

(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
14. Dezember 2006 (14.12.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/131459 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

Nicht klassifiziert

(EUROPE) GMBH [DE/DE]; Zeppelinstrasse 19, 21337
Lüneburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/062709

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:

30. Mai 2006 (30.05.2006)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CALDEWEY, Uwe
[DE/DE]; Hellerstrasse 105f, 44229 Dortmund (DE).
BÜTTGENS, Oliver [DE/DE]; Zeppelinstrasse 19, 21337
Lüneburg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: MÜLLER, Enno usw.; 11 04 51, Cor-
neliusstrasse 45, 42329 Wuppertal (DE).

(30) Angaben zur Priorität:

102005025770.4 4. Juni 2005 (04.06.2005) DE

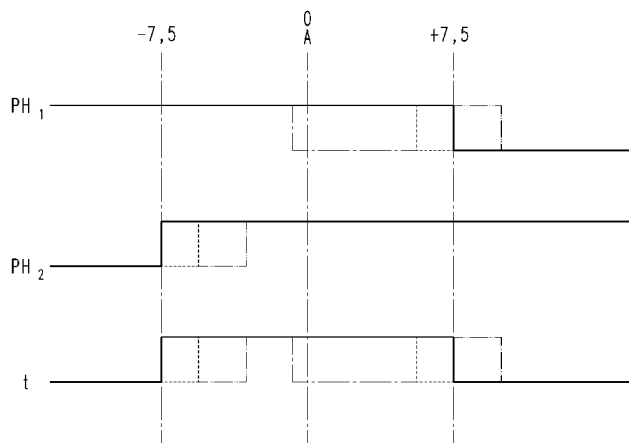
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): VORWERK & CO. INTERHOLDING
GMBH [DE/DE]; Mühlenweg 17-37, 42275 Wuppertal
(DE). MATSUSHITA ELECTRONIC COMPONENTS

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A RELUCTANCE MOTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES RELUKTANZMOTORS



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a reluctance motor which comprises a rotor and a stator. The rotor comprises a plurality of rotor segments and the stator comprises a number which are independent from the coils, for example, six rotor segments for eight coils. The invention also relates to a control device which applies tension to a coil of a respective phase of the stator. According to the invention, at the moment when a first coil is excited, i.e. when a rotor segment is displaced towards the coil, the second coil which follows in the rotational direction of the rotor, can also be excited, and the position of the rotor is detected by sensors. The aim of the invention is to produce a method, wherein a reluctance motor can be controlled in an improved manner when running at a very high rotational speed and also when running at a very low rotational speed. According to the invention, the first coil is excited according to a predetermined, modifiable time frame and the subsequent coil is excited in the form of phase overlapping, within a time frame under the proviso that the position of the rotor is determined. Phase overlapping is maintained until the expiration of the time frame.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Reluktanzmotors mit einem Rotor und einem Stator, wobei der Rotor eine Mehrzahl von Rotorsegmenten aufweist und der Stator eine davon abhängige Anzahl von Spulen, so beispielsweise bei sechs Rotor Segmenten acht Spulen, mit einer Ansteuer Vorrichtung, welche eine Spannung auf eine Spule

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/131459 A2



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

einer jeweiligen Phase des Stators anlegt, wobei zu einem Zeitpunkt, in dem eine erste Spule bereits erregt ist, nämlich bei Bewegung eines Rotorsegmentes zu der Spule hin, die zweite, in Drehrichtung des Rotors folgende Spule bereits zusätzlich erregt sein kann und wobei mittels Sensoren eine Lageerkennung des Rotors durchgeführt wird. Um ein Verfahren der in Rede stehenden Art anzugeben, mittels welchem eine verbesserte Regelung eines an sich mit sehr hoher Drehzahl laufenden Reluktanzmotors auch bei sehr geringen Drehzahlen erreicht werden kann, wird vorgeschlagen, dass nach Maßgabe eines vorgegebenen, jedoch änderbaren Zeitfensters die Erregung der ersten Spule vorgenommen wird und innerhalb des Zeitfensters nach Maßgabe der Lageerkennung des Rotors die folgende Spule im Sinne einer Phasenüberlappung erregt wird, wobei die Phasenüberlappung bis zum Ablauf des Zeitfensters beibehalten wird.

Verfahren zur Regelung eines Reluktanzmotors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Reluktanzmotors mit einem Rotor und einem Stator, wobei der Rotor eine Mehrzahl von Rotorsegmenten aufweist und der Stator eine davon abhängige Anzahl von Spulen, so
5 beispielsweise bei sechs Rotorsegmenten acht Spulen, mit einer Ansteuervorrichtung, welche eine Spannung auf eine Spule einer jeweiligen Phase des Stators anlegt, wobei zu einem Zeitpunkt, in dem eine erste Spule bereits erregt ist, nämlich bei Bewegung eines Rotorsegmentes zu der Spule hin, die zweite, in
10 Drehrichtung des Rotors folgende Spule bereits zusätzlich erregt sein kann und wobei mittels Sensoren eine Lageerkennung des Rotors durchgeführt wird.

Bei geschalteten Reluktanzmotoren, welche allgemein bekannt sind, hängt das gleichmäßige Laufen des Rotors sowie das Anlaufen des Rotors von der Lage
15 desselben zum Statorfeld ab. So kann je nach Lage des Rotors zum Statorfeld das Drehmoment, insbesondere bei geringen Drehzahlen, so klein sein, dass der Rotor stehen bleibt.

Diesem Nachteil kann begegnet werden, indem zum Zeitpunkt, in dem die erste Spule bereits erregt ist, die in Drehrichtung des Rotors folgende Spule zusätzlich erregt wird. Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 102 29 443 A1 bekannt. Der Inhalt dieser Patentanmeldung wird hiermit vollinhaltlich in die Offenbarung vorliegender Erfindung mit einbezogen, auch zu dem Zwecke, Merkmale dieser Patentanmeldung in Ansprüche vorliegender Erfindung mit einzubeziehen.
20
25 Durch diese Maßnahme ist der Gefahr eines ungleichmäßigen Laufens des Rotors und darüber hinaus sogar eines Stehenbleibens desselben begegnet.

Im Hinblick auf den zuvor beschriebenen Stand der Technik wird eine technische Problematik der Erfindung darin gesehen, ein Verfahren der in Rede stehenden Art anzugeben, mittels welchem eine verbesserte Regelung eines an
30

sich mit sehr hoher Drehzahl laufenden Reluktanzmotors auch bei sehr geringen Drehzahlen erreicht werden kann.

Diese Problematik ist zunächst und im Wesentlichen durch den Gegenstand des
5 Anspruches 1 gelöst, wobei darauf abgestellt ist, dass nach Maßgabe eines vorgegebenen, jedoch änderbaren Zeitfensters die Erregung der ersten Spule vorgenommen wird und innerhalb des Zeitfensters nach Maßgabe der Lageerkennung des Rotors die folgende Spule im Sinne einer Phasenüberlappung erregt wird, wobei die Phasenüberlappung bis zum Ablauf des Zeitfensters beibehalten wird. Bevorzugt erstreckt sich das Zeitfenster über die so genannte aligned
10 position, welche eine Totpunktstellung von Rotorsegment zu der in Rotordrehrichtung folgenden Spule darstellt, hinaus, so dass hierdurch der Rotor im Gegensatz zur Bestromung mit nur einer Phase nicht mehr zu unangenehmen Pendelbewegungen tendiert, sondern vielmehr zufolge des nach der aligned
15 position eintretenden Generatorbetriebs sanft abgebremst wird. Der Rotor erreicht eine im übertragenen Sinn stabile Position. Die Phasenüberlappung wird solange aufrecht erhalten, bis die Phasenbestromungszeit abgelaufen ist. Über eine Sensorik wird hiernach eine Auswertung der erreichten Rotorposition vorgenommen. Bei der Regelung wird u.a. die Zeit beobachtet, die der Rotor benötigt, um die zur Erreichung der für die Einschaltung der weiteren Phase verantwortlichen Position zu erreichen. Durch das Zuschalten der zweiten Phase ergibt sich eine quasi zufällige Bestromungszeit für den zeitlichen Bereich, indem eine Phase und ggf. beide Phasen eingeschaltet sind. Hierdurch wird auch das akustische Verhalten maßgeblich verbessert, da Einzeltöne nicht mehr identifizierbar sind. Diese akustische Optimierung ist vor allem dadurch erreicht,
25 dass ein Rotorschritt durch die zur Erreichung der für die Einschaltung der weiteren Phase verantwortlichen Position in zwei Bereiche geteilt ist, nämlich in einen Bereich vor der Position, in welcher nur eine Phase bestromt wird und in einen Bereich nach dieser Position, in welchem zwei Phasen bestromt werden.
30 Die Zeit bis zum Erreichen der maßgebenden Position ist prinzipiell zufällig, also nicht konstant, woraus sich akustisch kein hörbarer Einzelton ergibt. Viel-

mehr zeigt jeder Schritt eine andere Frequenz, so dass global ein angenehmerer Klang entsteht. Neben diesem vorteilhaften akustischen Eindruck ergibt sich durch das erfindungsgemäße Verfahren auch optisch ein verändertes Rotordrehverhalten. So ist insbesondere bei sehr geringen Drehzahlen von weniger
5 als 100 Umdrehungen pro Minute ein leicht stockender Lauf zu beobachten, welcher aus dem abwechselnden Beschleunigen im Motorbetrieb und Abbremsen im Generatorbetrieb jeweils innerhalb einer Phasenbestromung resultiert. Diese Rotordrehcharakteristik kann insbesondere bei Anwendung des Verfahrens bei einem in einem Küchengerät zur Zubereitung von Speisen oder der-
10 gleichen vorgesehenen Reluktanzmotor von Vorteil sein, da durch den leicht stockenden Lauf zwar eine kontinuierliche Bewegung des zu rührenden Gutes erreicht wird, dies jedoch unter Vermeidung einer ungewünschten Beschädigung des Gutes, insbesondere dessen Zerkleinerung.

15 Die Gegenstände der weiteren Ansprüche sind nachstehend in Bezug zu dem Gegenstand des Anspruches 1 erläutert, können aber auch in ihrer unabhängigen Formulierung von Bedeutung sein.

So ist in einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, dass die Position zum
20 Einschalten der zweiten Spule die in Rotordrehrichtung etwa $7,5^\circ$ vor dem Scheitelpunkt zwischen Rotorsegment und erster Spule liegende Position ist. Die Scheitelpunktposition zwischen Rotorsegment und in Rotordrehrichtung zugeordneter erster Spule ist die bereits erwähnte aligned position. Entsprechend ist erfindungsgemäß der Einschaltzeitpunkt für die zweite in Rotordrehrichtung
25 folgende Spule die Position $-7,5^\circ$ vor der aligned position. Weiter erweist es sich als vorteilhaft, wenn in Abhängigkeit zu der Zeit, die der Rotor zur Erreichung der für die Einschaltung der weiteren Phase verantwortlichen Position benötigt, das Stromprofil verändert wird. Auch kann das Zeitfenster in Abhängigkeit der Belastung verändert werden. Bei hoher Last kann es günstiger sein,
30 dass die Einschaltzeitposition für die zweite Spule früher erreicht wird. In einer weiteren Ausgestaltung kann in vorteilhafter Weise auf die einwirkende Belas-

tung reagiert werden. So kann in Abhängigkeit von einem, ggf. hintereinander sich wiederholenden Nichterreichen der zur Auslösung der Bestromung der weiteren Phase maßgebenden Position eine Richtungsumkehr der Rotordrehung bewirkt werden. Der Rotor wird entsprechend gezielt in die entgegengesetzte Richtung bewegt. Hierdurch kann bei Anordnung des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu regelnden Reluktanzmotors beispielsweise in einem für die Speisebereitung vorgesehenen Rührgefäß ein Verklemmen von Gut oder dergleichen in dem Gefäß verhindert werden. Bei entsprechend starker Verklemmung könnte eine Zerstörung und ggf. eine ungewollte Zerkleinerung des Gutes erfolgen. Es ist somit ein sensibel reagierendes Verfahren zur Regelung eines Reluktanzmotors gegeben. Bevorzugt wird die Richtungsumkehr nur über einen vorgegebenen Drehwinkel beibehalten, so beispielsweise um ca. 90°. Alternativ kann die Richtungsumkehr auch zeitlich begrenzt sein. Auch ist vorgesehen, dass die Stromstärke, mit welcher die jeweils erste Phase erregt wird, nicht unter eine Mindeststromstärke abgesenkt wird. Durch die Einstellung eines Mindeststromes für den Motorbetrieb in einer Stufe des Reluktanzmotors mit sehr geringer Drehzahl ergibt sich ein charakteristisches Drehverhalten. Der Motor läuft hierbei nicht gleichmäßig, sondern eher schrittartig. Dies wird durch ein entsprechendes Betriebsgeräusch unterstützt, zufolge dessen eine eindeutige optische und akustische Unterscheidung zum normalen Motorbetrieb gegeben ist.

In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass zur Vermeidung eines Einzeltons eine an sich – für den Betrachter – feste Drehfrequenz des Rotors aus Rotorschritten unterschiedlicher – für den Betrachter nicht zu ermittelnder – Bewegungsintensitäten zusammengesetzt wird. Hierbei sind auch die nach einer Umdrehung um 360° wiederkehrenden Rotorschritte jeweils in ihrer Bewegungsintensität verschieden. Ein Rotorschritt umfasst eine Beschleunigungsphase und eine Abbremsphase. Bevorzugt erfolgt hierbei die Regelung des Motorstromes durch Auswertung der erreichten Rotorposition innerhalb eines solchen Rotorschrittes, wobei die Positionserfassung mittels Sensoren er-

folgen kann, die bei einer beispielhaften Ausgestaltung des Motors als Vier- / Sechs-Reluktanzmotor, das heißt als Motor mit vier Rotorsegmenten und sechs Statorpolen, den Rotor innerhalb eines Rotationswinkels von etwa 15° erfassen können. Bezüglich der Rotorpositionserfassung sowie bezüglich der Anordnung der Sensoren und der Auswertung der durch den Rotorlauf erzeugten Sensorsignale wird auf die eingangs erwähnte DE 102 29 443 A1 verwiesen.

Es wird bevorzugt ein Reluktanzmotor verwendet, der Drehzahlen bis 12000 Umdrehungen pro Minute und mehr ermöglicht. So kann das Verfahren weiter bei einem 8/6-SR-Motor Verwendung finden, der mit einer Sensorik versehen ist, so beispielsweise mit zwei Gabellichtschranken. Eine solche Sensorik ist aus der eingangs erwähnten DE 102 29 443 A1 bekannt. Diese liefert 24 Impulse pro Umdrehung des Rotors und gibt gleichzeitig eine feste Beziehung zwischen Rotorposition und Statorphase vor. Über die Sensorik ist der Bereich von $-22,5^\circ$ bis $-7,5^\circ$ mechanisch vor der aligned position einer Phase zugeordnet. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird bei Erreichen der $-7,5^\circ$ -Position die nächstfolgende Phase gleichzeitig mit eingeschaltet, womit der Rotor rein statisch betrachtet eine Position bis hin zu ca. $+10^\circ$ hinter der aligned position der zuletzt eingeschalteten Phase erreichen kann. Im Gegensatz zu der Bestromung mit nur einer Phase kommt es hierbei nicht zu den unangenehmen Pendelbewegungen des Rotors, vielmehr wird der Rotor sanft abgebremst und erreicht eine quasi stabile Position. Die Phasenüberlappung wird solange aufrechterhalten, bis die Phasenbestromungszeit abgelaufen ist. Über die Sensorik kann nun eine Auswertung der erreichten Position vorgenommen werden. Hierbei gibt es drei Fälle:

- a) der Rotor erreicht nicht die $-7,5^\circ$ -Position in Bezug auf die aligned position,
- b) der Rotor steht im Bereich $-7,5^\circ$ bis $+7,5^\circ$ in Bezug auf die aligned position,

- c) der Rotor steht im Bereich $>+7,5^\circ$ in Bezug auf die aligned position.

In Abhängigkeit von der erreichten Position wird der Motorstrom eingestellt.

5

In der beigefügten Diagrammdarstellung sind die Bestromungen zweier in Rotordrehrichtung hintereinanderliegender Phasen PH_1 und PH_2 dargestellt, die nach Maßgabe des abgetragenen Zeitfensters t erfolgen. Letzteres ist in Abhängigkeit zur erfassten Rotorlage nach Ablauf des Zeitfensters änderbar, was entsprechend auch die Bestromung der Phasen PH_1 und PH_2 und somit auch die Phasenüberlappung beeinflusst. So kann bspw. der Abschaltzeitpunkt der in Rotordrehrichtung ersten Phase PH_1 in Abhängigkeit zur Lageerkennung auch vor der aligned position liegen. Bevorzugt erstreckt sich die Bestromung der Phase PH_1 aber über diesen Punkt bis hin zu $7,5^\circ$ hinter der aligned position hinaus.

10

15

Das Zeitfenster t kann bspw. auch (wie in der Darstellung in gestrichelter Linienart wiedergegeben) so gewählt sein, dass die nachfolgende Phase PH_2 erst im Winkelbereich zwischen $-7,5^\circ$ und aligned position zugeschaltet wird und eine Abschaltung der ersten Phase im Winkelbereich zwischen aligned position und $+7,5^\circ$ erfolgt. Entsprechend ist die Phasenüberlappung kleiner gewählt.

20

Bei Lastsprüngen reagiert das Verfahren sehr tolerant. Überschwingneigungen fallen sehr gering aus. Zudem werden Lastsprünge sehr schnell ausgeglichen.

25

Die Drehzahl des Rotors kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens im Bereich von 0 bis 500 Umdrehungen pro Minute, bevorzugt von 0 – 200 Umdrehungen pro Minute eingestellt werden.

Zufolge des erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein Motor, der nominell für wesentlich höhere Drehzahlen ausgelegt ist, auch mit sehr kleinen Drehzahlen

30

betrieben werden. Beim Einsatz eines entsprechend geregelten Reluktanzmotors in einem zur Speisebereitung dienenden Gar- / Rührgerätes wird der vorteilhafte Effekt erreicht, dass entgegen üblicher Ansteuerung eine geringere Beschädigung von Gargut erreicht wird. Es wird erkannt, ob Gargut in dem Gefäß
5 verklemmt ist, was eine Reaktion in Form einer Rückwärtsdrehung des Rotors zur Folge hat. Auch ist eine Reduzierung der Momentenwelligkeit durch Phasenüberlappung sowie eine Reduzierung der Schwingneigung des Rotors durch Ausnutzung des Bremsseffektes bei Überschreiten der aligned position hinaus erreicht. Als besonders vorteilhaft erweist sich das erfindungsgemäße Verfahren dahingehend, dass hierdurch ein getriebeloser Reluktanzmotor mit Dreh-
10 zahlen von 0 bis 12000 Umdrehungen pro Minute und mehr betrieben werden kann. Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Anlauf von SR-Motoren verwendet werden, da eine automatische Anpassung an die Lastbedingungen erreicht werden kann.

15 Alle offenbarten Merkmale sind (für sich) erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in
20 Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Regelung eines Reluktanzmotors mit einem Rotor und einem Stator, wobei der Rotor eine Mehrzahl von Rotorsegmenten aufweist und der Stator eine davon abhängige Anzahl von Spulen, so beispielsweise bei sechs Rotorsegmenten acht Spulen, mit einer Ansteuer-
5 vorrichtung, welche eine Spannung auf eine Spule einer jeweiligen Phase des Stators anlegt, wobei zu einem Zeitpunkt, in dem eine erste Spule bereits erregt ist, nämlich bei Bewegung eines Rotorsegmentes zu der
10 Spule hin, die zweite, in Drehrichtung des Rotors folgende Spule bereits zusätzlich erregt sein kann und wobei mittels Sensoren eine Lageerkennung des Rotors durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass nach Maßgabe eines vorgegebenen, jedoch änderbaren Zeitfensters die Erre-
15 gung der ersten Spule vorgenommen wird und innerhalb des Zeitfensters nach Maßgabe der Lageerkennung des Rotors die folgende Spule im Sinne einer Phasenüberlappung erregt wird, wobei die Phasenüberlappung bis zum Ablauf des Zeitfensters beibehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Position zum Einschalten der zweiten Spule die in Ro-
20 tordrehrichtung etwa $7,5^\circ$ vor dem Scheitelpunkt zwischen Rotorsegment und erster Spule liegende Position ist.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche
25 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit zu der Zeit, die der Rotor zur Erreichung der für die Einschaltung der weiteren Phase verantwortlichen Position benötigt, das Stromprofil verändert wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass das Zeitfenster in Abhängigkeit der Belastung verändert wird.
- 5 5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von einem, ggf. hintereinander sich wiederholenden Nichterreichen der zur Auslösung der Bestromung der weiteren Phase maßgebenden Position eine Richtungsumkehr der Rotordrehung bewirkt wird.
- 10 6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Richtungs-umkehr nur über einen vorgegebenen Drehwinkel beibehalten wird.
- 15 7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromstärke, mit welcher die jeweils erste Phase erregt wird, nicht unter eine Mindeststromstärke abgesenkt wird.
- 20 8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermeidung eines Einzeltons eine an sich feste Drehfrequenz des Rotors aus Rotorschritten unterschiedlicher Bewegungsintensitäten zusammengesetzt wird.
- 25 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rotorschritt eine Beschleunigungsphase und eine Abbremsphase umfasst.
- 30 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung

des Motorstromes durch Auswertung der erreichten Rotorposition innerhalb eines Rotorschrittes erfolgt.

