



(10) **DE 10 2010 053 468 A1** 2012.06.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 053 468.4**

(22) Anmeldetag: **03.12.2010**

(43) Offenlegungstag: **06.06.2012**

(51) Int Cl.: **G01B 7/30** (2006.01)

G01B 7/02 (2006.01)

G01B 7/00 (2006.01)

H02K 29/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

Strothmann, Rolf, 66123, Saarbrücken, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

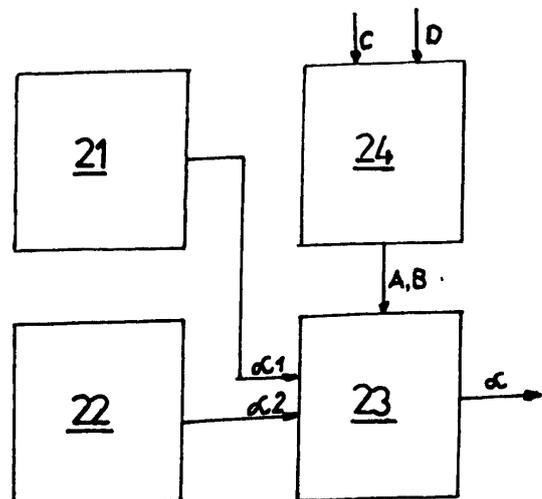
(74) Vertreter:

**Patentanwälte Dr.-Ing. W. Bernhardt Dr. R.
Bernhardt Dipl.-Phys. Partnerschaft, 66123,
Saarbrücken, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Position des Läufers einer elektrischen Maschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position des Läufers, insbesondere Drehposition des Rotors (7), einer elektrischen Maschine in Bezug auf den Stator (6), wobei nach einer ersten Methode ein erster Messwert (α) der Position ermittelt wird. Erfindungsgemäß wird nach wenigstens einer weiteren Messmethode gleichzeitig ein weiterer Messwert (α_2) ermittelt und aus den Messwerten (α_1 , α_2) ein gemittelter Wert (α) der Position des Läufers bestimmt. Vorzugsweise wird der Wert (α) unter Einbeziehung unterschiedliche Streuungen der Messwerte (α_1 , α_2) berücksichtigender Gewichtungsfaktoren (A, B) bestimmt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position des Läufers, insbesondere Drehposition des Rotors, einer elektrischen Maschine in Bezug auf den Stator, wobei nach einer ersten Messmethode ein erster Messwert (α_1) der Position ermittelt wird.

[0002] Neben der Positionsermittlung durch Sensoren, insbesondere Hall-Sensoren, sind verschiedene Methoden zur Bestimmung der Position des Läufers elektrischer Maschinen bekannt, die auf unterschiedlichen, mit der Bewegung des Läufers verbundenen physikalischen Vorgängen beruhen.

[0003] Abhängig von der Position des Läufers ändert sich z. B. der Magnetisierungsgrad der Polwickelkerne. Ferner ändert sich die in den Polwicklungen induzierte Gegenspannung. Beide Effekte lassen sich zur Bestimmung der Läuferposition nutzen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein neues Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das eine Bestimmung der Position des Läufers mit höherer, insbesondere in einem weiten Bereich unterschiedlicher Betriebszustände der elektrischen Maschine gleichbleibender Genauigkeit zulässt.

[0005] Das diese Aufgabe lösende Verfahren nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass nach wenigstens einer weiteren Messmethode gleichzeitig ein weiterer Messwert (α_2) ermittelt und aus den Messwerten (α_1 , α_2) ein gemittelter Wert (α) der Position des Läufers bestimmt wird.

[0006] Vorteilhaft lässt sich die Läuferposition aus erfindungsgemäß mehreren, auf unterschiedliche Art und Weise bestimmten Messwerten präziser ermitteln.

[0007] Insbesondere kann der genannte Wert (α) vorteilhaft unter Einbeziehung von Gewichtsfaktoren (A, B) bestimmt werden, welche unterschiedliche Streuungen der Messwerte (α_1 , α_2) berücksichtigen. Je nach ihrer Streuung werden die Messwerte (α_1 , α_2) durch einen kleineren oder größeren Gewichtsfaktor (A, B) bewertet.

[0008] Vorzugsweise werden variable, von der jeweiligen Größe der Streuung und damit von den Betriebsbedingungen der elektrischen Maschine abhängige Gewichtsfaktoren (A, B) verwendet. So lässt sich der Wert (α) unter verschiedenen Betriebsbedingungen mit gleichbleibender Präzision ermitteln.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Bildung des gemittelten Wertes (α) derart, dass aus den Messwerten (α_1 , α_2) Wer-

te einer periodischen Funktion, in die die Messwerte (α_1 , α_2) als Argument eingesetzt werden, gebildet, die Funktionswerte multipliziert mit den Gewichtsfaktoren (A, B) summiert werden und zur Bestimmung des Wertes (α) die gewichtete Summe dann als Argument in die Umkehrfunktion der periodischen Funktion eingesetzt wird. Vorteilhaft wirken sich bei diesem Mittelungsverfahren Unstetigkeiten der Messwerte (α_1 , α_2) nicht nachteilig aus.

[0010] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden die Gewichtsfaktoren (A, B) abhängig von der Größe für die Messwerte (α_1 , α_2) maßgeblicher Messsignale variiert. Je größer die Messsignale sind, um so geringer ist die Streuung der Messwerte.

[0011] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Ermittlung der Messwerte (α_1 , α_2) der Position des Läufers (7) nach der ersten oder/und wenigstens einen weiteren Methode ohne Positionssensor anhand von Messsignalen, die an den Phasensträngen der elektrischen Maschine abgegriffen werden.

[0012] Vorzugsweise beruhen diese Messsignale auf abhängig von der Position des Läufers variierenden Magnetisierungsgraden von Polwickelkernen oder/und in Polwicklungen induzierten Spannungen.

[0013] Insbesondere werden Messsignale, die auf variierenden Magnetisierungsgraden von Polwickelkernen beruhen, am Sternpunkt im Stern verschalteter Phasenstränge abgegriffen.

[0014] In den oben genannten Ausführungsformen können die Gewichtsfaktoren (A, B) z. B. abhängig von der Höhe von Potentialänderungen (C) am Sternpunkt und von der Höhe der Drehzahl (D) des Rotors variiert werden.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und der beiliegenden, sich auf eines dieser Ausführungsbeispiele beziehenden Zeichnungen weiter erläutert. Es zeigen:

[0016] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer elektrischen Maschine mit einer Vorrichtung nach der Erfindung für die Bestimmung der Rotordrehposition,

[0017] [Fig. 2](#) die in [Fig. 1](#) gezeigte elektrische Maschine in einer schematischen Querschnittsdarstellung,

[0018] [Fig. 3](#) die Querschnittsdarstellung der elektrischen Maschine von [Fig. 2](#) mit um einen Winkel α verdrehtem Rotor, und

[0019] [Fig. 4](#) eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Bildung eines gewichteten Mittels aus zwei Messwerten (α_1 , α_2) der Rotordrehposition.

[0020] Eine elektrische Maschine umfasst drei im Stern verschalteten Phasenstränge **1, 2, 3** mit je einer Eisenkern **4** aufweisenden Polwicklung **5** an einem Stator **6**. Ein als Außenläufer ausgebildeter Rotor **7** umfasst Permanentmagnete **8** und **9**, die in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine einzige magnetische Periode mit einem Nord- und einem Südpol bilden.

[0021] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel könnte die elektrische Maschine in allen genannten Merkmalen von der vorangehend beschriebenen elektrischen Maschine abweichen. Die Zahl der Phasenstränge könnte <oder> als **3** sein und insbesondere könnte jeder Phasenstrang mehr als nur eine Polwicklung aufweisen. Die Polwicklungen könnten am Rotor, insbesondere einem Innenläufer, gebildet sein. Als Feldmagnete kommen nicht nur Permanentmagnete sondern auch Elektromagnete in Betracht. Anstelle der gezeigten Verschaltung der Phasenstränge **1, 2, 3** im Stern wäre alternativ oder zusätzlich eine Dreieckschaltung möglich.

[0022] Eine Bestromungsschaltung **10** legt die Gleichspannung einer Batterie **11** entsprechend dem Pulsweitenmodulationsverfahren (PWM-Verfahren) impulsweise zyklisch an die Phasenstränge **1, 2, 3** an.

[0023] Die Bestromungsschaltung **10** steht in Verbindung mit einer zentralen Steuerschaltung **12**, über welche u. a. die Drehzahl und das Drehmoment der elektrischen Maschine steuerbar sind. Die Steuerschaltung **12** ist ferner mit Strommesseinrichtungen **13** bis **15** zur Ermittlung der Ströme in den Phasensträngen **1, 2, 3** verbunden. Schließlich empfängt die zentrale Steuerschaltung **12** Signale von Potentialmesseinrichtungen **16** bis **19**, welche die Potentiale an den Enden der Phasenstränge **1, 2, 3** sowie das Potential am Sternpunkt **20** erfassen.

[0024] Wie **Fig. 2** und **Fig. 3** erkennen lassen, durchsetzt das Magnetfeld des Rotors **7** je nach dessen Drehstellung in Bezug auf den Stator **6** die Polwicklungen **5** in unterschiedlichem Maße. Entsprechend unterschiedlich sind die Magnetisierungsgrade der Eisenkerne **4**. Über eine halbe magnetische Periode besteht jeweils ein eindeutiger funktionaler Zusammenhang zwischen den Magnetisierungsgraden, d. h. der jeweiligen Steigung der Hystereseffunktion, und dem Drehwinkel α . Anhand der positions-abhängigen Magnetisierungsgrade der Polwicklungskerne bzw. anhand der durch die Magnetisierungsgrade bestimmten Induktivitäten der Phasenstränge lässt sich die Drehposition α des Rotors **7** ermitteln, wie dies in der hier einbezogenen DE 10 2006 046 437 A1 beschrieben ist.

[0025] Die im Rahmen des PWM-Verfahrens an die Phasenstränge **1, 2, 3** angelegten Impulse bzw. ge-

sondert angelegte Messimpulse führen aufgrund unterschiedlicher Induktivitäten der Phasenstränge zu charakteristischen Potentialsprüngen am Sternpunkt **20**, welche die Spannungsmesseinrichtung **19** erfasst und die Steuerschaltung **12** dann auswertet, ggf. unter Einbeziehung durch die Strommesseinrichtungen **16** bis **19** ermittelter Ströme.

[0026] Die Steuerschaltung **12** empfängt zur Auswertung ferner Signale von den Spannungsmesseinrichtungen **16** bis **18**. Die Ermittlung und Auswertung aller empfangenen Signale erfolgt laufend innerhalb sehr kurzer Zeitintervalle, in denen sich die Drehposition des Rotors praktisch nicht ändert. Aus laufend auf solche Weise mit Hilfe der Messeinrichtungen **13** bis **19** ermittelten Spannungen und Strömen lassen sich unter Berücksichtigung der angelegten Spannungsimpulse induzierte Gegenspannungen und damit für die Drehposition repräsentative Messsignale berechnen.

[0027] Gemäß **Fig. 4** umfasst die Steuerschaltung **12** eine erste Auswerteinrichtung **21**, die basierend auf den positionsabhängigen Magnetisierungsgraden der Polwicklungskerne **4** einen ersten Messwert α_1 der Drehposition des Rotors **7** liefert. Die Steuerschaltung **12** umfasst darüber hinaus eine zweite Auswerteinrichtung **22** zur (annähernd) gleichzeitigen Ermittlung eines zweiten Messwertes α_2 , der auf den in den Phasensträngen **1, 2, 3** infolge Drehung des Rotors **7** induzierten Spannungen beruht.

[0028] Die Steuerschaltung **12** weist ferner eine die Messwerte α_1, α_2 empfangende Mischeinrichtung **23** auf, die mit einer Wichtungseinrichtung **24** in Verbindung steht, welche Gewichtungsfaktoren A, B bereitstellt. Die Mischeinrichtung **23** bildet aus den beiden Messwerten α_1, α_2 einen unter Einbeziehung der Gewichtungsfaktoren A, B gemittelten Wert α . In dem gezeigten Ausführungsbeispiel erfolgt eine Mittelung dadurch, dass der gemittelte Wert α folgende Gleichungen erfüllt:

$$\sin \alpha = A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2 \quad (1)$$

$$\cos \alpha = A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2 \quad (2).$$

[0029] Aus (1) und (2) folgt für den gemittelten Wert α :

$$\alpha = \arctan[(A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2) / (A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2)] \quad (3).$$

[0030] Je nach der Drehzahl D des Rotors **7** und der Amplitude C der genannten Potentialsprünge am Sternpunkt **20** verändert die Wichtungseinrichtung **24** die Gewichtungsfaktoren A, B.

[0031] Bei großen Amplituden C der Potentialsprünge am Sternpunkt, d. h. großen Unterschieden zwi-

schen den Induktivitäten der Phasenstränge **1, 2, 3**, und bei kleinen Drehzahlen D , d. h. geringen induzierten Spannungen, wird $A > B$ gewählt und damit der nach der ersten Methode ermittelte Messwert α_1 betont. Mit wachsender Drehzahl D wird der Gewichtungsfaktor B dementsprechend vergrößert und A verkleinert.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006046437 A1 [[0024](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Position der Läufer, insbesondere Drehposition des Rotors (7), einer elektrischen Maschine in Bezug auf den Stator (6), wobei nach einer ersten Messmethode ein erster Messwert (α) der Position ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach wenigstens einer weiteren Messmethode gleichzeitig ein weiterer Messwert (α_2) ermittelt und aus den Messwerten (α_1, α_2) ein gemittelter Wert (α) der Position des Läufers bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert (α) unter Einbeziehung unterschiedliche Streuungen der Messwerte (α_1, α_2) berücksichtigender Gewichtungsfaktoren (A, B) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Messwerten (α_1, α_2) als Argument Werte einer periodischen Funktion gebildet werden, die Funktionswerte multipliziert mit den Gewichtungsfaktoren (A, B) summiert werden und zur Bestimmung des Wertes (α) aus der gewichteten Summe als Argument der Wert der Umkehrfunktion der periodischen Funktion gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert (α) auf folgende Weise bestimmt wird:

$$A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2 = \sin \alpha,$$

$$A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2 = \cos \alpha,$$

$$\tan \alpha = (A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2) / (A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2),$$

$$\alpha = \arctan[(A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2) / (A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2)].$$

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass variable, von der jeweiligen Streuung der Messwerte (α_1, α_2) abhängige Gewichtungsfaktoren (A, B) einbezogen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gewichtungsfaktoren (A, B) abhängig von der Größe für die Messwerte (α_1, α_2) maßgeblicher Messsignale variiert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der Messwerte (α_1, α_2) der Position des Läufers nach der ersten oder/und wenigstens einen weiteren Methode ohne Positionssensor anhand von Messsignalen erfolgt, die an den Phasensträngen (1, 2, 3) der elektrischen Maschine abgegriffen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die abgegriffenen Messsignale auf abhängig von der Position des Läufers variierenden

Magnetisierungsgraden von Polwicklungskernen (4) oder/und in Polwicklungen (5) induzierten Gegensträngen beruhen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Messsignale, die auf den variierenden Magnetisierungsgraden von Polwicklungskernen beruhen, am Sternpunkt im Stern verschalteter Phasenstränge (1, 2, 3) abgegriffen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Gewichtungsfaktoren (A, B) abhängig von der maximalen Höhe von Potentialänderungen (C) am Sternpunkt (20) und von der Höhe der Drehzahl (D) des Rotors (7) variiert werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

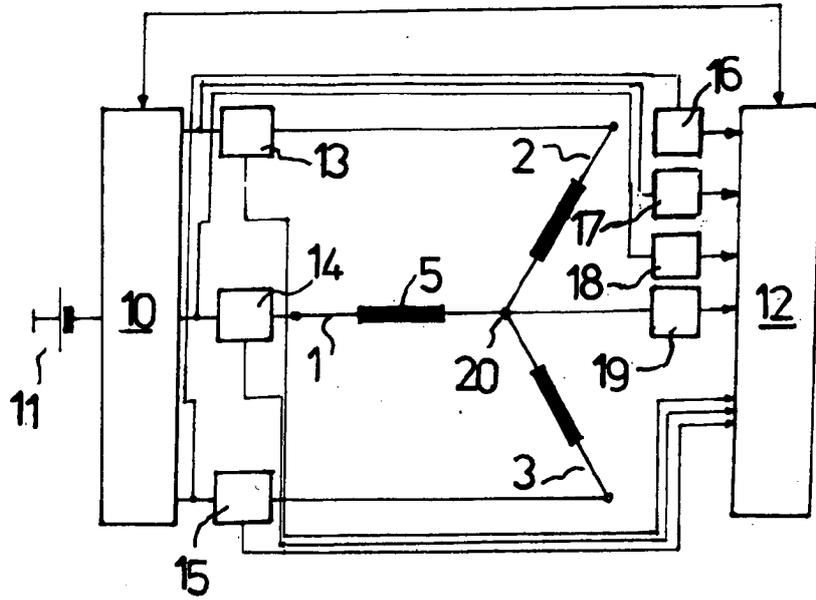


FIG.1

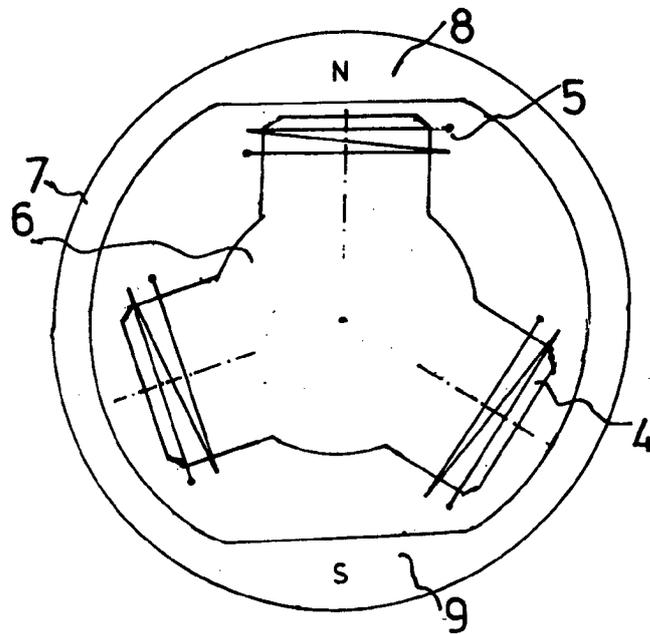


FIG.2

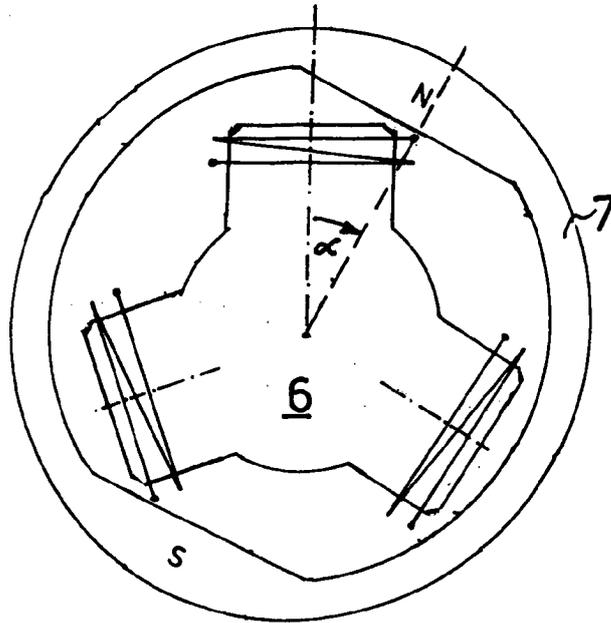


FIG. 3

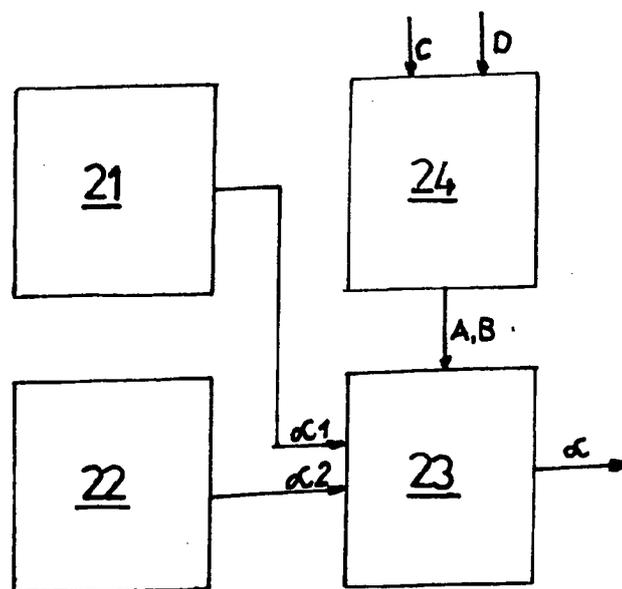


FIG. 4