

(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
31. Mai 2018 (31.05.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/095482 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 6/185 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2017/101001

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. November 2017 (21.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 222 986.9
22. November 2016 (22.11.2016) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **THÖLKE, Andreas**; Rebhuhnweg 28, 90480 Nürnberg (DE). **KARBACHER, Christian**; Schützengraben 16H, 91074 Herzogenaurach (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, 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: METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR DETERMINING THE POSITION OF A ROTOR IN AN ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR ERMITTLUNG DER STELLUNG EINES ROTORS EINES ELEKTROMOTORS

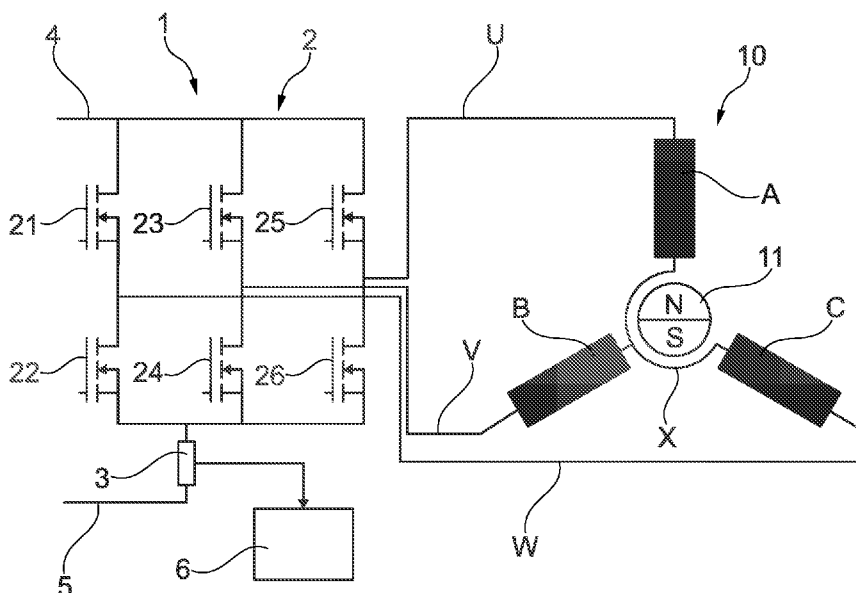


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the position of a rotor in a brushless permanent-magnet electric motor, having a stator, which comprises a plurality of, particularly three, phase windings. Said phase windings are excited by a sequence of voltage pulses comprising a plurality of successive voltage pulses, such that a current is set successively in each of the phase windings. The voltage pulses are selected in such a manner that a positive and a negative current is produced in all the phase windings during the voltage pulse sequence, a common current sensor measuring a peak value for the current being set during the duration of each voltage pulse, and the voltage pulse in the voltage pulse sequence being determined during which the peak current value having the greatest magnitude was measured.



WO 2018/095482 A1

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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Stellung eines Rotors eines permanenterregten, bürstenlosen Elektromotors, mit einem Stator, der mehrere, insbesondere drei, Wicklungsstränge aufweist, wobei die Wicklungsstränge mit einer mehrere aufeinanderfolgende Spannungspulse aufweisenden Spannungspulsfolge angeregt werden, so dass sich in den Wicklungssträngen nacheinander jeweils ein Strom einstellt, wobei die Spannungspulse derart gewählt sind, dass während der Spannungspulsfolge in allen Wicklungssträngen ein positiver und ein negativer Strom erzeugt wird, wobei während der Dauer jeweils eines Spannungspulses mit einem gemeinsamen Stromsensor ein sich in dem jeweiligen Wicklungsstrang einstellender Strom höchstwert gemessen wird, und wobei derjenige Spannungspuls der Spannungspulsfolge ermittelt wird, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde.

**Verfahren und Schaltungsanordnung zur Ermittlung
der Stellung eines Rotors eines Elektromotors**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Stellung eines Rotors eines Nockenwellenverstellers oder einer Vorrichtung zur Veränderung des Verdichtungsverhältnisses einer Brennkraftmaschine.

Elektrische Nockenwellenversteller weisen permanenterregte, bürstenlose Elektromotoren
10 auf. Solche Elektromotoren werden auch als bürstenlose Gleichstrommotoren, BLDC-Motoren (von engl. brushless DC motor) oder EC-Motoren (von engl. electronically commutated motor) bezeichnet. Der Rotor solcher Elektromotoren weist typischerweise einen oder mehrere Permanentmagnete auf. An dem Stator sind in der Regel mehrere Wicklungsstränge vorgesehen, welche derart angesteuert werden, dass sie ein drehendes magnetisches Feld erzeugen, das
15 den permanenterregten Stator mitzieht. Zur Ansteuerung solcher Elektromotoren kommen üblicherweise Umrichter zur Anwendung, über welche die Wicklungsströme in den einzelnen Wicklungssträngen des Stators eingestellt werden können.

Um eine effiziente Ansteuerung der Wicklungsstränge zu ermöglichen, ist es erforderlich,
20 Kenntnis über die Stellung des Rotors zu haben. Mit dieser Kenntnis kann die Ansteuerung der Wicklungsstränge in Abhängigkeit von der Stellung des Rotors erfolgen. Zur Ermittlung der Rotorstellung existieren verschiedene Methoden. Beispielsweise ist es bekannt, den magnetischen Fluss des Rotors über magnetische Sensoren zu erfassen und daraus die Stellung des Rotors abzuleiten. Alternativ können optische Sensoren zur Erfassung der Rotorstellung
25 verwendet werden.

Darüber hinaus sind Verfahren bekannt, bei denen die Ströme in den einzelnen Wicklungssträngen über Stromsensoren ermittelt werden, welche in den einzelnen Wicklungssträngen angeordnet sind. Bei einem Elektromotor mit drei Wicklungssträngen sind demnach drei
30 Stromsensoren erforderlich. Die einzelnen Stromsensoren müssen eine möglichst hohe Genauigkeit aufweisen und aufeinander kalibriert werden, um Messfehler durch unterschiedliches Messverhalten der einzelnen Stromsensoren zu reduzieren. Hierdurch ergibt sich ein gewisser Material- und Kalibrierungsaufwand.

- 35 Ein Verfahren zur Bestimmung der Rotorlage eines Synchronmotors geht aus DE 198 38 227 A1 hervor. Aus der Schrift Sensorless Smart-Start BLDC PWM Motor Controller, Firmenschrift

- 2 -

Micro Linear ML4428 vom 16.04.1997 geht ein Verfahren zum Betrieb eines Elektromotors hervor, der ohne Hallsensoren auskommt und die Rotorpositionen im Betrieb mittels Back-EMF ermittelt. Lediglich im Anfahrbetrieb wird auf einen PWM-Betrieb zurückgegriffen, um die Anlaufzeit möglichst kurz zu halten. Ist der BEMF-Betrieb oder Gegen-EMK-Betrieb einmal erreicht, ist ein Wechsel in den PWM Modus nicht vorgesehen und nicht durchführbar, so dass das System neu anlaufen muss. Das Verfahren ist ungeeignet für den Betrieb eines Nockenwellenverstellers oder einer Vorrichtung zur Veränderung des Verdichtungsverhältnisses von Brennkraftmaschinen, die über große zeitliche Distanzen im PWM-Betrieb betrieben werden oder bei denen ein Wechsel aus dem BEMF-Betrieb in den PWM-Betrieb erfolgen muss, ohne dass die Funktionalität eingeschränkt wird.

Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der Erfindung, die Ermittlung der Stellung des Rotors mit reduziertem Aufwand zu ermöglichen.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren zur Ermittlung der Stellung eines Rotors eines permanenterregten, bürstenlosen Elektromotors, mit einem Stator, der mehrere, insbesondere drei, Wicklungsstränge aufweist, vorgeschlagen, wobei die Wicklungsstränge mit einer mehrere aufeinanderfolgende Spannungspulse aufweisenden Spannungspulsfolge angeregt werden, so dass sich in den Wicklungssträngen nacheinander jeweils ein Strom einstellt, wobei die Spannungspulse derart gewählt sind, dass während der Spannungspulsfolge in allen Wicklungssträngen ein positiver und ein negativer Strom erzeugt wird, wobei während der Dauer jeweils eines Spannungspulses mit einem gemeinsamen Stromsensor ein sich in dem jeweiligen Wicklungsstrang einstellender Stromhöchstwert gemessen wird, und wobei derjenige Spannungspuls der Spannungspulsfolge ermittelt wird, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde.

Erfindungsgemäß wird ein gemeinsamer Stromsensor zur Messung aller Ströme verwendet, die sich während der einzelnen Spannungspulse der Spannungspulsfolge in den verschiedenen Wicklungssträngen des Stators einstellen. Etwaige Messfehler wirken sich in gleicher Weise auf die Messung der Ströme aller Wicklungsstränge aus. Eine Kalibrierung mehrerer Stromsensoren ist nicht erforderlich. Zur Ermittlung der Rotorstellung werden ausschließlich die sich während der verschiedenen Spannungspulse einstellenden Stromhöchstwerte gemessen, so dass der Einfluss von Messfehlern auf die Ermittlung der Rotorstellung reduziert wird.

- 3 -

Die Spannungspulse der Spannungspulsfolge sind derart gewählt, dass im Laufe der Spannungspulsfolge in allen Wicklungssträngen mindestens einmal ein positiver Strom und mindestens einmal ein negativer Strom erzeugt wird, wobei der negative Strom in entgegengesetzter Richtung zu dem positiven Strom fließt. Insofern können mit der Spannungspulsfolge
5 alle Wicklungsstränge des Stators derart angeregt werden, dass sie ein auf den Rotor wirkendes magnetisches Feld ausbilden. Der positive Strom in einem Wicklungsstrang erzeugt dabei ein magnetisches Feld, dessen Feldlinien entgegengesetzt zu einem durch einen negativen Strom erzeugten magnetischen Feld verlaufen.

10 Die Induktivitäten der Wicklungsstränge werden durch die Stellung des permanenterregten Rotors beeinflusst. Die Induktivität eines Wicklungsstrangs ist dann minimal, wenn die Feldlinien des magnetischen Felds des Rotors in der gleichen Richtung verlaufen wie die Feldlinien des von dem Wicklungsstrang erzeugten magnetischen Felds. Bei minimaler Induktivität des Wicklungsstrangs ergibt sich ein Maximum des in dem Wicklungsstrang messbaren Stroms.
15 Daher ist durch die Betrachtung der während der Dauer der einzelnen Spannungspulse gemessenen Stromhöchstwerte ein Rückschluss auf die Stellung des Rotors zum Zeitpunkt des Anliegens des Spannungspulses an dem Wicklungsstrang möglich. Erfindungsgemäß wird derjenige Spannungspuls der Spannungspulsfolge ermittelt, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde. Dieser Spannungspuls kann demjeni-
20 gen Wicklungsstrang zugeordnet werden, dessen Induktivität durch die Strommessung betrachtet wurde. Insofern gibt der ermittelte Spannungspuls an, dass die Stellung des Rotors zum Zeitpunkt des ermittelten Spannungspulses die geringste Abweichung von der Ausrichtung der magnetischen Feldlinien des durch den ermittelten Spannungspuls angeregten Wicklungsstrangs hatte. Insofern lässt sich die Stellung des Rotors mit einer Auflösung ermitteln,
25 welche einem elektrischen Winkel von 180° geteilt durch die Anzahl der Wicklungsstränge entspricht.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit die Ermittlung der Stellung des Rotors mit einem gegenüber dem Stand der Technik reduzierten Aufwand. Insbesondere Nockenwellen-
30 versteller und Vorrichtungen zur Veränderung des Verdichtungsverhältnisses von Brennkraftmaschinen sind bei vergleichsweise niedrigen Drehzahlen, also solchen die für einen sicheren BEMF-Betrieb in der Regel nicht ausreichen, hohen Störgrößen ausgesetzt. Das vorgeschlagene Verfahren erlaubt einen schnellen und sicheren Betrieb der Vorrichtungen durch eine verbesserte Detektionsgenauigkeit.

Bevorzugt weist der Stator des Elektromotors genau drei Wicklungsstränge auf. Bei einem Elektromotor mit drei Wicklungssträngen weist die Spannungspulsfolge bevorzugt sechs, besonders bevorzugt genau sechs, Spannungspulse auf, welche positive und negative Ströme in allen drei Wicklungssträngen erzeugen.

5

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass zusätzlich derjenige Spannungspuls ermittelt wird, während dessen Dauer der betragsmäßig zweitgrößte Stromhöchstwert gemessen wurde. Dieser Spannungspuls kann zusätzlich zur Bestimmung der Stellung des Rotors herangezogen werden, wodurch sich die Auflösung der ermittelten Stellung des Rotors verkleinert. Beispielsweise kann bei einem Elektromotor mit drei Wicklungssträngen die Stellung des Rotors mit einer Auflösung von 60° elektrisch ermittelt werden, wenn nur derjenige Spannungspuls ermittelt wird, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde. Wird zusätzlich der Spannungspuls ermittelt, während dessen Dauer der betragsmäßig zweitgrößte Stromhöchstwert gemessen wurde, so kann eine Auflösung von 30° elektrisch erreicht werden.

10

15

Vorteilhaft ist es, wenn die Spannungspulse der Spannungspulsfolge jeweils über eine Reihenschaltung eines ersten Wicklungsstrangs, dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung der anderen Wicklungsstränge angelegt werden. Bei einem Stator mit drei Wicklungssträngen werden die Spannungspulse der Spannungspulsfolge bevorzugt jeweils über eine Reihenschaltung eines ersten Wicklungsstrangs, dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung eines zweiten Wicklungsstrangs und eines dritten Wicklungsstrangs angelegt. Der Spannungspuls ist jeweils dem ersten Wicklungsstrang in der Reihenschaltung zugeordnet, da durch diesen der gesamte Strom fließt, welcher durch den gemeinsamen Stromsensor gemessen wird.

20

25

Bevorzugt ist zwischen den Spannungspulsen der Spannungspulsfolge jeweils eine Totzeit vorgesehen, in welcher keine Spannung über den Wicklungssträngen angelegt ist. Durch die Totzeit zwischen den Spannungspulsen kann eine gegenseitige Beeinflussung der Messungen während der Dauer aufeinanderfolgender Spannungspulse reduziert werden.

30

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die Wicklungsstränge mit der Spannungspulsfolge in einem Zeitfenster angeregt werden, welches zwischen zwei Ansteuerzyklen zur Ansteuerung der Wicklungsstränge liegt. Bei den Ansteuerzyklen handelt es sich bevorzugt um PWM-Ansteuerzyklen, welche durch Pulsweitenmodulation erzeugt werden. Die Ansteuerzyklen bewirken eine Drehung des durch die Wicklungsstränge des Stators erzeugten magneti-

35

schen Felds und somit eine Drehung des Rotors. Die Ansteuerung der Wicklungsstränge des Stators wird somit bevorzugt unterbrochen, um die Spannungspulsfolge zur Ermittlung der Stellung des Rotors an den Wicklungssträngen anzulegen.

- 5 In diesem Zusammenhang hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Wicklungsstränge während der Ansteuerzyklen derart angeregt werden, dass ein erster Wicklungsstrang stromlos geschaltet ist während ein zweiter Wicklungsstrang und ein dritter Wicklungsstrang stromführend sind. Eine derartige Ansteuerung der Wicklungsstränge wird auch als Blockkommutierung bezeichnet, da die Ströme in den Wicklungssträngen während der Ansteuerzyklen im Wesentlichen blockförmig verlaufen. Das bedeutet, dass der Strom in jeder der
- 10 Wicklungsstränge entweder Null ist oder einen vorgegebenen Maximalwert aufweist. Bei einem Stator mit drei Wicklungssträngen sind zu jedem Zeitpunkt während des Ansteuerzyklus immer zwei Wicklungsstränge bestromt und einer Wicklungsstrang stromlos.
- 15 Bevorzugt werden die Spannungspulsfolge und/oder die Ansteuerzyklen mit einem Wechselrichter erzeugt. Besonders bevorzugt weist der Wechselrichter eine B6-Brückenschaltung auf.

In diesem Zusammenhang ist es bevorzugt, wenn der gemeinsame Stromsensor in einer gleichspannungsseitigen Zuleitung des Wechselrichters angeordnet ist. Die Gleichspannungsseite des Wechselrichters kann beispielsweise mit einem Gleichspannungskreis verbunden sein, aus dem der Wechselrichter gespeist wird. Der gemeinsame Stromsensor kann mit dem Massepotential des Gleichspannungskreises oder mit einem positiven oder negativen Potential des Gleichspannungskreises verbunden sein. Insofern kann mit dem gemeinsamen Stromsensor der gesamte in den Wechselrichter fließende Strom gemessen werden.

- 25 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Drehzahl des Rotors des Elektromotors bestimmt wird und die Anregung der Wicklungsstränge zur Ermittlung der Stellung des Rotors mit der Spannungspulsfolge erfolgt, wenn die Drehzahl kleiner ist als eine vorgegebene Drehzahlschwelle, und die Stellung des Rotors über eine Bestimmung einer Gegen-EMK des Elektromotors ermittelt wird, wenn die Drehzahl ausgehend von einer Drehzahl, die kleiner ist als die vorgegebene Drehzahlschwelle, die Drehzahlschwelle erreicht oder überschreitet. Unter der Gegen-EMK wird eine bei einer Drehung des Rotors in den Wicklungssträngen des Stators induzierte Spannung verstanden. Bevorzugt findet eine Bestimmung der Rotorstellung nur bei Drehzahlen unterhalb der vorgegebenen Drehzahlschwelle mittels der Spannungspulsfolge und der Messung mit dem gemeinsamen
- 30 Stromsensor statt. Das bedeutet, dass eine Auswerteschaltung zur Messung der Strom-
- 35

höchstwerte und zur Bestimmung des betragsmäßig größten Stromhöchstwerts mit einer reduzierten Frequenz bzw. Abtastrate betrieben werden kann. Hierdurch kann der schaltungs-technische Aufwand für die Auswerteschaltung verringert werden. Ist die Drehzahl größer oder gleich der Drehzahlschwelle werden die Wicklungsstränge nicht mit der Spannungspuls-
5 folge angeregt, sondern es wird eine Messgröße erfasst, welche indikativ ist für eine Gegen-EMK des Elektromotors. Beispielsweise kann bei hohen Drehzahlen die Spannung des strom-losen Wicklungsstrangs zur Ermittlung der Gegen-EMK herangezogen werden.

Vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, bei welcher dann, wenn die Drehzahl ausgehend von einer
10 Drehzahl, die kleiner ist als die vorgegebene Drehzahlschwelle, die Drehzahlschwelle erreicht oder überschreitet, ein Ansteuerzyklus zur Ansteuerung der Wicklungsstränge mit einer im Vergleich zu dem unmittelbar vorhergehenden Ansteuerzyklus verlängerten Einschaltdauer der Ansteuerpulse ausgeführt wird. Auf diese Weise kann das Drehmoment des Elektromotors kurzzeitig erhöht werden, um sicherzustellen, dass der Rotor dem drehenden magnetischen
15 Feld des Stators auch dann folgt, wenn die der Stator blind, d.h. ohne Kenntnis der genauen Stellung des Rotors, angesteuert wird. Es ist dadurch möglich, beim Umschalten von der Ermittlung der Rotorstellung mittels des gemeinsamen Stromsensors zur Ermittlung der Rotorstellung über die Gegen-EMK einen Ansteuerzyklus blind durchzuführen. Hierdurch kann eine Beeinflussung der Ermittlung der Gegen-EMK in einem nachfolgenden Ansteuerzyklus durch
20 die Spannungspulsfolge ausgeschlossen werden.

Zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe wird ferner eine Schaltungsanordnung zur Ermittlung der Stellung eines Rotors eines permanenterregten, bürstenlosen Elektromotors, mit
25 einem Stator, der mehrere, insbesondere drei, Wicklungsstränge aufweist, vorgeschlagen, wobei die Schaltungsanordnung aufweist:

einen Wechselrichter zur Anregung der Wicklungsstränge mit einer mehrere aufeinanderfolgende Spannungspulse aufweisenden Spannungspulsfolge, durch welche in den Wicklungssträngen nacheinander jeweils ein Strom einstellbar ist, wobei die Spannungspulse der-
30 art wählbar sind, dass während der Spannungspulsfolge in allen Wicklungssträngen ein positiver und ein negativer Strom erzeugt wird;

einen gemeinsamen Stromsensor zur Messung eines sich während der Dauer jeweils eines Spannungspulses in dem jeweiligen Wicklungsstrang einstellenden Stromhöchstwerts;
und

eine Auswerteschaltung zur Ermittlung desjenigen Spannungspulses der Spannungspulsfolge, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde.

5 Bei der Vorrichtung können dieselben Vorteile erreicht werden, wie sie im Zusammenhang mit dem Verfahren zur Ermittlung der Stellung des Rotors beschrieben worden sind. Ebenso können die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschriebenen vorteilhaften Ausgestaltungen alternativ oder in Kombination bei der Schaltungsanordnung Anwendung finden.

10 Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen nachfolgend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert werden. Hierin zeigt:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Schaltungsanordnung zur Ermittlung der Stellung eines Rotors eines permanenterregten, bürstenlosen Elektromotors,

15

Fig. 2 eine schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens zur Ermittlung der Stellung des Rotors,

Fig. 3-8 verschiedene Verschaltungen der Wicklungsstränge des Elektromotors während einzelner Spannungspulse der Spannungspulsfolge,

20

Fig. 9 eine schematische Darstellung des durch den gemeinsamen Stromsensor gemessenen Stroms während der Spannungspulsfolge und

25 Fig. 10 ein Ablaufdiagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels des Verfahrens.

In der **Fig. 1** ist ein Schaltbild einer Schaltungsanordnung 1 zur Ermittlung der Stellung eines Rotors 11 eines permanenterregten, bürstenlosen Elektromotors 10 dargestellt. Bei dem Elektromotor handelt es sich um einen BLDC-Motor mit einem Stator mit drei Wicklungssträngen A, B, C. Der Rotor 11 weist einen magnetischen Nordpol N und einen magnetischen Südpol S auf. Die Schaltungsanordnung 1 umfasst einen Wechselrichter 2, welcher als B6-Brückenschaltung ausgebildet ist. Der Umrichter 2 weist insgesamt sechs Schalter 21, 22, 23, 24, 25, 26 auf, die als Leistungshalbleiterschalter ausgestaltet sind. Der Wechselrichter 2 ist über eine erste Zuleitung 4 und eine zweite Zuleitung 5 an einen Gleichspannungskreis angeschlossen. Zwischen der ersten Zuleitung 4 und der zweiten Zuleitung 5 liegt eine Gleichspannung an dem Wechselrichter 2 an.

30

35

Der Wechselrichter 2 weist drei Zweige auf, welche aus jeweils zwei Schaltern 21, 22, 23, 24, 25, 26 gebildet sind. Ein erster Schalter 21, 23, 25 jedes Zweigs ist mit der ersten Zuleitung 4 und einem gemeinsamen Potentialpunkt U, V, W verbunden. Ein zweiter Schalter 22, 24, 26 jedes Zweigs ist mit der zweiten Zuleitung 5 und dem gemeinsamen Potentialpunkt U, V, W verbunden. Somit ist es möglich, den gemeinsame Potentialpunkt U, V, W wahlweise mit dem Potential der ersten Zuleitung 4 oder der zweiten Zuleitung 5 zu verbinden. Die gemeinsamen Potentialpunkte U, V, W sind mit dem Wicklungssträngen A, B, C des Stators des Elektromotors 10 verbunden.

Die Wicklungsstränge A, B, C des Elektromotors sind nach Art einer Sternschaltung miteinander verschaltet. Das bedeutet, dass alle drei Wicklungsstränge A, B, C mit einem Sternpunkt X verbunden sind. Zum Betrieb des Elektromotors 10 werden die Schalter 21, 22, 23, 24, 25, 26 des Wechselrichters 2 nach dem Prinzip der Blockkommutierung derart angesteuert, dass ein drehendes magnetisches Feld erhalten wird, welches den permanenterregten Rotor 11 hinter sich herzieht. Es werden im Wesentlichen trapezförmige Spannungen über den Wicklungssträngen A, B, C erzeugt, die blockförmige Ströme in den Wicklungssträngen A, B, C zur Folge haben.

Zur effizienten Ansteuerung der Schalter 21, 22, 23, 24, 25, 26 ist es erforderlich, die Stellung des Rotors 11 zu kennen. Zur Ermittlung der Stellung des Rotors 11 kommt ein Verfahren gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung zur Anwendung, bei welchem die Wicklungsstränge A, B, C mit einer mehrere aufeinanderfolgende Spannungspulse aufweisenden Spannungspulsfolge 100 angeregt werden, so dass sich in den Wicklungssträngen A, B, C nacheinander jeweils ein Strom einstellt, wobei die Spannungspulse derart gewählt sind, dass während der Spannungspulsfolge 100 in allen Wicklungssträngen A, B, C ein positiver und ein negativer Strom erzeugt wird. Während der Dauer jeweils eines Spannungspulses wird mit einem gemeinsamen Stromsensor 3 ein sich in dem jeweiligen Wicklungsstrang A, B, C einstellender Stromhöchstwert gemessen. Ferner ermittelt eine Auswerteschaltung 6 denjenigen Spannungspuls der Spannungspulsfolge, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde. Es wird somit derjenige Spannungspuls der Spannungspulsfolge ermittelt, während dessen Dauer der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde. Dieser Spannungspuls kann demjenigen Wicklungsstrang A, B, C zugeordnet werden, dessen Induktivität durch die Strommessung betrachtet wurde. Insofern gibt der ermittelte Spannungspuls an, dass die Stellung des Rotors 11 zum Zeitpunkt des ermittelten Spannungspulses die geringste Abweichung von der Ausrichtung der magnetischen Feldlinien

des durch den ermittelten Spannungspuls angeregten Wicklungsstrangs A, B, C hatte. Insofern lässt sich die Stellung des Rotors 11 mit einer Auflösung ermitteln, welche einem Winkel von 60° entspricht.

- 5 Wie in **Fig. 2** schematisch dargestellt, wird die Spannungspulsfolge 100 an den Wicklungssträngen A, B, C jeweils in einem Zeitfenster angelegt, welches zwischen zwei Ansteuerzyklen 101 zur Ansteuerung der Wicklungsstränge A, B, C liegt.

Die Spannungspulsfolge 100 weist sechs aufeinanderfolgende Spannungspulse auf, wobei
10 jeder Spannungspuls in jeweils einem Wicklungsstrang A, B, C einen Strom erzeugt, welcher durch den gemeinsamen Stromsensor 3 messbar ist. Die Spannungspulse werden mittels des Wechselrichters 1, insbesondere mittels der Schalter 21, 22, 23, 24, 25, 26 des Wechselrichters 2, derart an den Wicklungssträngen A, B, C angelegt, dass in jedem Wicklungsstrang A, B, C im Laufe der Spannungspulsfolge einmal ein positiver Strom I und einmal ein dem positiven Strom entgegengesetzter negativer Strom I gemessen wird.
15

In den Darstellungen in Fig. 3 bis Fig. 8 sind die Schalter 21, 22, 23, 24, 25, 26 des Wechselrichters 2 zum besseren Überblick nicht dargestellt.

- 20 **Fig. 3** zeigt eine Verschaltung der Wicklungsstränge A, B, C während eines ersten Spannungspulses. Der erste Spannungspuls wird über eine Reihenschaltung eines ersten Wicklungsstrangs A, dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung eines zweiten Wicklungsstrangs B und eines dritten Wicklungsstrangs C, angelegt. Hierzu werden die Schalter 25, 22 und 24 leitend geschaltet und die Schalter 21, 23 und 26 sperrend geschaltet. Während des ersten Spannungspulses entspricht der mit dem gemeinsamen
25 Stromsensor 3 gemessene Strom dem Strom I durch den ersten Wicklungsstrang A, wobei der Strom I in positiver Richtung, also auf den Sternpunkt X zu, durch den ersten Wicklungsstrang A fließt.
- 30 **Fig. 4** zeigt eine Verschaltung der Wicklungsstränge A, B, C während eines zweiten Spannungspulses. Der zweite Spannungspuls wird ebenfalls über eine Reihenschaltung des ersten Wicklungsstrangs A mit einer Parallelschaltung des zweiten Wicklungsstrangs B und des dritten Wicklungsstrangs C angelegt. Im Unterschied zu dem ersten Spannungspuls werden die Schalter 25, 22 und 24 sperrend geschaltet und die Schalter 21, 23 und 26 leitend geschaltet.
35 Während des zweiten Spannungspulses entspricht der mit dem gemeinsamen Stromsensor 3

gemessene Strom dem Strom durch den ersten Wicklungsstrang A, wobei der Strom I in negativer Richtung, also von dem Sternpunkt X weg, durch den ersten Wicklungsstrang A fließt.

Fig. 5 zeigt eine Verschaltung der Wicklungsstränge A, B, C während eines dritten Spannungspulses. Der dritte Spannungspuls wird über eine Reihenschaltung des zweiten Wicklungsstrangs B, dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung des ersten Wicklungsstrangs A und des dritten Wicklungsstrangs C, angelegt. Hierzu werden die Schalter 23, 22 und 26 leitend geschaltet und die Schalter 21, 25 und 24 sperrend geschaltet. Während des dritten Spannungspulses entspricht der mit dem gemeinsamen Stromsensor 3 gemessene Strom dem Strom I durch den zweiten Wicklungsstrang B, wobei der Strom I in positiver Richtung, also auf den Sternpunkt X zu, durch den zweiten Wicklungsstrang B fließt.

Fig. 6 zeigt eine Verschaltung der Wicklungsstränge A, B, C während eines vierten Spannungspulses. Der vierte Spannungspuls wird wie der dritte Spannungspuls über eine Reihenschaltung des zweiten Wicklungsstrangs B, dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung des ersten Wicklungsstrangs A und des dritten Wicklungsstrangs C, angelegt. Anders als bei dem dritten Spannungspuls werden die Schalter 23, 22 und 26 sperrend geschaltet und die Schalter 21, 25 und 24 leitend geschaltet. Während des vierten Spannungspulses entspricht der mit dem gemeinsamen Stromsensor 3 gemessene Strom dem Strom I durch den zweiten Wicklungsstrang B, wobei der Strom I in negativer Richtung, also von dem Sternpunkt X weg, durch den zweiten Wicklungsstrang B fließt.

Fig. 7 zeigt eine Verschaltung der Wicklungsstränge A, B, C während eines fünften Spannungspulses. Der fünfte Spannungspuls wird über eine Reihenschaltung des dritten Wicklungsstrangs C, dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung des ersten Wicklungsstrangs A und des zweiten Wicklungsstrangs B, angelegt. Hierzu werden die Schalter 21, 24, und 26 leitend geschaltet und die Schalter 23, 25 und 22 sperrend geschaltet. Während des fünften Spannungspulses entspricht der mit dem gemeinsamen Stromsensor 3 gemessene Strom dem Strom I durch den dritten Wicklungsstrang C, wobei der Strom I in positiver Richtung, also auf den Sternpunkt X zu, durch den dritten Wicklungsstrang C fließt.

Fig. 8 zeigt eine Verschaltung der Wicklungsstränge A, B, C während eines sechsten Spannungspulses. Der sechste Spannungspuls wird, ähnlich wie der fünfte Spannungspuls, über eine Reihenschaltung des dritten Wicklungsstrangs C mit einer Parallelschaltung des ersten Wicklungsstrangs A und des zweiten Wicklungsstrangs B angelegt. Im Unterschied zu dem fünften Spannungspuls werden die Schalter 21, 24, und 26 sperrend geschaltet und die

Schalter 23, 25 und 22 leitend geschaltet. Während des sechsten Spannungspulses entspricht der mit dem gemeinsamen Stromsensor 3 gemessene Strom dem Strom I durch den dritten Wicklungsstrang C, wobei der Strom I in negativer Richtung, also von dem Sternpunkt X weg, durch den dritten Wicklungsstrang C fließt.

5

Insofern sind die Spannungspulse der Spannungspulsfolge derart gewählt, dass im Laufe der Spannungspulsfolge in allen Wicklungssträngen mindestens einmal ein positiver Strom und mindestens einmal ein negativer Strom erzeugt wird, wobei der negative Strom in entgegengesetzter Richtung zu dem positiven Strom fließt. Die Spannungspulse können in beliebiger

10 Abfolge in der Spannungspulsfolge 100 angeordnet sein.

15

Zwischen den Spannungspulsen der Spannungspulsfolge 100 ist jeweils eine Totzeit T vorgesehen, in welcher keine Spannung über den Wicklungssträngen A, B, C anliegt. Die Spannungspulse weisen jeweils eine Pulsdauer P auf, welche für alle Spannungspulse der Spannungspulsfolge identisch ist. Bevorzugt ist die Totzeit zwischen den Spannungspulsen aller

Spannungspulse der Spannungspulsfolge 100 identisch, so dass sich eine periodische Spannungspulsfolge mit einer vorgegebenen Frequenz ergibt. Die Frequenz der Spannungspulsfolge ist bevorzugt größer als die Drehzahl des Rotors 11, besonders bevorzugt mindestens um den Faktor 10 größer als die Drehzahl des Rotors 11, beispielsweise mindestens um den

20 Faktor 100 größer als die Drehzahl des Rotors 11.

25

Die **Fig. 9** zeigt den durch den gemeinsamen Stromsensor 3 gemessenen Verlauf des Stroms I während der Spannungspulsfolge 100. Es ist zu erkennen, dass der Strom I während der Totzeit T zwischen den einzelnen Spannungspulsen Null ist. Während der Dauer P eines

Spannungspulses steigt der Strom I jeweils an bis er zum Ende des Spannungspulses einen Stromhöchstwert erreicht. Dieser Stromhöchstwert zum Zeitpunkt des Endes des Spannungspulses wird von dem gemeinsamen Stromsensor 3 gemessen und gespeichert. Die Speicherung der Stromhöchstwerte kann beispielsweise in der Auswerteschaltung 6 erfolgen. Das der

gemeinsame Stromsensor 3 in der Zuleitung 5 des Wechselrichters 2 angeordnet ist, weist

30 der gemessene Strom I immer dieselbe Polarität auf, unabhängig davon ob, in welcher Richtung der Strom I in dem jeweiligen Wicklungsstrang A, B, C fließt.

35

Mittels der Auswerteschaltung 6 wird daraufhin derjenige Spannungspuls der Spannungspulsfolge 100 ermittelt, während dessen Dauer P der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde. Da die Induktivitäten der Wicklungsstränge A, B, C durch die Stellung des

permanenterregten Rotors 11 beeinflusst werden, gibt der Spannungspuls, während dessen

Dauer P der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde an, dass die magnetischen Feldlinien des Rotors 11 während der Dauer P dieses Spannungspulses im Wesentlichen parallel zu den Feldlinien des Wicklungsstrangs A, B, C ausgerichtet waren, welcher diesem Spannungspuls zugeordnet ist. Somit lässt sich durch Betrachtung des Spannungspulses, während dessen Dauer P der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde, die Stellung mit einer Auflösung von 60° elektrischen Winkel ermitteln. Optional wird zusätzlich derjenige Spannungspuls ermittelt, während dessen Dauer der betragsmäßig zweitgrößte Stromhöchstwert gemessen wurde. Dieser Spannungspuls kann zusätzlich zur Bestimmung der Stellung des Rotors 11 herangezogen werden, wodurch sich die Auflösung der ermittelten Stellung des Rotors auf 30° elektrischer Winkel verkleinert.

Anhand der Darstellung in der **Fig. 10** soll nachfolgend ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert werden. Bei dieser Ausgestaltung wird die Drehzahl n des Elektromotors 10 bestimmt. Sofern die Drehzahl n kleiner ist als eine erste vorgegebene Drehzahlschwelle N1, wird die Ermittlung der Stellung des Rotors anhand der Spannungsfolge wie in dem Verfahren 105 nach dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt. Wenn die Drehzahl n ausgehend von einer Drehzahl n, die kleiner ist als die erste vorgegebene Drehzahlschwelle N1, die erste Drehzahlschwelle N1 erreicht oder überschreitet, wird die Stellung des Rotors 11 über ein Verfahren 107 zur Bestimmung einer Gegen-EMK des Elektromotors 10 ermittelt. Ferner wird dann, wenn die Drehzahl n ausgehend von einer Drehzahl n, die kleiner ist als die vorgegebene erste Drehzahlschwelle N1, die erste Drehzahlschwelle N1 erreicht oder überschreitet, ein Ansteuerzyklus 106 zur Ansteuerung der Wicklungsstränge A, B, C mit einer im Vergleich zu dem unmittelbar vorhergehenden Ansteuerzyklus verlängerten Einschaltdauer der Ansteuerpulse ausgeführt.

Wenn die Drehzahl n ausgehend von einer Drehzahl n, die größer ist als die erste Drehzahlschwelle N1 unterhalb eine zweite vorgegebene Drehzahlschwelle N2 absinkt, so wird die Ermittlung der Stellung des Rotors 11 wiederum durch das Verfahren 105 anhand der Spannungsfolge durchgeführt. Die zweite vorgegebene Drehzahlschwelle N2 ist bevorzugt kleiner als die erste vorgegebene Drehzahlschwelle N1.

Bezugszeichenliste

	1	Schaltungsanordnung
	2	Wechselrichter
5	3	Stromsensor
	4	Zuleitung
	5	Zuleitung
	6	Auswerteschaltung
	10	Elektromotor
10	11	Rotor
	21	Schalter
	22	Schalter
	23	Schalter
	24	Schalter
15	25	Schalter
	26	Schalter
	100	Spannungspulsfolge
	101	Ansteuerzyklus
20	105	Ermittlung der Stellung des Rotors mit der Spannungspulsfolge
	106	Zwischenschritt
	107	Ermittlung der Stellung des Rotors anhand der Gegen-EMK
	A, B, C	Wicklungsstrang
25	I	Strom
	n	Drehzahl
	N	magnetischer Pol
	N1, N2	Drehzahlschwelle
	P	Dauer eines Spannungspulses
30	S	magnetischer Pol
	T	Totzeit
	U, V, W	Potentialpunkt
	X	Sternpunkt

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Ermittlung der Stellung eines Nockenwellenverstellers oder der Stellung einer Vorrichtung zur Veränderung des Verdichtungsverhältnisses einer Brennkraftmaschine mit einem permanenterregten, bürstenlosen Elektromotor (10), der einen Rotor und einen Stator mit mehreren Wicklungssträngen (A, B, C) aufweist, wobei die Wicklungsstränge (A, B, C) mit einer mehrere aufeinanderfolgende Spannungspulse aufweisenden Spannungspulsfolge (100) angeregt werden, so dass sich in den Wicklungssträngen (A, B, C) nacheinander jeweils ein Strom (I) einstellt, wobei die Spannungspulse derart gewählt sind, dass während der Spannungspulsfolge (100) in allen Wicklungssträngen (A, B, C) ein positiver und ein negativer Strom (I) erzeugt wird, wobei während der Dauer (P) jeweils eines Spannungspulses mit einem gemeinsamen Stromsensor (3) ein sich in dem jeweiligen Wicklungsstrang (A, B, C) einstellender Stromhöchstwert gemessen wird, und wobei derjenige Spannungspuls der Spannungspulsfolge (100) ermittelt wird, während dessen Dauer (P) der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zusätzlich derjenige Spannungspuls ermittelt wird, während dessen Dauer (P) der betragsmäßig zweitgrößte Stromhöchstwert gemessen wurde.
- 25 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spannungspulse der Spannungspulsfolge (100) jeweils über eine Reihenschaltung eines ersten Wicklungsstrangs (A, B, C), dem der Spannungspuls zugeordnet ist, mit einer Parallelschaltung der anderen Wicklungsstränge (A, B, C), insbesondere einer Parallelschaltung eines zweiten Wicklungsstrangs (A, B, C) und eines dritten Wicklungsstrangs (A, B, C), angelegt werden.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen den Spannungspulsen der Spannungspulsfolge (100) jeweils eine Totzeit (T) vorgesehen ist, in welcher keine Spannung über den Wicklungssträngen (A, B, C) angelegt ist.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wicklungsstränge (A, B, C) mit der Spannungspulsfolge (100) in einem Zeitfenster angeregt werden, welches zwischen zwei Ansteuerzyklen (101) zur Ansteuerung der Wicklungsstränge

- 15 -

(A, B, C), insbesondere zwei PWM-Ansteuerzyklen, liegt.

- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Wicklungsstränge (A, B, C) während der Ansteuerzyklen (101) derart angeregt werden, dass ein erster Wicklungsstrang (A, B, C) stromlos geschaltet ist während ein zweiter Wicklungsstrang (A, B, C) und ein dritter Wicklungsstrang (A, B, C) stromführend sind.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spannungspulsfolge (100) und/oder die Ansteuerzyklen (101) mit einem Wechselrichter (2) erzeugt werden, insbesondere wobei der Wechselrichter (2) eine B6-Brückenschaltung aufweist.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Drehzahl (n) des Rotors (11) des Elektromotors (10) bestimmt wird und die Anregung der Wicklungsstränge (A, B, C) zur Ermittlung der Stellung des Rotors (11) mit der Spannungspulsfolge (100) erfolgt, wenn die Drehzahl (n) kleiner ist als eine vorgegebene Drehzahlschwelle (N1), und die Stellung des Rotors (11) über eine Bestimmung einer Gegen-EMK des Elektromotors (10) ermittelt wird, wenn die Drehzahl (n) ausgehend von einer Drehzahl (n), die kleiner ist als die vorgegebene Drehzahlschwelle (N1), die Drehzahlschwelle (N1) erreicht oder überschreitet.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei dann, wenn die Drehzahl (n) ausgehend von einer Drehzahl (n), die kleiner ist als die vorgegebene Drehzahlschwelle (N1), die Drehzahlschwelle erreicht oder überschreitet, ein Ansteuerzyklus (106) zur Ansteuerung der Wicklungsstränge (A, B, C) mit einer im Vergleich zu dem unmittelbar vorhergehenden Ansteuerzyklus verlängerten Einschaltdauer der Ansteuerpulse ausgeführt wird.
- 25 10. Schaltungsanordnung (1) eines Nockenwellenverstellers oder einer Vorrichtung zur Veränderung des Verdichtungsverhältnisses einer Brennkraftmaschine zur Ermittlung der Stellung eines Rotors (11) eines permanentenerregten, bürstenlosen Elektromotors (10), mit einem Stator, der mehrere, insbesondere drei, Wicklungsstränge (A, B, C) aufweist, wobei die Schaltungsanordnung (1) aufweist:
- 30 einen Wechselrichter (2) zur Anregung der Wicklungsstränge (A, B, C) mit einer mehrere aufeinanderfolgende Spannungspulse aufweisenden Spannungspulsfolge (100), durch welche in den Wicklungssträngen (A, B, C) nacheinander jeweils ein
- 35 Strom (I) einstellbar ist, wobei die Spannungspulse derart wählbar sind, dass während

- 16 -

der Spannungspulsfolge (100) in allen Wicklungssträngen (A, B, C) ein positiver und ein negativer Strom (I) erzeugt wird;

einen gemeinsamen Stromsensor (3) zur Messung eines sich während der Dauer (P) jeweils eines Spannungspulses in dem jeweiligen Wicklungsstrang (A, B, C) einstellenden Stromhöchstwerts; und

5

eine Auswerteschaltung (6) zur Ermittlung desjenigen Spannungspulses der Spannungspulsfolge (100), während dessen Dauer (P) der betragsmäßig größte Stromhöchstwert gemessen wurde.

1/3

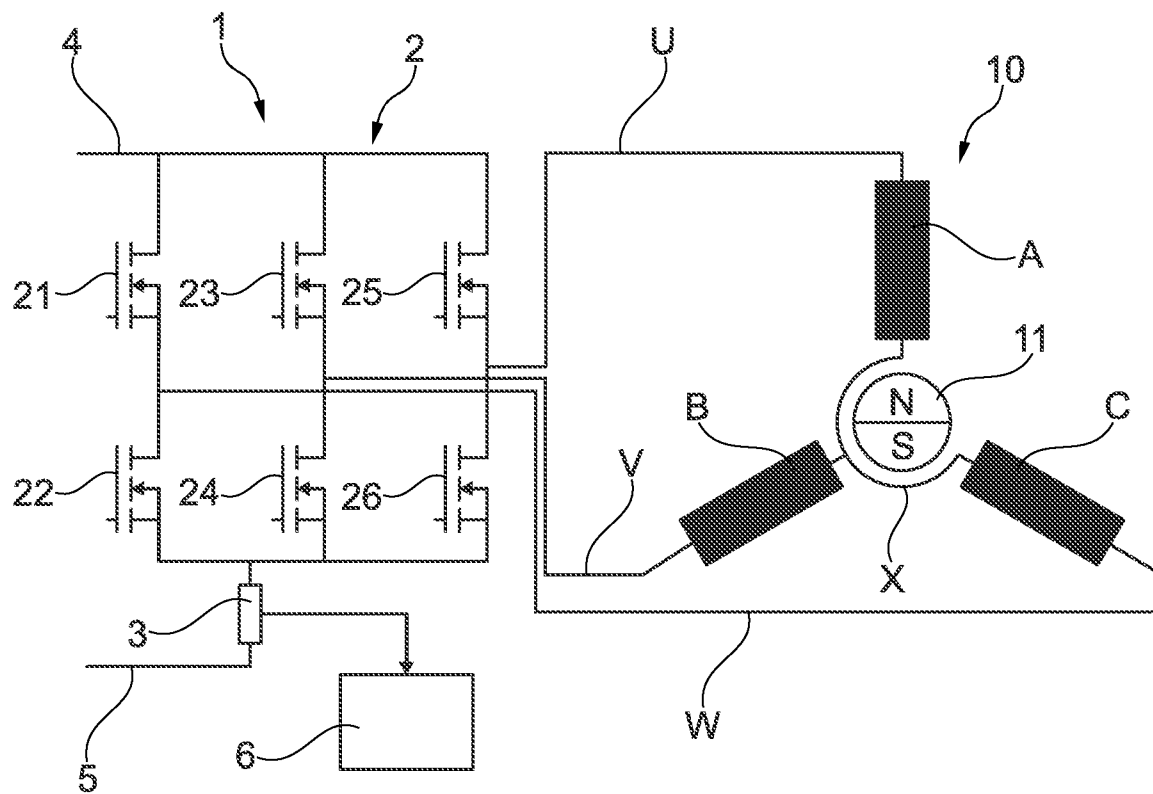


Fig. 1

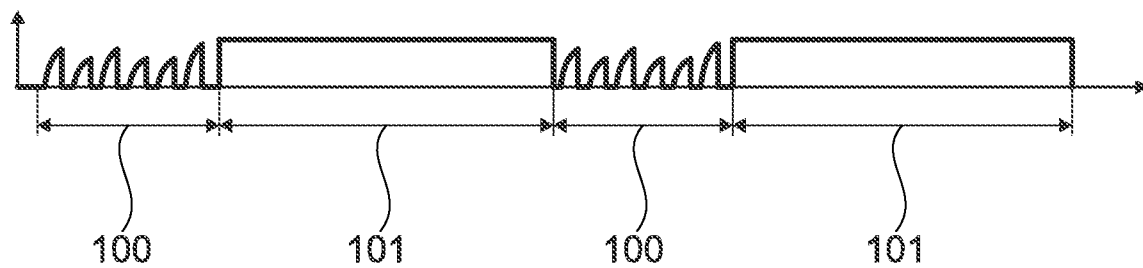


Fig. 2

2/3

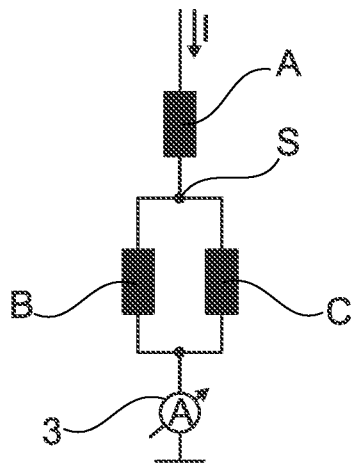


Fig. 3

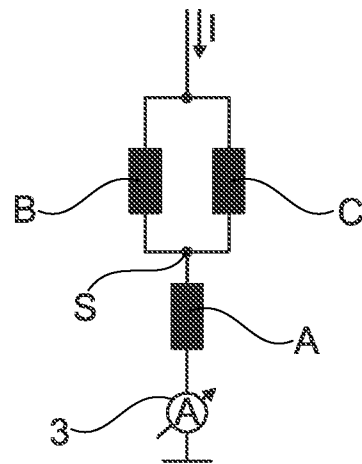


Fig. 4

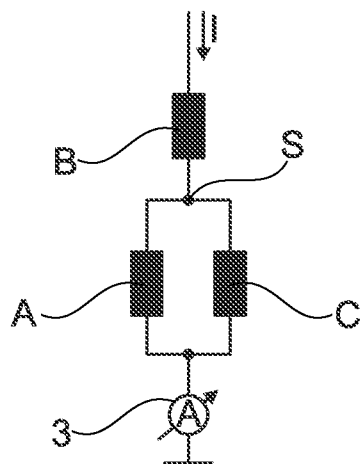


Fig. 5

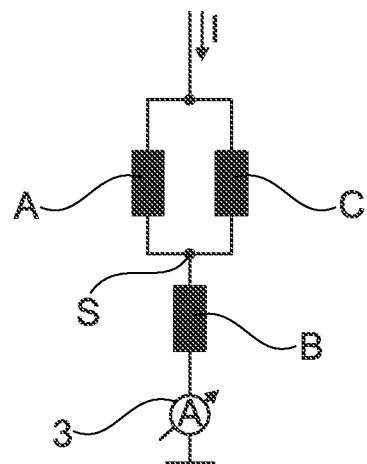


Fig. 6

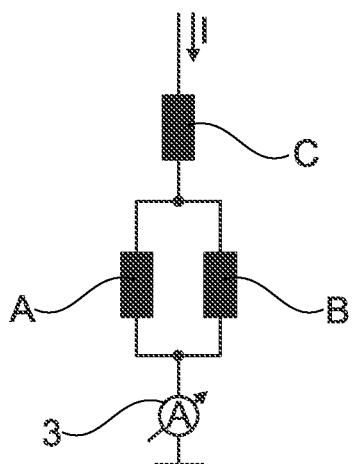


Fig. 7

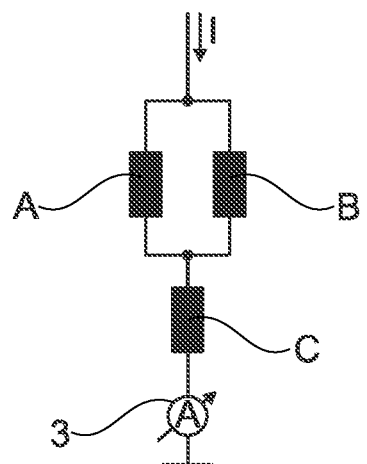


Fig. 8

3/3

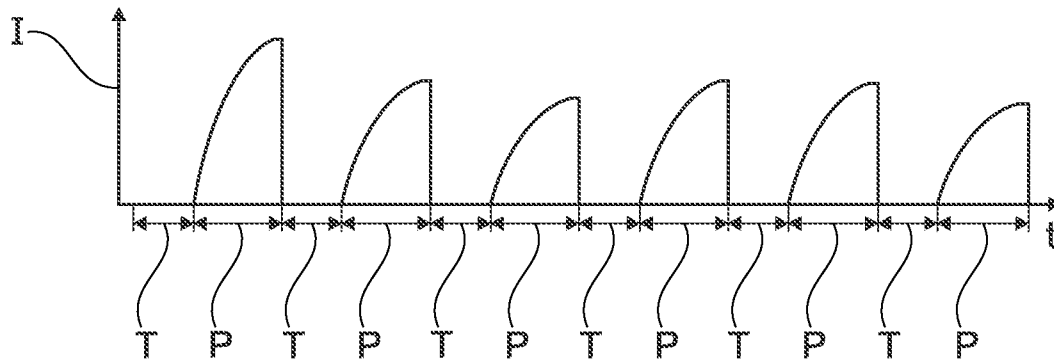


Fig. 9

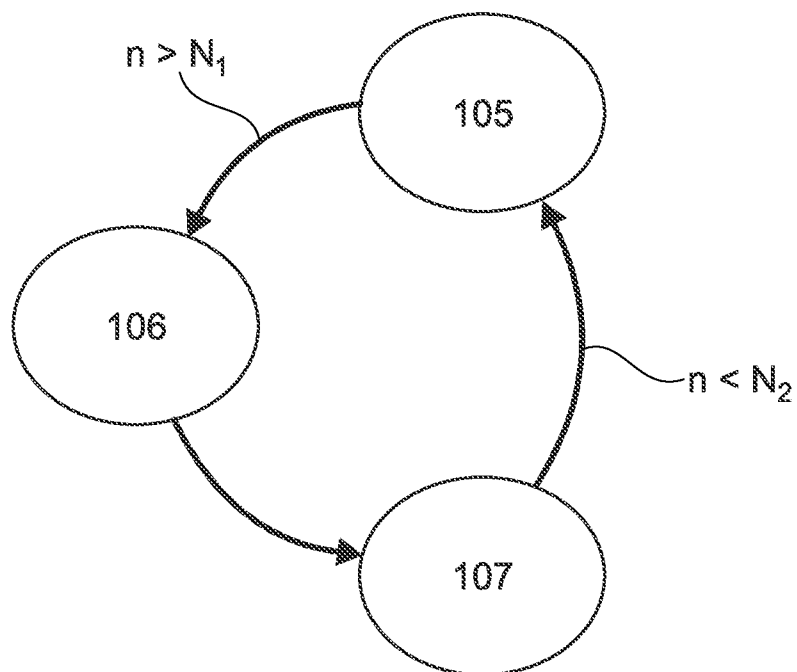


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2017/101001A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02P6/185
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
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.
Y	DE 10 2005 022714 A1 (SCHAEFFLER KG [DE]) 23 November 2006 (2006-11-23) paragraphs [0007], [0014], [0015], [0029] - [0031] figures 1, 2 ----- -/--	1-10



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

27 February 2018

Date of mailing of the international search report

13/03/2018

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

Roider, Anton

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2017/101001

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	MICRO LINEAR: "MICRO LINEAR ML4428 Sensorless Smart Start BLDC PWM Motor Controller", 30 April 1997 (1997-04-30), - 30 April 1997 (1997-04-30), pages 1-16, XP002778629, Retrieved from the Internet: URL: http://data.datasheetlib.com/pdf1/27/81/278102/micro-linear-ml4428_6af4dacec0.pdf?take=binary [retrieved on 2018-02-26] cited in the application Seite 10, rechte Spalte, erster Absatz; Seite 11, linke Spalte, zweiter Absatz figures 5, 6, 9, 11	1-10
A	----- DE 10 2005 056444 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 22 June 2006 (2006-06-22) paragraphs [0001], [0002], [0015], [0037] figure 7	1-10
A	----- DE 198 38 227 A1 (FRANKL & KIRCHNER [DE]) 24 February 2000 (2000-02-24) cited in the application paragraphs [0009], [0016], [0040] figures 1, 2, 3 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2017/101001

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005022714 A1	23-11-2006	DE 102005022714 A1 WO 2006122665 A1	23-11-2006 23-11-2006
DE 102005056444 A1	22-06-2006	NONE	
DE 19838227 A1	24-02-2000	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02P6/185
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.
Y	DE 10 2005 022714 A1 (SCHAEFFLER KG [DE]) 23. November 2006 (2006-11-23) Absätze [0007], [0014], [0015], [0029] - [0031] Abbildungen 1, 2 ----- -/--	1-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. Februar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/03/2018

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

Roider, Anton

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	MICRO LINEAR: "MICRO LINEAR ML4428 Sensorless Smart Start BLDC PWM Motor Controller", 30. April 1997 (1997-04-30), - 30. April 1997 (1997-04-30), Seiten 1-16, XP002778629, Gefunden im Internet: URL: http://data.datasheetlib.com/pdf1/27/81/278102/micro-linear-ml4428_6af4dacec0.pdf?take=binary [gefunden am 2018-02-26] in der Anmeldung erwähnt Seite 10, rechte Spalte, erster Absatz; Seite 11, linke Spalte, zweiter Absatz Abbildungen 5, 6, 9, 11	1-10
A	DE 10 2005 056444 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 22. Juni 2006 (2006-06-22) Absätze [0001], [0002], [0015], [0037] Abbildung 7	1-10
A	DE 198 38 227 A1 (FRANKL & KIRCHNER [DE]) 24. Februar 2000 (2000-02-24) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0009], [0016], [0040] Abbildungen 1, 2, 3	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2017/101001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005022714 A1	23-11-2006	DE 102005022714 A1	23-11-2006
		WO 2006122665 A1	23-11-2006

DE 102005056444 A1	22-06-2006	KEINE	

DE 19838227 A1	24-02-2000	KEINE	
