

(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
26. Juli 2012 (26.07.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/097783 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 6/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2011/075284

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. November 2011 (23.11.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 053 468.4
3. Dezember 2010 (03.12.2010) DE

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder : STROTHMANN, Rolf [DE/DE];
Kobenhüttenweg 49, 66123 Saarbrücken (DE).

(74) Anwälte: BERNHARDT, Reinhold et al.;
Kobenhüttenweg 43, 66123 Saarbrücken (DE).

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.

(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, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PROCESS FOR DETERMINING THE POSITION OF THE ROTOR OF AN ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER POSITION DES LÄUFERS EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE

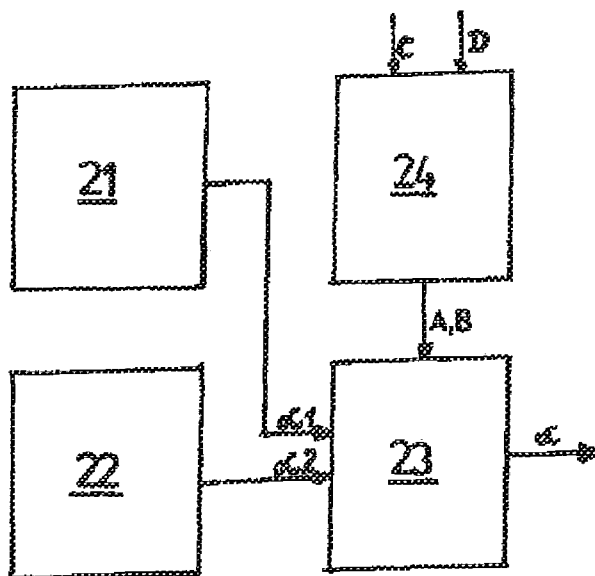


Fig. 4

(57) Abstract: The invention relates to a process for determining the position, in particular the angular position, of the rotor (7) of an electric machine in relation to the stator (6). A first measured value (α_1) of the position is determined according to a first method. According to the invention, another measured value (α_2) is simultaneously determined according to at least one other measurement method, and a mean value (α) for the position of the rotor is determined from the measured values (α_1 , α_2). Preferably, value (α) is determined taking into account weighting factors (A, B) that take into consideration different spreads of the measured values (α_1 , α_2).

(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) berücksichtiger Gewichtungsfaktoren (A,B) bestimmt.



Veröffentlicht:

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

Beschreibung:5 „Verfahren zur Bestimmung der Position des Läufers einer elektrischen Maschine“

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
10 ermittelt wird.

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.
15

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.
20

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.
25

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.
30

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

Insbesondere kann der genannte Wert (α) vorteilhaft unter Einbeziehung von Gewichtungsfaktoren (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 Gewichtungsfaktor (A,B) bewertet.

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

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Bildung des gemittelten Wertes (α) derart, dass aus den Messwerten (α_1, α_2) Werte einer periodischen Funktion, in die die Messwerte (α_1, α_2) als Argument eingesetzt werden, gebildet, die Funktionswerte multipliziert mit den Gewichtungsfaktoren (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.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden die Gewichtungsfaktoren (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.

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 einer weiteren Methode ohne Positionssensor anhand von Messsignalen, die an den Phasensträngen der elektrischen Maschine abgegriffen werden.

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

Insbesondere werden Messsignale, die auf variierenden Magnetisierungsgraden von Polwicklungskernen beruhen, am Sternpunkt im Stern verschalteter Phasenstränge abgegriffen.

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

5

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

- 10 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer elektrischen Maschine mit einer Vorrichtung nach der Erfindung für die Bestimmung der Rotordrehposition ,
- Fig. 2 die in Fig. 1 gezeigte elektrische Maschine in einer schematischen Querschnittsdarstellung,
- 15 Fig. 3 die Querschnittsdarstellung der elektrischen Maschine von Fig. 2 mit um einen Winkel α verdrehtem Rotor, und
- Fig. 4 eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Bildung eines gewichteten Mittels aus zwei Messwerten (α_1, α_2) der Rotordrehposition.

- 20 Eine elektrische Maschine umfasst drei im Stern verschalteten Phasenstränge 1,2,3 mit je einer einen 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.

25

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel könnte die elektrische Maschine in allen genannten Merkmalen von der vorangehend beschriebenen elektrischen Maschine abweichen. Die Zahl der Phasenströme könnte $<$ oder $>$ als 3 sein und insbesondere könnte jeder Phasenstrang mehr als nur eine Polwicklung aufweisen.

- 30 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.

35

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

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

Wie Fig. 2 und 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 Hysteresefunktion, und dem Drehwinkel α . Anhand der positionsabhängigen 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.

Die im Rahmen des PWM-Verfahrens an die Phasenstränge 1,2,3 angelegten Impulse bzw. gesondert angelegte Messimpulse führen aufgrund unterschiedlicher Induktivitäten der Phasenstränge zu charakteristischen Potentialsprüngen am Sternpunkt 20, welche die Spannungsmesseinrichtung 19 erfasst und die Steuerung 12 dann auswertet, ggf. unter Einbeziehung durch die Strommessenrichtungen 16 bis 19 ermittelter Ströme.

Die Steuerung 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.

Gemäß Fig. 4 umfasst die Steuerung 12 eine erste Auswerteinrichtung 21, die basierend auf den positionsabhängigen Magnetisierungsgraden der Polwicklungs-

kerne 4 einen ersten Messwert α_1 der Drehposition des Rotors 7 liefert. Die Steuerung 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
 5 beruht.

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
 10 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:

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

$$15 \quad \cos \alpha = A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2 \quad (2).$$

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

$$20 \quad \alpha = \arctan [(A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2) / (A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2)] \quad (3).$$

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.

25 Bei großen Amplituden C der Potentialsprünge am Sternpunkt, d.h. großen Unterschieden zwischen 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
 30 und A verkleinert.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Position der Läufer, insbesondere Dreh-
position des Rotors (7), einer elektrischen Maschine in Bezug auf den
5 Stator (6), wobei nach einer ersten Messmethode ein erster Messwert
(α_1) 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
10 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
15 Messwerte (α_1, α_2) berücksichtigender Gewichtungsfaktoren (A,B) bestimmt
wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
20 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.
25
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Wert (α) auf folgende Weise bestimmt wird:

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

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

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

$$\alpha = \arctan [(A \sin \alpha_1 + B \sin \alpha_2) / (A \cos \alpha_1 + B \cos \alpha_2)].$$
30
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
35 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 Mess-
werte (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 Phasen-
strängen (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 Gegenspannungen
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.

1/2

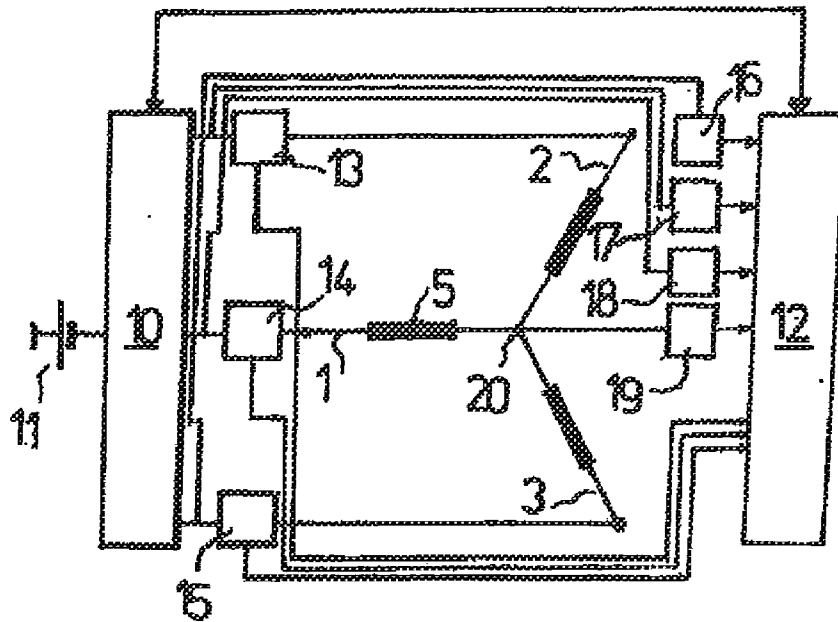


Fig. 1

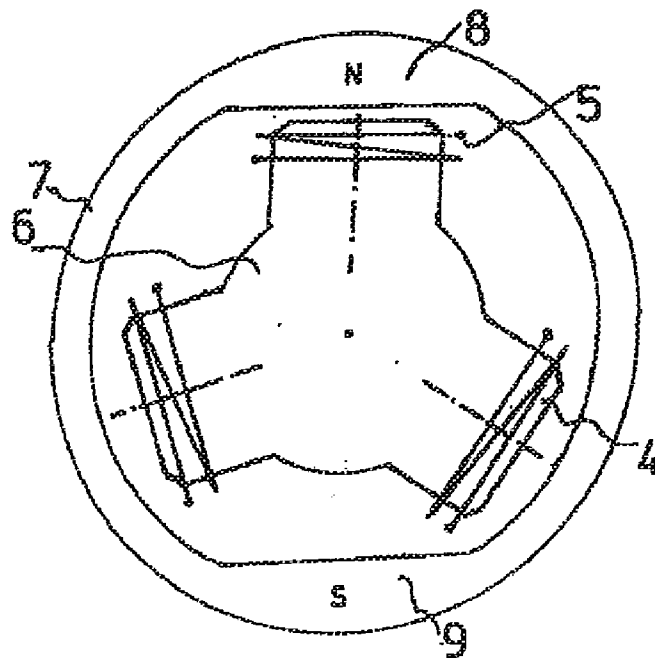


Fig. 2

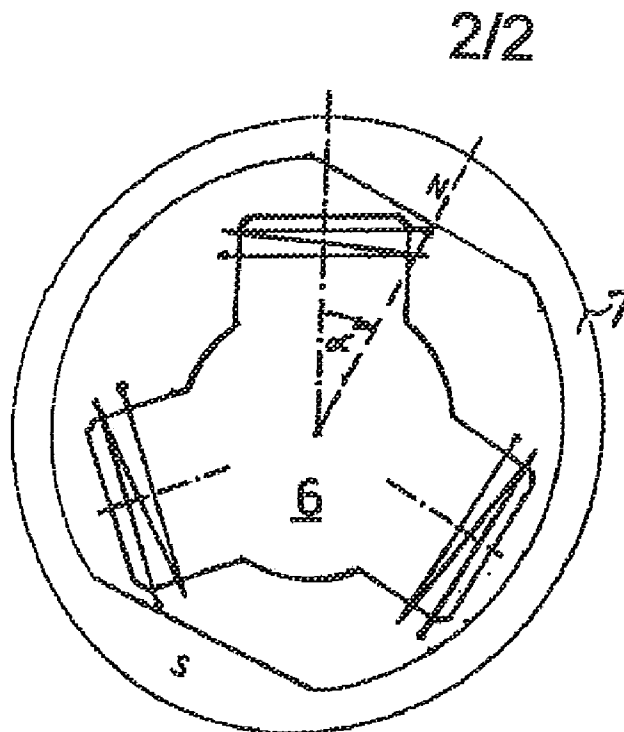


Fig. 3

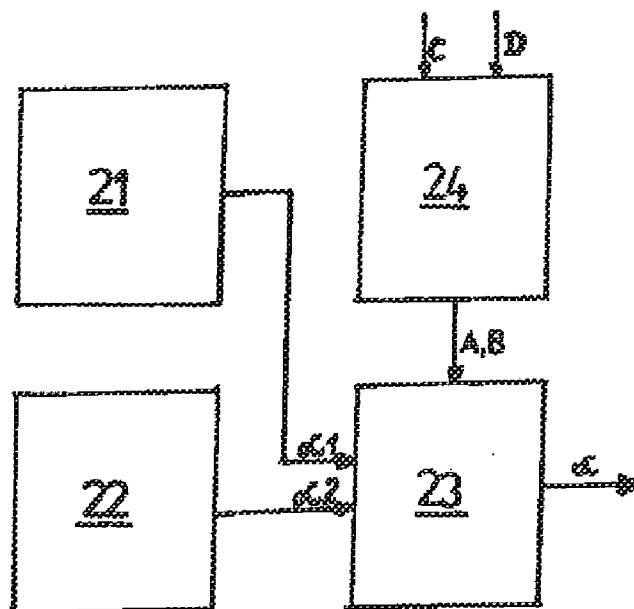


Fig. 4