

(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
4. April 2013 (04.04.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/045186 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02P 6/18 (2006.01) *H02M 7/5387* (2007.01)
G01R 19/00 (2006.01)

(CH). **HUWILER, Adrian** [CH/CH]; Obergütschstrasse 6, CH-6038 Honau (CH). **SOLTERMANN, Sacha** [CH/CH]; Talacherstrasse 4, CH-6340 Baar (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/066657

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. August 2012 (28.08.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
11182830.7 26. September 2011 (26.09.2011) EP

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) **Erfinder; und**

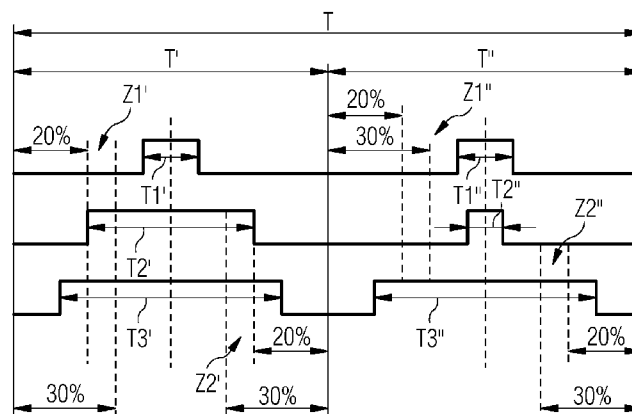
(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KUCERA, Ladislav** [CH/CH]; Dorfstrasse 47, CH-8800 Thalwil (CH). **KÄMPF, Carlo** [CH/CH]; Feld 1, CH-6362 Stansstad

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BRUSHLESS DIRECT CURRENT MOTOR HAVING SFOC CONTROL

(54) Bezeichnung : BÜRSTENLOSER GLEICHSTROMMOTOR MIT SFOC-REGELUNG

FIG 4



(57) **Abstract:** The invention relates to a control device (6) for a brushless direct current motor which determines target voltages (Ua, Ub, Uc) for phases thereof (U1, U2, U3) using a rotational position (α) of a rotor (2) of the direct current motor. The control device (6) accordingly controls an actuator (4) so that each phase (U1, U2, U3) is switched on to a supply voltage (VCC) within a respective timing cycle (T) during a total actuation time period (T1, T2, T3) corresponding with the respective target voltage (Ua, Ub, Uc). The control device (6) divides the timing cycles (T) into two directly successive, equally large partial cycles (T', T'') and determines a respective partial activation period (T1', T1'', T2', T2'', T3', T3'') for each phase (U1, U2, U3) for each partial cycle (T', T''). The control device (6) determines the partial activation time periods (T1', T1'', T2', T2'', T3', T3'') so that they connect to each other, comprise the center of the respective partial cycle (T', T''), are symmetrical thereto and together are equal to the respective total actuation period (T1, T2, T3). The control device (6) calibrates the partial actuation time periods (T1', T1'', T2', T2'', T3', T3'') to each other so that, in at least one permanently specified time interval (Z1', Z2') of the first partial cycle (T'), a current detection for one of the phases (U1, U2, U3) is possible and in at least one permanently specified time interval (Z1'', Z2'') of the second partial cycle (T''), a current detection for another of the phases (U1, U2, U3) is possible.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/045186 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

Eine Steuereinrichtung (6) für einen bürstenlosen Gleichstrommotor ermittelt unter Verwendung einer Drehstellung (α) eines Rotors (2) des Gleichstrommotors Sollspannungen (U_a , U_b , U_c) für dessen Phasen (U_1 , U_2 , U_3). Die Steuereinrichtung (6) steuert eine Stelleinrichtung (4) entsprechend an, so dass jede Phase (U_1 , U_2 , U_3) innerhalb eines jeweiligen Taktzyklusses (T) während eines mit der jeweiligen Sollspannung (U_a , U_b , U_c) korrespondierenden Gesamtanschluszeitraums (T_1 , T_2 , T_3) an eine Versorgungsspannung (VCC) angeschaltet wird. Die Steuereinrichtung (6) unterteilt die Taktzyklen (T) in jeweils zwei unmittelbar aufeinander folgende gleich große Teilzyklen (T' , T'') und ermittelt für jede Phase (U_1 , U_2 , U_3) für jeden Teilzyklus (T' , T'') einen jeweiligen Teilanschluszeitraum (T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3''). Die Steuereinrichtung (6) ermittelt die Teilanschluszeiträume (T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'') derart, dass sie in sich zusammenhängen, die Mitte des jeweiligen Teilzyklus (T' , T'') umfassen, symmetrisch dazu sind und zusammen gleich dem jeweiligen Gesamtanschluszeitraum (T_1 , T_2 , T_3) sind. Die Steuereinrichtung (6) stimmt die Teilanschluszeiträume (T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'') derart aufeinander ab, dass in mindestens einem fest vorgegebenen Zeitintervall (Z_1' , Z_2') des ersten Teilzyklus (T') eine Stromerfassung für eine der Phasen (U_1 , U_2 , U_3) und in mindestens einem fest vorgegebenen Zeitintervall (Z_1'' , Z_2'') des zweiten Teilzyklus (T'') eine Stromerfassung für eine weitere der Phasen (U_1 , U_2 , U_3) möglich ist.

Beschreibung / Description

Bürstenloser Gleichstrommotor mit SFOC-Regelung

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ansteuerverfahren für einen bürstenlosen Gleichstrommotor,
- wobei eine Steuereinrichtung für den Gleichstrommotor unter Verwendung einer Drehstellung eines Rotors des Gleichstrommotors Sollspannungen für Phasen des

10 Gleichstrommotors ermittelt,

 - wobei die Steuereinrichtung eine Stelleinrichtung entsprechend den für die Phasen ermittelten Sollspannungen ansteuert, so dass jede Phase innerhalb eines jeweiligen Taktzyklusses während eines mit der jeweiligen Sollspannung

15 korrespondierenden Gesamtanschaltzeitraums an eine Versorgungsspannung angeschaltet wird,

 - wobei die Steuereinrichtung die Taktzyklen in jeweils zwei unmittelbar aufeinander folgende gleich große Teilzyklen unterteilt und für jede Phase für jeden Teilzyklus einen

20 jeweiligen Teilanschaltzeitraum ermittelt,

 - wobei die Steuereinrichtung die Teilanschaltzeiträume für jede Phase derart ermittelt, dass sie symmetrisch zur Mitte des jeweiligen Teilzyklus sind und zusammen gleich dem

25 jeweiligen Gesamtanschaltzeitraum der entsprechenden Phase für den jeweiligen Taktzyklus sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Steuereinrichtung für einen bürstenlosen Gleichstrommotor, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet oder

30 programmiert ist, dass sie den bürstenlosen Gleichstrommotor gemäß einem derartigen Ansteuerverfahren betreibt.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin einen bürstenlosen Gleichstrommotor,

35 - wobei der Gleichstrommotor einen Stator und einen relativ zum Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist,

- wobei der Gleichstrommotor eine Stelleinrichtung aufweist, mittels derer Phasen des Gleichstrommotors an eine Versorgungsspannung anschaltbar sind,
- wobei der Gleichstrommotor eine Steuereinrichtung aufweist, von der die Stelleinrichtung ansteuerbar ist,
- wobei der Stelleinrichtung eine einzige Stromerfassungseinrichtung nachgeordnet ist,
- wobei die Stromerfassungseinrichtung zum Zuführen eines von der Stromerfassungseinrichtung erfassten jeweiligen Stromwertes zur Steuereinrichtung mit der Steuereinrichtung verbunden ist.

Ein derartiges Ansteuerverfahren und die entsprechende Steuereinrichtung sowie der entsprechende bürstenlose Gleichstrommotor sind beispielsweise aus der EP 2 120 323 B1 bekannt.

Bei Gleichstrommotoren muss im Betrieb eine Kommutierung der Phasen erfolgen. Die Anschaltung der Phasen des Gleichstrommotors ist also unter anderem von der Drehstellung eines Rotors des Gleichstrommotors abhängig. Die Kommutierung bewirkt die korrekte Bestromung der Phasen des Gleichstrommotors.

Die Kommutierung kann mittels sogenannter Kommutierungsbürsten erfolgen. Diese Ausgestaltung ist jedoch verschleißbehaftet. Im Stand der Technik erfolgt die Kommutierung daher in der Regel elektronisch.

Um eine elektronische Kommutierung korrekt durchführen zu können, muss die Drehstellung des Rotors bekannt sein. Hierfür sind im Stand der Technik verschiedene Ausgestaltungen bekannt.

So ist beispielsweise bekannt, die Drehstellung des Rotors mittels Hallensoren zu erfassen. Diese Ausgestaltung arbeitet technisch einwandfrei, ist jedoch relativ kostenintensiv.

In jüngerer Zeit wurden weitere Technologien entwickelt, nämlich die sogenannte SBLDC und die SFOC, welche ein elektronisches Kommutieren ermöglichen, ohne Hallsensoren
5 oder sonstige Positionssensoren wie Encoder oder Potentiometer zu benötigen. Die beiden Verfahren verfügen über ähnliche Eigenschaften, basieren aber auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien.

10 Bei dem SBLDC (= sensorless brushless direct current = sensorloser bürstenloser Gleichspannungsmotor) werden die Spannungen des Gleichstrommotors erfasst und ausgewertet. Da bei der Kommutierung zu jedem Zeitpunkt eine der drei Motorphasen unbestromt ist, kann diese Phase zur Messung der
15 induzierten Spannung verwendet werden. Anhand des Verlaufs des Messsignals lässt sich der Zeitpunkt des Kommutierungswechsels abschätzen und daraus eine Drehstellung des Rotors ableiten. Das SBLDC-Verfahren benötigt eine Mindestdrehzahl des Rotors, da im Stillstand das Messsignal
20 gegen 0 geht. Das Anfahren aus dem Stillstand erfolgt gesteuert, d. h. es wird ein Drehfeld angelegt, noch bevor die Drehstellung des Rotors bekannt ist.

Bei dem SFOC-Verfahren (= sensorless field oriented control =
25 sensorlose feldorientierte Regelung) wird die Drehstellung aus einer Erfassung der magnetischen Flüsse abgeleitet. Auch dieses Verfahren benötigt für ein ordnungsgemäßes Arbeiten eine Mindestdrehzahl des Rotors. Im Gegensatz zum SBLDC-Verfahren werden beim SFOC-Verfahren Ströme gemessen, nicht
30 Spannungen. Dieses Verfahren wird auch bei der EP 2 120 323 B1 angewendet.

Bei dem SFOC-Verfahren existieren zwei Hauptvarianten, nämlich zum einen eine Hauptvariante mit zwei oder drei
35 Strommesseinrichtungen, die in den jeweiligen Phasenzweigen angeordnet sind, und zum anderen eine Hauptvariante mit einer einzigen Strommesseinrichtung, welche den Summenstrom führt.

Aus Kostengründen ist die Hauptvariante mit einer einzigen Strommesseinrichtung vorzuziehen.

Um mittels einer einzigen Strommesseinrichtung die in den
5 Motorphasen fließenden Phasenströme korrekt erfassen zu
können, muss während eines Taktzyklus zum einen ein
hinreichend großes Zeitintervall existieren, während dessen
zwei Phasen an die Versorgungsspannung angeschaltet sind. Zum
anderen muss während desselben Taktzyklus ein weiteres,
10 ebenfalls hinreichend großes Zeitintervall existieren,
während dessen nur eine einzige Phase an die
Versorgungsspannung angeschlossen ist. Diese beiden
Bedingungen sind zwar in manchen Betriebszuständen erfüllt,
aber nicht zwangsläufig gegeben. Insbesondere in dem Fall,
15 dass die Teilanschaltzeiträume die Mitte des jeweiligen
Teilzyklus umfassen, symmetrisch zum jeweiligen Teilzyklus
sind und in sich zusammenhängend sind, sind diese Bedingungen
nicht stets erfüllbar.

20 Zur Lösung dieses Problems wird bei der EP 2 120 323 B1 für
eine der Phasen eine Aufteilung der jeweiligen
Teilbeaufschlagungszeiträume in weitere Zeiträume
vorgenommen. Die beiden Teilbeaufschlagungszeiträume der
genannten Phase sind also gleich groß und symmetrisch zur
25 Mitte des jeweiligen Teilzyklus. Sie enthalten jedoch nicht
die Mitte des jeweiligen Teilzyklus. Für eine andere der
Phasen wird der Gesamtanschaltzeitraum in zwei
Teilanschaltzeiträume aufgeteilt, die unterschiedlich groß
sind.

30 Die Vorgehensweise der EP 2 120 323 B1 führt zwar zu
befriedigenden regeltechnischen Resultaten, ist aber in der
Realisierung technisch aufwändig. Insbesondere muss erfasst
werden, ob ein kritischer Betriebszustand des
35 Gleichstrommotors vorliegt, in dem eine Erfassung der
Phasenströme nicht ohne Weiteres möglich ist, und ggf. die
obenstehend erläuterte Modifikation der Teilanschaltzeiträume
erfolgen. Weiterhin müssen die Erfassungszeitpunkte, zu denen

die Phasenströme erfasst werden, in Abhängigkeit von den ermittelten Teilanschaltzeiträumen bestimmt werden.

- Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer die Ermittlung der Teilanschaltzeiträume und die Erfassung der Phasenströme vereinfacht werden können, obwohl nur eine einzige Strommesseinrichtung vorhanden ist.
- 10 Die Aufgabe wird durch ein Ansteuerungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Ansteuerungsverfahrens ist Gegenstand des abhängigen Anspruchs 2.
- 15 Erfindungsgemäß ist vorgesehen, ein Ansteuerungsverfahren der eingangs genannten Art dadurch auszugestalten,
- dass die Steuereinrichtung die Teilanschaltzeiträume für jede Phase derart ermittelt, dass sie in sich zusammenhängen und die Mitte des jeweiligen Teilzyklus umfassen, und
 - 20 - dass die Steuereinrichtung die Teilanschaltzeiträume der Phasen derart aufeinander abstimmt, dass in mindestens einem fest vorgegebenen Zeitintervall des ersten Teilzyklus eine Stromerfassung für eine der Phasen und in mindestens
 - 25 einem fest vorgegebenen Zeitintervall des zweiten Teilzyklus eine Stromerfassung für eine weitere der Phasen möglich ist.

Die Lage des mindestens einen fest vorgegebenen Zeitintervalls kann nach Bedarf bestimmt sein. Insbesondere können die Zeitintervalle zwischen 20 % und 30 % und/oder zwischen 70 % und 80 % des jeweiligen Teilzyklus liegen.

Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 3 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung derart ausgebildet oder programmiert, dass sie den bürstenlosen Gleichstrommotor gemäß einem erfindungsgemäßen Ansteuerungsverfahren betreibt.

Die Aufgabe wird weiterhin durch einen bürstenlosen Gleichstrommotor mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, einen bürstenlosen
5 Gleichstrommotor der eingangs genannten Art dadurch auszugestalten, dass die Steuereinrichtung erfindungsgemäß ausgebildet oder programmiert ist.

Der entsprechende bürstenlose Gleichstrommotor kann
10 beispielsweise als Antrieb für ein Ventil oder eine Klappe verwendet werden.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht
15 werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer
Darstellung:

20

- FIG 1 einen Gleichstrommotor mit Stelleinrichtung und Steuereinrichtung,
FIG 2 eine detaillierte Darstellung der Stelleinrichtung und der Steuereinrichtung,
25 FIG 3 einen Taktzyklus des Standes der Technik und
FIG 4 einen erfindungsgemäßen Taktzyklus.

Gemäß FIG 1 weist ein bürstenloser Gleichstrommotor einen Stator 1 und einen Rotor 2 auf. Der Rotor 2 ist relativ zum
30 Stator 1 um eine Drehachse 3 drehbar gelagert.

Der Gleichstrommotor weist weiterhin eine Stelleinrichtung 4 auf. Mittels der Stelleinrichtung 4 sind Phasen U1, U2, U3 des Gleichstrommotors an eine Versorgungsspannung VCC
35 anschaltbar. Der Stelleinrichtung 4 ist eine einzige Stromerfassungseinrichtung 5 nachgeordnet.

Der Gleichstrommotor weist weiterhin eine Steuereinrichtung 6 auf. Die Steuereinrichtung 6 kann insbesondere als programmierte oder als festverdrahtete Steuereinrichtung 6 ausgebildet sein. Die Steuereinrichtung 6 ist mit der Stelleinrichtung 4 verbunden, damit die Steuereinrichtung 6 die Stelleinrichtung 4 ansteuern kann. Die Steuereinrichtung 6 ist weiterhin mit der Stromerfassungseinrichtung 5 verbunden, damit die Steuereinrichtung 6 den von der Stromerfassungseinrichtung 5 jeweils erfassten Gesamtstrom I entgegennehmen kann. Die Steuereinrichtung 6 ist derart programmiert oder ausgebildet, dass sie ein Ansteuerverfahren für den Gleichstrommotor ausführt, was nachstehend näher erläutert wird.

Die Steuereinrichtung 6 weist zur Durchführung des Ansteuerverfahrens üblicherweise intern einen AD-Wandler ADC, eine Auswahl schaltung SEL, eine Steuerschaltung CONTROL und eine Pulsweitenmodulationseinheit PWMUNIT auf. Insbesondere ermittelt die Steuereinrichtung 6 im Betrieb des Gleichstrommotors unter Verwendung der mittels der Stromerfassungseinrichtung 5 erfassten Stromwerte die Drehstellung α des Rotors 2. Unter Verwendung der Drehstellung α des Rotors 2 ermittelt die Steuereinrichtung 6 Sollspannungen U_a , U_b , U_c für die Phasen U_1 , U_2 , U_3 des Gleichstrommotors. Die Ermittlung der Sollspannungen U_a , U_b , U_c bei gegebener Drehstellung α des Rotors 2 ist Fachleuten bekannt.

Die Steuereinrichtung 6 steuert die Stelleinrichtung 4 entsprechend den für die Phasen U_1 , U_2 , U_3 ermittelten Sollspannungen U_a , U_b , U_c an. Insbesondere erfolgt die Ansteuerung - siehe FIG 3 - in Taktzyklen T . Die Sollspannungen U_a , U_b , U_c sind jeweils für einen Taktzyklus T gültig. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt für jede Phase U_1 , U_2 , U_3 einen Gesamtanschaltzeitraum T_1 , T_2 , T_3 für die Phasen U_1 , U_2 , U_3 . Insbesondere ermittelt die Steuereinrichtung 6 für die erste Phase U_1 deren Gesamtanschaltzeitraum T_1 gemäß der Beziehung

$$T1 = \frac{Ua}{VCC} \cdot T \quad (1).$$

In analoger Weise ermittelt die Steuereinrichtung 6 die
5 Gesamtanschaltzeiträume T2, T3 für die zweite und die dritte
Phase U2, U3.

Die Ansteuerung der Stelleinrichtung 4 durch die
Steuereinrichtung 6 erfolgt für die erste Phase U1 derart,
10 dass - siehe die FIG 2 und 3 - während des
Gesamtanschaltzeitraums T1 für die erste Phase U1 das in FIG
2 obere Schaltelement 7' für die erste Phase U1
durchgeschaltet wird, die Versorgungsspannung VCC also an die
erste Phase U1 angeschaltet wird. Das untere Schaltelement 7"
15 für die erste Phase U1 wird für diesen Zeitraum T1 gesperrt.
Außerhalb des Gesamtanschaltzeitraums T1 für die erste Phase
U1 ist es umgekehrt. In diesem Zeitraum ist das obere
Schaltelement 7' für die erste Phase U1 gesperrt, das untere
Schaltelement 7" für die erste Phase U1 hingegen
20 durchgeschaltet. In analoger Weise erfolgt die Ansteuerung
der weiteren oberen und unteren Schaltelemente 7', 7" für die
zweite und die dritte Phase U2, U3.

Auch die entsprechende Ermittlung der Gesamtanschaltzeiträume
25 T1, T2, T3 und die entsprechende Ansteuerung der
Stelleinrichtung 4 ist Fachleuten allgemein bekannt.

Um die Drehstellung α des Rotors 2 gemäß dem SFOC-Verfahren
ermitteln zu können, müssen (unter anderem) die in den Phasen
30 U1, U2, U3 fließenden Phasenströme Ia, Ib, Ic bekannt sein.
Hierbei ist es ausreichend, zwei der drei Phasenströme Ia,
Ib, Ic messtechnisch zu erfassen, weil zusätzlich die
Beziehung

$$35 \quad Ia + Ib + Ic = 0 \quad (2)$$

gilt und somit bei einer der Phasenströme I_a , I_b , I_c anhand der beiden anderen Phasenströme I_a , I_b , I_c rein rechnerisch ermittelt werden kann.

5 Um die Phasenströme I_a , I_b , I_c zu erfassen, ist es bei der in FIG 1 und FIG 2 dargestellten Beschaltung des Gleichstrommotors erforderlich, zu bestimmten Zeitpunkten den Gesamtstrom I zu erfassen. Wird - rein beispielhaft - zu den Zeitpunkten t_1 und t_2 (siehe FIG 3) der jeweils fließende
10 Gesamtstrom I erfasst, so ist der zu Zeitpunkt t_1 fließende Gesamtstrom I mit dem Phasenstrom I_c identisch. In analoger Weise ist der zum Zeitpunkt t_2 fließende Gesamtstrom I invers zum Phasenstrom I_a . Eine zuverlässige Zuordnung des erfassten Gesamtstroms I zu einem der Phasenströme I_a , I_b , I_c ist
15 jedoch nur dann möglich, wenn zwischen dem Erfassungszeitpunkt t_1 , t_2 und dem jeweils unmittelbar vorhergehenden Schaltvorgang eine Zeitspanne δt liegt, die mindestens so groß wie eine Minimalzeitspanne t_{min} ist. Diese Bedingung ist in dem in FIG 3 dargestellten Fall, in dem pro
20 Taktzyklus T für jede Phase U_1 , U_2 , U_3 jeweils ein einziger, in sich zusammenhängender Gesamtanschaltzeitraum T_1 , T_2 , T_3 ermittelt wird, der die Mitte des jeweiligen Taktzyklus T umfasst und symmetrisch zur Mitte des jeweiligen Taktzyklus T ist, nicht unter allen Umständen zu gewährleisten.

25 Erfindungsgemäß unterteilt die Steuereinrichtung 6 daher gemäß FIG 4 die Taktzyklen T in jeweils zwei Teilzyklen T' , T'' . Die Teilzyklen T' , T'' sind gleich groß und folgen unmittelbar aufeinander.

30 Weiterhin ermittelt die Steuereinrichtung 6 für jede Phase U_1 , U_2 , U_3 für jeden Teilzyklus T' , T'' einen jeweiligen Teilanschaltzeitraum T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'' . Für jeden Teilanschaltzeitraum T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'' gilt, dass
35 er in sich zusammenhängend ist, die Mitte des jeweiligen Teilzyklus T' , T'' umfasst und symmetrisch zur Mitte des jeweiligen Teilzyklus T' , T'' ist. Weiterhin gilt für jede Phase U_1 , U_2 , U_3 , dass die Summe der beiden

Teilanschaltzeiträume $T1'$, $T1''$, $T2'$, $T2''$, $T3'$, $T3''$ für die jeweilige Phase $U1$, $U2$, $U3$ gleich dem Gesamtanschaltzeitraum $T1$, $T2$, $T3$ für die jeweilige Phase $U1$, $U2$, $U3$ ist. Es gilt also beispielsweise für die erste Phase $U1$ die Beziehung

5

$$T1 = T1' + T1'' \quad (3).$$

Analoge Beziehungen gelten für die beiden anderen Phasen $U2$, $U3$.

10

Je nach Betriebszustand des Gleichstrommotors kann gelten, dass pro Phase $U1$, $U2$, $U3$ die beiden jeweiligen Teilanschaltzeiträume $T1'$, $T1''$, $T2'$, $T2''$, $T3'$, $T3''$ untereinander gleich groß sind. Zwingend ist dies jedoch nicht erforderlich. Insbesondere ist es möglich, für mindestens eine der Phasen $U1$, $U2$, $U3$ den Teilanschaltzeitraum $T1'$, $T2'$, $T3'$ des ersten Teilzyklus T' zu vergrößern und hiermit korrespondierend den Teilanschaltzeitraum $T1''$, $T2''$, $T3''$ des zweiten Teilzyklus T'' entsprechend zu verkleinern. Dies ist in FIG 4 für die Phase $U2$ dargestellt. Weiterhin ist auch die inverse Vorgehensweise möglich, dass also das Vergrößern und das Verkleinern vertauscht werden. Weiterhin ist die entsprechende Vorgehensweise auch bei mehr als einer Phase $U1$, $U2$, $U3$ innerhalb desselben Taktzyklus T anwendbar. Im Falle der Anwendung bei nur einer einzigen Phase $U1$, $U2$, $U3$ erfolgt die asymmetrische Aufteilung des entsprechenden Gesamtanschaltzeitraums $T1$, $T2$, $T3$ vorzugsweise für den zeitlich mittleren Gesamtanschaltzeitraum $T1$, $T2$, $T3$.

30

Aufgrund der Freiheitsgrade, die das ungleichmäßige Verteilen der Gesamtanschaltzeiträume $T1$, $T2$, $T3$ der Phasen $U1$, $U2$, $U3$ auf die entsprechenden Teilanschaltzeiträume $T1'$, $T1''$, $T2'$, $T2''$, $T3'$, $T3''$ eröffnet, ist es für die Steuereinrichtung 6 ohne Weiteres möglich, die Teilanschaltzeiträume $T1'$, $T1''$, $T2'$, $T2''$, $T3'$, $T3''$ der Phasen $U1$, $U2$, $U3$ derart aufeinander abzustimmen, dass in einem fest vorgegebenen - d. h. vorab bekannten und nicht in Abhängigkeit vom Betriebszustand des

35

Gleichstrommotors variierten - Zeitintervall $Z1'$ des ersten Teilzyklus T' eine Stromerfassung für eine erste der Phasen $U1, U2, U3$ - beispielsweise für die Phase $U1$ - möglich ist und weiterhin in einem ebenfalls fest vorgegebenen

5 Zeitintervall $Z1''$ des zweiten Teilzyklus T'' eine Stromerfassung für eine weitere der Phasen $U1, U2, U3$ - beispielsweise die Phase $U3$ - möglich ist. Die Lage des jeweils fest vorgegebenen Zeitintervalls $Z1', Z1''$ kann beispielsweise bei ca. 25 % des jeweiligen Teilzyklus T', T''

10 sein, also beispielsweise zwischen 20 % und 30 % des jeweiligen Teilzyklus T', T'' . Alternativ ist es möglich, ein anderes Zeitintervall $Z2', Z2''$ zu bestimmen, dessen Lage bei ca. 75 % des jeweiligen Teilzyklus T', T'' ist, also zwischen 70 % und 80 % des jeweiligen Teilzyklus T', T'' . Es ist sogar

15 möglich, beide Zeitintervalle $Z1', Z1'', Z2', Z2''$ vorzusehen.

Die vorliegende Erfindung weist deutliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik auf. Insbesondere ist es möglich, den Gesamtstrom I zu festen Abtastzeitpunkten zu erfassen. Diese

20 Vorgehensweise vereinfacht die Implementierung des Ansteuerverfahrens. Der erfindungsgemäße Gleichstrommotor kann insbesondere als Antrieb für ein Ventil oder eine Klappe eingesetzt werden.

25 Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu

30 verlassen.

Bezugszeichenliste

	1	Stator
	2	Rotor
5	3	Rotationsachse
	4	Stelleinrichtung
	5	Stromerfassungseinrichtung
	6	Steuereinrichtung
	7', 7"	Schaltelemente
10		
	I	Gesamtstrom
	Ia, Ib, Ic	Phasenströme
	T	Taktzyklus
	T', T"	Teilzyklen
15	T1, T2, T3	Gesamtanschaltzeiträume
	T1', T1", T2', T2", T3', T3"	Teilanschaltzeiträume
	t1, t2	Zeitpunkte
	tmin	Minimalzeitspanne
	U1, U2, U3	Phasen
20	Ua, Ub, Uc	Sollspannungen
	VCC	Versorgungsspannung
	Z1', Z1", Z2', Z2"	Zeitintervalle
	α	Drehstellung
25	δt Zeitspanne	

Patentansprüche / Patent claims

1. Ansteuerungsverfahren für einen bürstenlosen Gleichstrommotor,
- wobei eine Steuereinrichtung (6) für den Gleichstrommotor
5 unter Verwendung einer Drehstellung (α) eines Rotors (2)
des Gleichstrommotors Sollspannungen (U_a , U_b , U_c) für
Phasen (U_1 , U_2 , U_3) des Gleichstrommotors ermittelt,
- wobei die Steuereinrichtung (6) eine Stelleinrichtung (4)
entsprechend den für die Phasen (U_1 , U_2 , U_3) ermittelten
10 Sollspannungen (U_a , U_b , U_c) ansteuert, so dass jede Phase
(U_1 , U_2 , U_3) innerhalb eines jeweiligen Taktzyklusses (T)
während eines mit der jeweiligen Sollspannung (U_a , U_b , U_c)
korrespondierenden Gesamtanschaltzeitraums (T_1 , T_2 , T_3) an
eine Versorgungsspannung (V_{CC}) angeschaltet wird,
15 - wobei die Steuereinrichtung (6) die Taktzyklen (T) in
jeweils zwei unmittelbar aufeinander folgende gleich große
Teilzyklen (T' , T'') unterteilt und für jede Phase (U_1 , U_2 ,
 U_3) für jeden Teilzyklus (T' , T'') einen jeweiligen
Teilanschaltzeitraum (T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'')
20 ermittelt,
- wobei die Steuereinrichtung (6) die Teilanschaltzeiträume
(T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'') für jede Phase (U_1 , U_2 , U_3)
derart ermittelt, dass sie in sich zusammenhängen, die
Mitte des jeweiligen Teilzyklus (T' , T'') umfassen,
25 symmetrisch zur Mitte des jeweiligen Teilzyklus (T' , T'')
sind und zusammen gleich dem jeweiligen
Gesamtanschaltzeitraum (T_1 , T_2 , T_3) der entsprechenden
Phase (U_1 , U_2 , U_3) für den jeweiligen Taktzyklus (T) sind,
- wobei die Steuereinrichtung (6) die Teilanschaltzeiträume
30 (T_1' , T_1'' , T_2' , T_2'' , T_3' , T_3'') der Phasen (U_1 , U_2 , U_3)
derart aufeinander abstimmt, dass in mindestens einem fest
vorgegebenen Zeitintervall (Z_1' , Z_2') des ersten Teilzyklus
(T') eine Stromerfassung für eine der Phasen (U_1 , U_2 , U_3)
und in mindestens einem fest vorgegebenen Zeitintervall
35 (Z_1'' , Z_2'') des zweiten Teilzyklus (T'') eine Stromerfassung
für eine weitere der Phasen (U_1 , U_2 , U_3) möglich ist.

2. Ansteuerungsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass eine Lage des mindestens einen fest vorgegebenen
Zeitintervalls ($Z1'$, $Z1''$, $Z2'$, $Z2''$) zwischen 20 % und 30 %
5 und/oder zwischen 70 % und 80 % des jeweiligen Teilzyklus
(T' , T'') liegt.

3. Steuereinrichtung für einen bürstenlosen Gleichstrommotor,
wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet oder
10 programmiert ist, dass sie den bürstenlosen Gleichstrommotor
gemäß einem Ansteuerungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2
betreibt.

4. Bürstenloser Gleichstrommotor,

- 15 - wobei der Gleichstrommotor einen Stator (1) und einen
relativ zum Stator (1) drehbar gelagerten Rotor (2)
aufweist,
- wobei der Gleichstrommotor eine Stelleinrichtung (4)
aufweist, mittels derer Phasen ($U1$, $U2$, $U3$) des
20 Gleichstrommotors an eine Versorgungsspannung (VCC)
anschaltbar sind,
- wobei der Gleichstrommotor eine Steuereinrichtung (6)
aufweist, von der die Stelleinrichtung (4) ansteuerbar ist,
- wobei der Stelleinrichtung (4) eine einzige
25 Stromerfassungseinrichtung (5) nachgeordnet ist,
- wobei die Stromerfassungseinrichtung (5) zum Zuführen eines
von der Stromerfassungseinrichtung (5) erfassten jeweiligen
Stromwertes (I) zur Steuereinrichtung (6) mit der
Steuereinrichtung (6) verbunden ist,
30 - wobei die Steuereinrichtung (6) gemäß Anspruch 3
ausgebildet oder programmiert ist.

5. Gleichstrommotor nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

35 dass er als Antrieb für ein Ventil oder eine Klappe verwendet
wird.

FIG 1

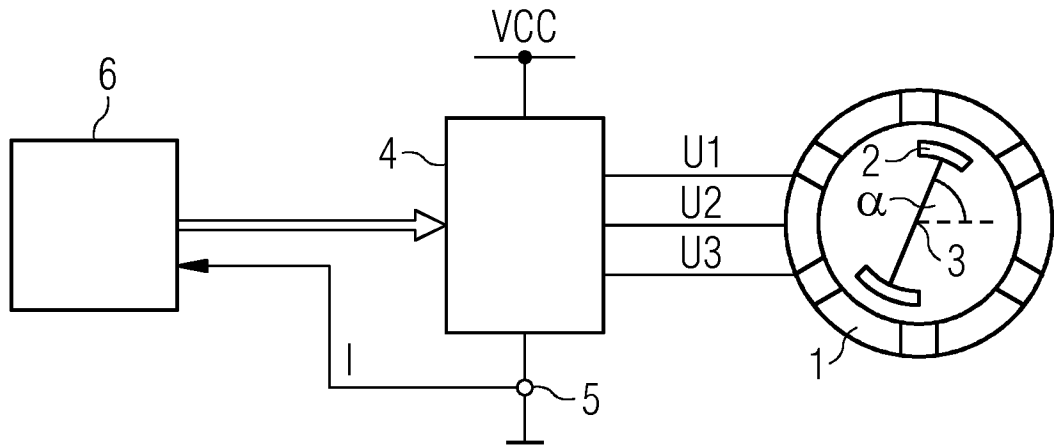


FIG 2

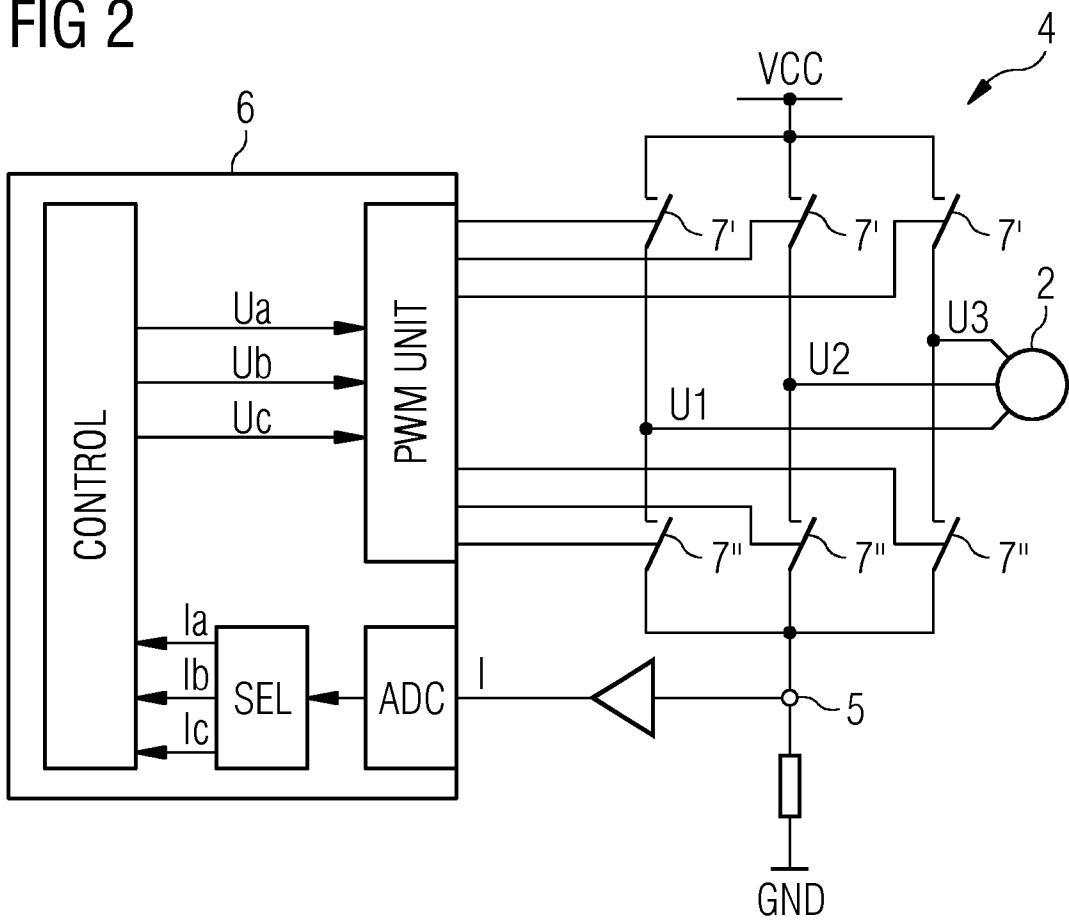


FIG 3
Stand der Technik

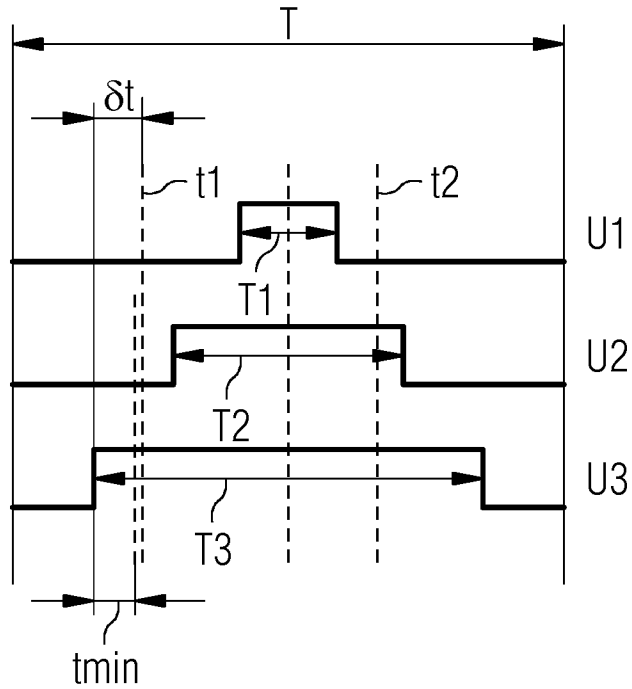


FIG 4

