulsdauer der Steuerpulse außerhalb des Stromerfassungsintervalls, und so eine an der Statorspule 9 erzeugte Spannung maximal an der Untergrenze 54 des Aussteuerungsbereichs 53 - bis hin zum Zeitpunkt 57 - verläuft. Der Zeitpunkt 57 entspricht dabei dem Mittelwert 56 eines unveränderten Spannungsverlaufs im Aussteuerungsbereich 53. Die Steuerpulse, welche dem Aussteuerungsbereich zwischen dem Mittelwert 56 und der Obergrenze 55 entsprechen, können durch den Pulsweitenmodulator 18 entsprechend verlängert werden, sodass die abfallenden Flanken, wie die abfallende Flanke 35‘ in Figur 2, außerhalb des Stromerfassungsintervalls 40 liegen. Die Aussteuerungswerte, die zwischen dem Mittelwert 56 und der Obergrenze 55 liegen, werden so wenigstens im Stromerfassungsintervall 40 an die Obergrenze 55 verschoben. Figur 4 zeigt auch das gleichzeitige Ändern der Steuerpulsdauer für die drei Statorspulen 8, 9 und 10 derselben Teilmaschine 3.

Der Spannungsverlauf an der Statorspule 9, repräsentiert durch die Kurve 50, weist zum Zeitpunkt 57 einen der Verkürzung beziehungsweise Verlängerung der Steuerpulsdauer entsprechenden Amplitudenverlauf 60 auf. Die Kurve 52, welche den Spannungsverlauf an der Statorspule 10 repräsentiert, weist im Bereich des Zeitpunktes 57 einen entsprechenden Amplitudenverlauf 59 auf, welcher durch die Änderung der Steuerpulsdauer verursacht ist. Der Spannungsverlauf an der Statorspule 9, repräsentiert durch die Kurve 51, weist im Bereich des Stromerfassungszeitpunkts 57 einen sprungförmigen Verlauf 58 auf.

Figur 5 zeigt – schematisch - ein Diagramm, in welchem jeweils einen Spannungsverlauf repräsentierende Kurven 73, 74 und 75 dargestellt sind. Das Diagramm weist eine Zeitachse 71 und eine Amplitudenachse 72 auf. Die Kurven 73, 74 und 75 repräsentieren in diesem Ausführungsbeispiel eine Vollaussteuerung der in Figur 1 dargestellten Teilmaschine 3. Das Diagramm in Figur 5 zeigt auch einen weiteren Aussteuerungsbereich 70, welcher sich zwischen einem kleinstmöglichen Aussteuerungswert, in diesem Ausführungsbeispiel einem Null-Wert des Aussteuerungsbereiches, und einem Aussteuerungswert kleiner als einem maximalen Aussteuerungswert 76 erstreckt, wobei der maximale Aussteuerungswert 76 der Vollaussteuerung der Teilmaschine entspricht. Der zuvor erwähnte kleinere Wert entspricht dabei einer Obergrenze 77 des zuvor erwähnten Aussteuerungsbereichs 70. Der Aussteuerungsbereich 70 wird in diesem Ausführungsbeispiel durch sehr kurze Steuerpulse zum Bestromen der Teilmaschine 3 selbst verursacht.

Der Pulsweitenmodulator 18 ist in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, die Steuerpulsdauer von Steuerpulsen, welche in den Aussteuerungsbereich 70, im Folgenden auch unterer Aussteuerungsbereich genannt, fallen, derart zu verlängern, dass die verlängerten Steuerpulse eine Steuerpulsdauer aufweisen, welche der Obergrenze 77 des Aussteuerungsbereichs 70 entspricht. Ein Messzeitpunkt 57 zum Stromerfassen eines Stromes an derselben Teilmaschine 3 in Figur 1, kann durch die Verlängerung der Steuerpulse für die Teilmaschine 3 so auch zu einem der Obergrenze 77 entsprechenden Zeitpunkt stattfinden, an dem die Spannungsverläufe, repräsentiert durch die Kurven 73 und 74, jeweils in den unteren Bereich 70 eintauchen würden. Die vorgenannten

Spannungsverläufe, welche in dem unteren Bereich 70 oder in dem zuvor erwähnten Aussteuerungsbereich 53 liegen, werden durch das Ansteuermuster, erzeugt durch den Ansteuermustergenerator 20, vorgegeben. Die Spannungsverläufe, repräsentiert durch die Kurven 73, 74 und 75, weichen so, verursacht durch die verkürzten beziehungsweise verlängerten Steuerpulse, von der durch den Ansteuermustergenerator vorgegebenen Signalform ab. Die so verursachte Abweichung ist jedoch vorteilhaft sehr klein, da vorteilhaft eine Pulsmodulationsfrequenz, welche eine Pulsperiodendauer der Pulsweitenmodulation bestimmt, hinreichend groß gewählt ist, sodass die Änderung der Steuerpulsdauer entsprechend fein gestuft erfolgen kann. Weiter vorteilhaft beträgt der Aussteuerungsbereich 53, oder zusätzlich der untere Aussteuerungsbereich 70 jeweils weniger als ein Zehntel der Vollaussteuerung der Maschine, repräsentiert durch den maximalen Aussteuerungswert 76.

Ansprüche

1. Elektrische Maschine (1) mit einem Stator (2) und einem Rotor (11), wobei die Maschine wenigstens zwei jeweils dieselbe Phasenanzahl aufweisende Teilmaschinen (3, 4) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Maschine (1) für jede Teilmaschine (3, 4) eine Leistungsendstufe (13, 14) aufweist, und die Maschine (1) wenigstens eine Steuereinheit (17) aufweist, welche mit den Leistungsendstufen (13, 14) verbunden ist, und welche ausgebildet ist, ein PWM-Signal (33, 34) zum Ansteuern der Leistungsendstufen (13, 14) zu erzeugen, und die Steuereinheit (17) ausgebildet ist, das PWM-Signal (33, 34) für die Teilmaschinen (3, 4) derart zu erzeugen, dass eine jeweils einen Schaltzeitpunkt repräsentierende abfallende oder ansteigende Flanke (35) eines PWM-Pulses (61) für eine Teilmaschine (3) und eine Pulsmitte (36) eines PWM-Pulses (62) für eine weitere Teilmaschine (4) der Teilmaschinen (3, 4) zueinander zeitversetzt sind.

2. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Maschine (1) wenigstens einen mit der Steuereinheit (17) verbundenen Stromsensor (15, 16) aufweist, welcher ausgebildet ist, den Phasenstrom wenigstens einer Phase oder aller Phasen der Teilmaschine (3, 4) zu erfassen, wobei die Steuereinheit (17) ausgebildet ist, den Phasenstrom wenigstens einer Phase der Teilmaschine (3, 4) während einer Pulsmitte (36) eines PWM-Pulses (62) zu erfassen, wobei die Schaltzeitpunkte der PWM-Pulse (61) zu der Pulsmitte (36) und so zum Erfassungszeitpunkt (36) des Stromes (40) zeitlich zueinander versetzt sind.

3. Elektrische Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (17) ausgebildet ist, ein Tastverhältnis zwischen einer PWM-Pulsdauer (65) und einer Pulspausendauer (66) einer PWM-Periode (64) für alle Phasen einer Teilmaschine (3, 4) insbesondere gleichmäßig zu ändern und so einen Zeitversatz zwischen den Pulsflanken (35, 35') der Teilmaschine (3) und der Pulsmitte (36) der PWM-Pulse (62) für die wenigstens eine weitere Teilmaschine (4) zu erzeugen.

4. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (17) ausgebildet ist, eine Pulsdauer (65, 65') eines High-Side-Pulses und eines Low-side-Pulses zueinander abwechselnd zu ändern.

5. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (17) ausgebildet ist, das Tastverhältnis für eine Phase auf eine Obergrenze (77) eines insbesondere unteren Aussteuerungsbereichs (70) zu ändern.

6. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (17) ausgebildet ist, ein Stromerfassungsintervall (40) zu erzeugen und den Strom während des Stromerfassungsintervalls (40) zu erfassen, und das Tastverhältnis (65, 66) derart zu ändern, insbesondere zu vergrößern oder zu verkleinern, dass die insbesondere ansteigende oder abfallende Flanke (35) mit einem Beginn (38) oder einem Endzeitpunkt (39) des Stromerfassungsintervalls (40) zusammenfällt oder außerhalb des Stromerfassungsintervalls liegt.

7. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass
die Steuereinheit (17) einen Pulsweitenmodulator (18) aufweist, welcher ausgebildet ist, das Tastverhältnis (65, 66) für wenigstens eine oder eine Mehrzahl von PWM-Perioden (64) zu ändern.

8. Verfahren zum Ansteuern einer elektrischen Maschine (1) mit wenigstens zwei Teilmaschinen (3, 4), wobei die Teilmaschinen jeweils eine gleiche Anzahl von Statorspulen (5, 6, 7, 8, 9, 10) aufweist, wobei zum Ansteuern der Statorspulen (5, 6, 7, 8, 9, 10) pulsweitenmodulierte Pulsmuster (33, 34) erzeugt werden, wobei ein durch wenigstens eine der Statorspulen (5, 6, 7, 8, 9, 10) fließender Strom im Zeitbereich (40) einer Pulsmitte (36) erfasst wird und wobei ein Tastverhältnis (65, 66) einer PWM-Periode (64) für wenigstens eine andere Teilmaschine (3) derart geändert, insbesondere verlängert oder verkürzt wird, dass ein Pulsbeginn und/oder ein Pulsende eines PWM-Pulses (61) zeitlich versetzt zu der Stromerfassung, insbesondere zu der Pulsmitte (36) erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

bei dem der Strom innerhalb eines Stromerfassungsintervalls (40) erfasst wird, das den Zeitpunkt der Pulsmitte (36) einschließt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Tastverhältnis (65, 66) bei der anderen Teilmaschine (4) die Hälfte einer Vollaussteuerung der Maschine beträgt.

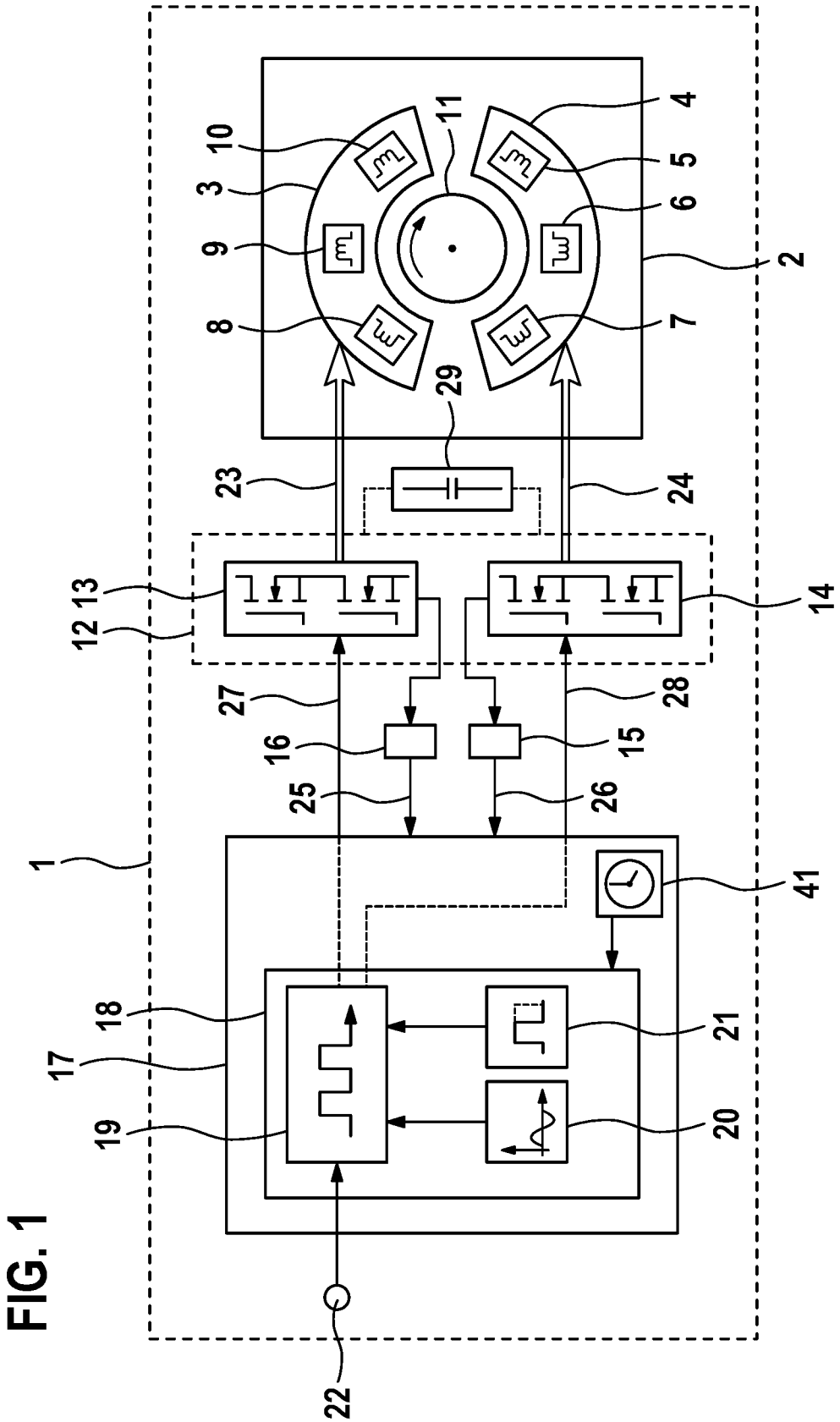

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
41

FIG. 1

FIG. 2

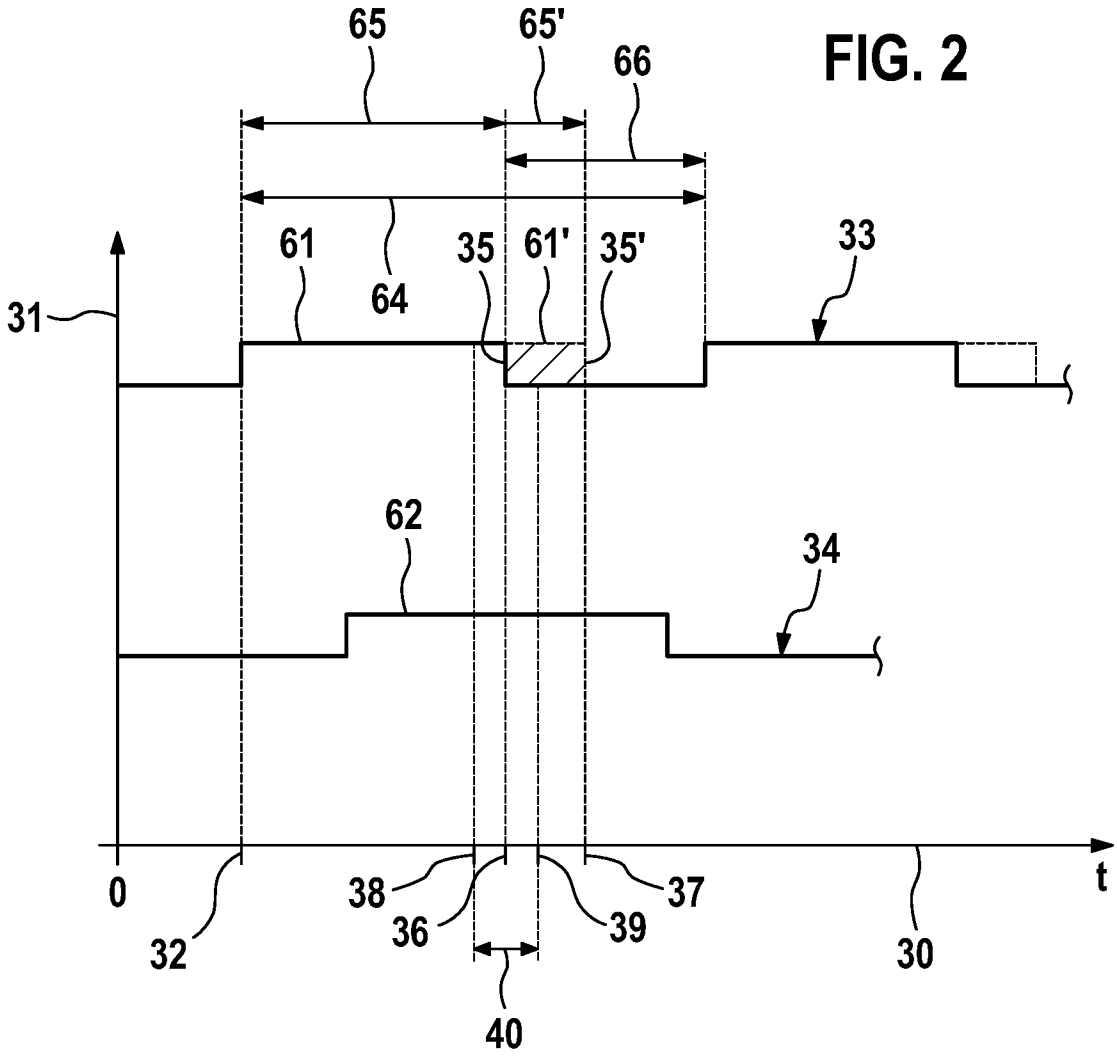

65
65'
66
61
64
35
61'
35'
33
31
62
34
0
38
36
37
39
32
30
40
t

FIG. 3

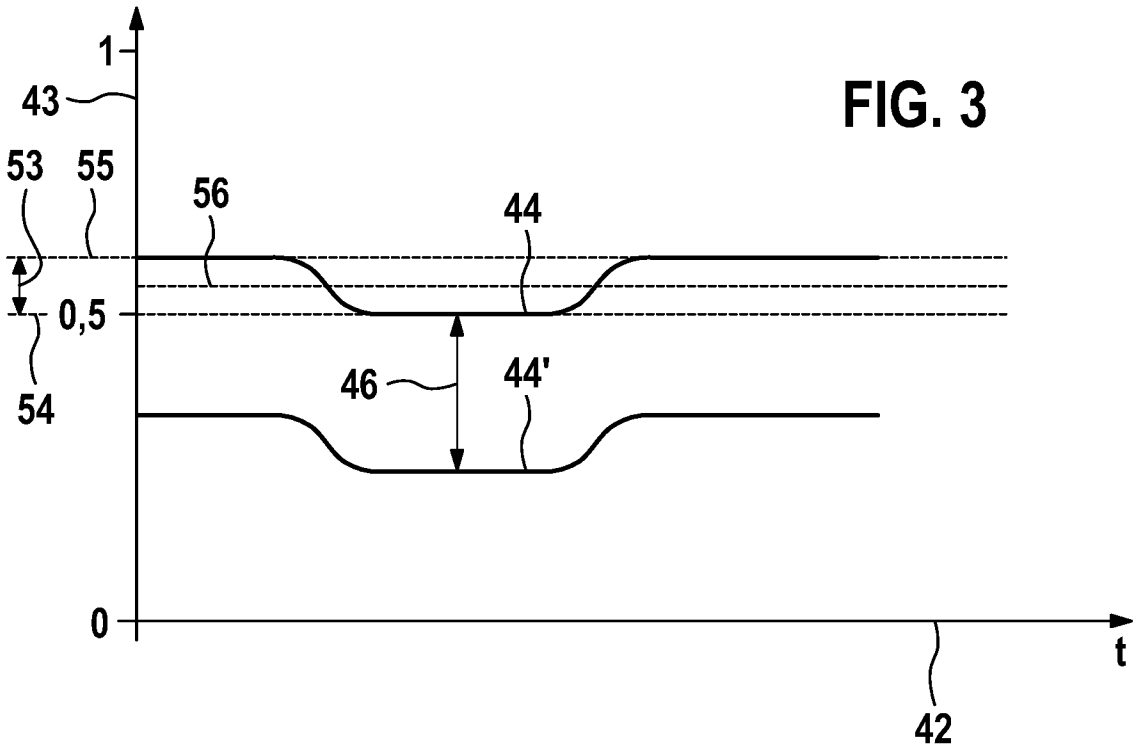

1
43
53
55
56
44
0,5
54
46
44'
0
t
42

FIG. 4

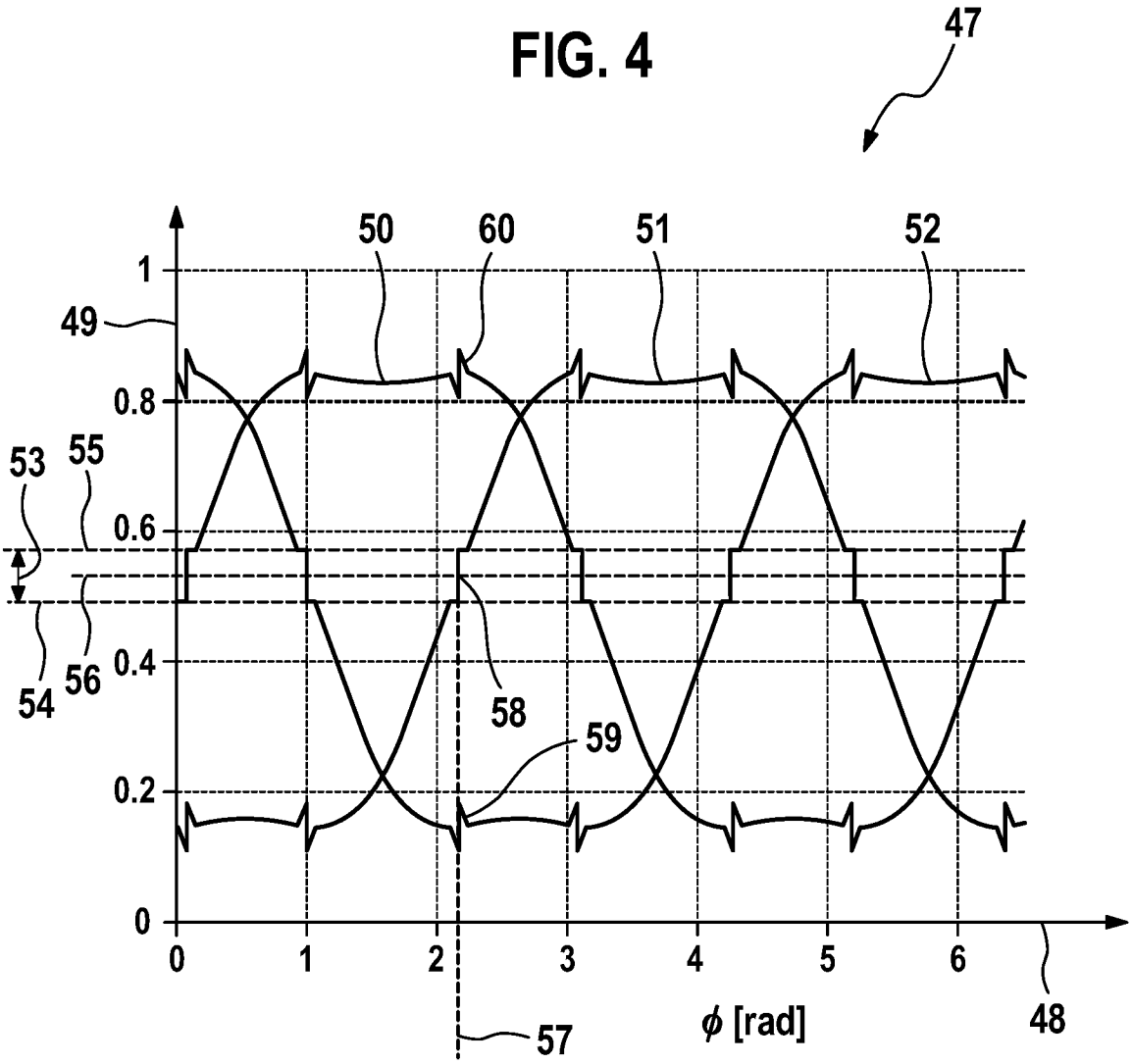
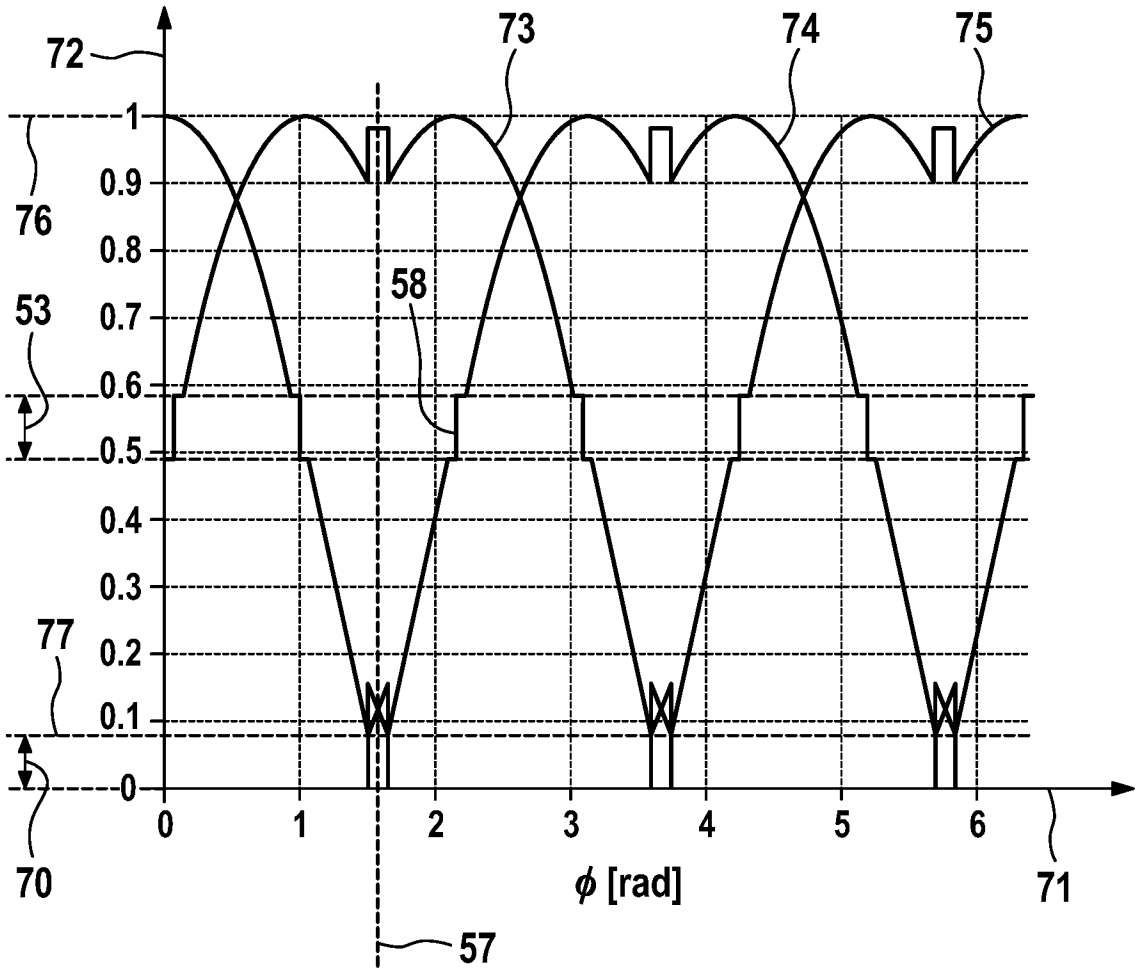


FIG. 5


72
73
74
75
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
76
53
58
77
70
0
1
2
3
4
5
6
ϕ [rad]
71
57

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/065892

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 23/00(2016.01)i; ***H02P 25/22***(2006.01)i; ***H02P 27/08***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P

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 Y A	US 2010072928 A1 (WELCHKO BRIAN A [US]) 25 March 2010 (2010-03-25) abstract figures 1-6 paragraph [0023] - paragraph [0036]	1,4,7 3,6,8 2,5,9,10
Y	DE 102015202693 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 September 2015 (2015-09-10) abstract; claims 1-4; figures 3,4 paragraph [0041] - paragraph [0046]	3,6,8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 September 2018	**17 September 2018**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Vanata, Daniela** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/065892

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2010072928 A1	25 March 2010	CN 101683834 A	31 March 2010
		DE 102009028081 A1	08 April 2010
		US 2010072928 A1	25 March 2010
DE 102015202693 A1	10 September 2015	DE 102015202693 A1	10 September 2015
		WO 2015132064 A2	11 September 2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/065892

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02P23/00 H02P25/22 H02P27/08
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02P

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	US 2010/072928 A1 (WELCHKO BRIAN A [US]) 25. März 2010 (2010-03-25)	1,4,7
Y	Zusammenfassung	3,6,8
A	Abbildungen 1-6	2,5,9,10
	Absatz [0023] - Absatz [0036]	

Y	DE 10 2015 202693 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10. September 2015 (2015-09-10) Zusammenfassung; Ansprüche 1-4; Abbildungen 3,4 Absatz [0041] - Absatz [0046]	3,6,8

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. September 2018	17/09/2018

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

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/065892

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010072928 A1	25-03-2010	CN 101683834 A	31-03-2010
		DE 102009028081 A1	08-04-2010
		US 2010072928 A1	25-03-2010
DE 102015202693 A1	10-09-2015	DE 102015202693 A1	10-09-2015
		WO 2015132064 A2	11-09-2015