

(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. Dezember 2014 (31.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/206692 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/061525
- (22) Internationales Anmeldedatum: 4. Juni 2014 (04.06.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2013 212 054.0 25. Juni 2013 (25.06.2013) DE
- (71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder: **WEIFFEN, Manfred**; Fritz-Schofer-Strasse 27, 74321 Bietigheim-Bissingen (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, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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.

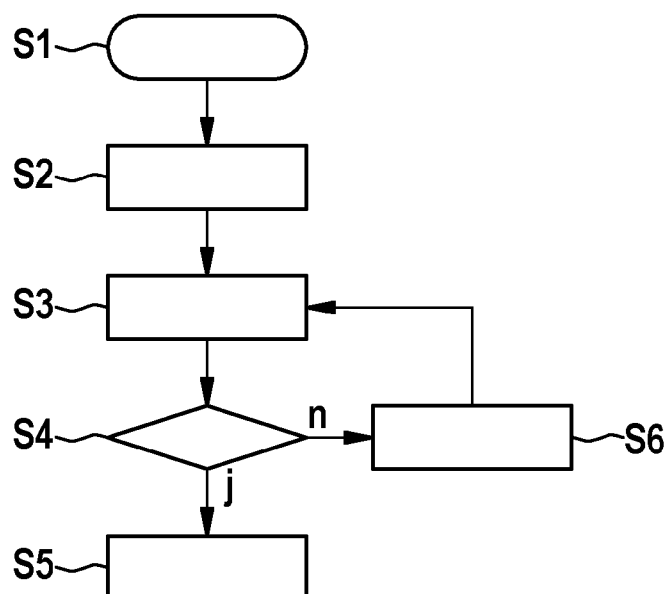
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN ASYNCHRONOUS MACHINE, AND AN ASYNCHRONOUS MACHINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINER ASYNCHRONMASCHINE, ASYNCHRONMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an asynchronous machine (1) comprising a rotor (3) and a stator (2), in which a torque of the asynchronous machine (1) is adjusted by specifying a desired magnetic flux of a surrounding magnetic field of the stator (2) and specifying a desired slip between a rotational speed of the rotor (3) and the rotational speed of the surrounding magnetic field. According to the invention, at least in the load condition and when a rotary frequency of the surrounding magnetic field of the stator is equal to zero, the desired magnetic flux and/or the desired slip with constant torque is changed in such a way that an actual rotary frequency of the surrounding magnetic field is not equal to zero.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Asynchronmaschine (1), die einen Rotor (3) und einen Stator (2) aufweist, bei welchem ein Drehmoment der Asynchronmaschine (1) durch Vorgabe eines Soll-Magnetflusses eines umlaufenden Magnetfeldes des Stators (2) und durch Vorgabe eines Soll-Schlupfes zwischen einer Rotordrehzahl des Rotors

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 2

WO 2014/206692 A2



(3) und der Drehzahl des umlaufenden Magnetfeldes eingestellt wird. Es ist vorgesehen, dass zumindest in einem Belastungsfall und wenn eine Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes des Stators gleich Null ist, der Soll-Magnetfluss und/oder der Soll-Schlupf bei gleichbleibendem Drehmoment derart verändert werden, dass eine Ist-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes ungleich Null wird.

5 Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Asynchronmaschine,
Asynchronmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Asynchronmaschine, die
einen drehbar gelagerten Rotor und einen gehäusefesten Stator aufweist, wobei
10 ein Drehmoment der Asynchronmaschine durch Vorgabe eines Soll-
Magnetflusses eines umlaufenden Magnetfeldes des Stators und durch
Vorgeben eines Soll-Schlupfes zwischen einer Rotordrehzahl des Rotors und der
Drehzahl des umlaufenden Magnetfeldes eingestellt wird.

15 Ferner betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zum Betreiben einer
Asynchronmaschine, die einen drehbar gelagerten Rotor und einen
gehäusefesten Stator aufweist, mit einer Einrichtung, insbesondere
Leistungselektronik, zum Einstellen eines Drehmoments der
Asynchronmaschine, wobei die Einrichtung zum Einstellen des Drehmoments
20 einen Soll-Magnetfluss eines umlaufenden Magnetfeldes des Stators und einen
Soll-Schlupf zwischen einer Rotordrehzahl des Rotors und der Drehzahl des
umlaufenden Magnetfeldes vorgibt.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine entsprechende Asynchronmaschine.

25
Stand der Technik

Verfahren, Vorrichtungen und Asynchronmaschinen der Eingangs genannten Art
sind aus dem Stand der Technik bekannt. Das Drehmoment von
30 Asynchronmaschinen hängt insbesondere von zwei Größen ab, von dem
magnetischen Fluss des den Stator umlaufenden Magnetfeldes und von dem
Schlupf zwischen der Rotordrehzahl und der „Drehzahl“ des umlaufenden
Magnetfeldes. Bei Antrieb der Asynchronmaschine mittels einer
Leistungselektronik sind die beiden Größen entsprechend vorzugebende
35 Stellgrößen zum Erreichen des gewünschten Drehmoments. Insbesondere im
generatorischen Betrieb der Asynchronmaschine wird ein Soll-Schlupf derart

eingestellt, dass eine Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes betragsmäßig kleiner ist als die Drehfrequenz des Rotors. Hierbei kann es unter Verwendung eines herkömmlichen Regelalgorithmusses dazu kommen, dass der Sollwert der Drehfrequenz des Statorfeldes zu 0 Hz berechnet wird, während ein signifikanter Strom durch den Stator fließt.

Eine Grenze für den Betrieb einer Leistungselektronik beziehungsweise der die asynchrone Maschine ansteuernde Einrichtung ist die thermische Belastbarkeit der Schaltelemente beziehungsweise Leistungsschalter. Beim Betrieb der elektrischen Maschine mittels Leistungselektronik liegt ein kritischer Betriebspunkt dann vor, wenn in einem Belastungsfall ein großer Teil des Stroms für längere Zeit über einen einzigen der Leistungsschalter, wie beispielsweise bei einer B6-Brücke, fließt. Dies kann beispielsweise bei einem Elektrofahrzeug geschehen, dass mit einer permanent erregten Maschine an einem Berg anfährt, wenn also ein Drehmoment angefordert wird und die Drehzahl der elektrischen Maschine beispielsweise noch gleich Null ist.

Offenbarung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass das dauerhafte Bestromen eines einzelnen Leistungsschalters, insbesondere Halbleiterschalterelements, vermieden wird. Hierzu sieht das Verfahren erfindungsgemäß vor, dass zumindest in einem Belastungsfall, alternativ immer, wenn eine Soll-Drehfrequenz des umlaufenden Statorfeldes des Stators gleich Null ist, der Soll-Magnetfluss und/oder der Soll-Schlupf bei gleichbleibendem Drehmoment derart verändert werden, dass die Ist-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes ungleich Null ist, dass also eine Mindestdrehfrequenz größer als Null erreicht wird. Hierdurch wird auf einfache und kostengünstige Art und Weise erreicht, dass der Statorstrom nicht durch einen einzigen Leistungsschalter für einen längeren Zeitraum geführt wird, sondern abwechselnd durch unterschiedliche Leistungsschalter, wodurch die Leistungselektronik vor einer thermischen Überlastung geschützt wird. Um eine Ist-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes ungleich Null zu erhalten, ist bevorzugt vorgesehen, dass die zunächst berechnete Soll-Drehfrequenz entsprechend geändert beziehungsweise ungleich Null eingestellt wird, oder

dass der Soll-Drehfrequenz beispielsweise ein Offset-Wert hinzugefügt wird, der zu einer entsprechenden Drehfrequenz führt.

5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass in dem Belastungsfall bei gleichbleibendem Drehmoment der Soll-Schlupf reduziert und der Soll-Magnetfluss, der proportional zum Statorstrom ist, erhöht wird. Um die gewünschte Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes zu erreichen, ist also bevorzugt vorgesehen, dass -die gewünschte Mindestdrehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes bei gleichbleibendem Drehmoment erreicht wird, indem der Soll-Schlupf reduziert und der Soll-Magnetfluss, der proportional zum Statorstrom ist, erhöht wird.

10 Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die gewünschte Mindestdrehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes bei gleichbleibendem Drehmoment erreicht wird, indem der Soll-Schlupf erhöht und der Soll-Magnetfluss reduziert wird.

15 Ferner ist bevorzugt vorgesehen, dass das erfindungsgemäße Verfahren in einem generatorischen Betrieb der Asynchronmaschine durchgeführt wird. Insbesondere im generatorischen Betrieb kann es zu der Eingangs genannten Problematik führen. Wird das Verfahren auf den generatorischen Betrieb beschränkt, kann die notwendige Rechenleistung zum Ansteuern der Asynchronmaschine insgesamt verringert werden.

20 Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 5 zeichnet sich dadurch aus, dass die Einrichtung im Belastungsfall, wenn die Soll-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes des Stators gleich Null ist, den Soll-Magnetfluss und/oder den Soll-Schlupf bei gleichbleibendem Drehmoment derart verändert, dass die Ist-Drehfrequenz ungleich Null ist. Hieraus ergeben sich die zuvor genannten Vorteile. Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich ebenfalls aus dem zuvor bereits Beschriebenen.

25 Insbesondere ist vorgesehen, dass in dem Belastungsfall bei gleichbleibendem Drehmoment der Soll-Schlupf reduziert und der Soll-Magnetfluss erhöht wird, um die Ist-Drehfrequenz auf einen Wert ungleich Null zu bringen. Dadurch wird eine ungleichmäßige thermische Belastung von Leistungsschaltern der Einrichtung

beziehungsweise der Leistungselektronik und von Motorphasen umgangen. Die Performance beziehungsweise Leistung der Asynchronmaschine wird dadurch nicht beeinträchtigt. Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist bevorzugt vorgesehen, dass bei gleichbleibendem Drehmoment der Soll-Schlupf erhöht und der Soll-Magnetfluss reduziert wird, um die gewünschte Mindestdrehfrequenz zu erhalten.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Einrichtung eine Brückenschaltung, insbesondere eine B6-Brücke mit sechs Leistungsschaltern, insbesondere Halbleiterschalt-elementen beziehungsweise Leistungshalbleiterschaltern aufweist.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Dazu zeigen

Figur 1 eine Asynchronmaschine in einer vereinfachten Darstellung und

Figur 2 ein vorteilhaftes Verfahren zum Betreiben der Asynchronmaschine.

Figur 2 zeigt in einem Flussdiagramm ein Verfahren zum Betreiben einer Asynchronmaschine 1, wie sie beispielhaft und vereinfacht in Figur 1 dargestellt ist, die einen gehäusefesten Stator 2 und einen drehbar gelagerten Rotor 3 sowie eine Vorrichtung 4 zum Betreiben aufweist. Die Vorrichtung 4, die zur Durchführung des Verfahrens ausgebildet ist, umfasst unter anderem eine Einrichtung, die als Leistungselektronik 5 ausgebildet ist, und insbesondere durch Vorgabe eines Soll-Magnetflusses eines umlaufenden Magnetfeldes des Stators und durch Vorgabe eines Soll-Schlupfes des Rotors, also einer Differenz zwischen Rotordrehzahl und Drehzahl des umlaufenden Magnetfeldes, ein Drehmoment der Asynchronmaschine 1 einstellt. Die Leistungselektronik weist dazu vorliegend eine B6-Brücke beziehungsweise –Brückenschaltung auf, die sechs Leistungshalbleiterschalter aufweist.

Das Verfahren sieht vor, dass nach Inbetriebnahme einer die Asynchronmaschine 1 aufweisenden Antriebsvorrichtung in einem ersten Schritt S1 zunächst das gewünschte Drehmoment in einem Schritt S2 erfasst wird. In

Abhängigkeit des gewünschten Drehmoments werden in Schritt S2 der Soll-Magnetfluss und der Soll-Schlupf eingestellt.

In einem darauffolgenden Schritt S3 wird ermittelt, zu welcher Soll-Drehfrequenz der vorgegebene Soll-Magnetfluss und der vorgegebene Soll-Schlupf des umlaufenden Magnetfeldes führen.

In einer darauffolgenden Abfrage S4 wird zunächst geprüft, ob ein Belastungsfall vorliegt, also ob beispielsweise eine Drehmomentanforderung vorliegt und die Drehzahl der elektrischen Maschine gleich Null ist, und anschließend wird die ermittelte Soll-Drehfrequenz darauf geprüft, ob sie gleich Null oder ungleich Null ist. Bevorzugt werden dabei geringe Abweichungen von Null auch noch als Null-Wert bewertet.

Ergibt die Abfrage, dass ein Belastungsfall vorliegt und dass die Soll-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes ungleich Null ist, geht das Verfahren in einem Schritt S5 weiter, bei welchem die bisher vorgenommenen Einstellungen bezüglich der Soll-Werte beibehalten werden.

Ergibt die Abfrage jedoch, dass die ermittelte Soll-Drehfrequenz gleich Null oder nahezu gleich Null ist, werden in einem Schritt S6 der Soll-Schlupf und/oder der Soll-Magnetfluss verändert, wobei das in Schritt S2 ermittelte Wunsch-Drehmoment beibehalten wird. Besonders bevorzugt wird dabei der Soll-Schlupf etwas reduziert und der Statorstrom, der proportional zum Soll-Magnetfluss ist, etwas erhöht. Alternativ kann der Soll-Schlupf erhöht und der Soll-Magnetfluss reduziert werden. Durch das Verändern des Soll-Schlupfes und des Soll-Magnetflusses bei gleichbleibendem Drehmoment wird erreicht, dass die Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes sich von Null zu ungleich Null verändert. Dies bewirkt, dass in der Leistungselektronik der Statorstrom abwechselnd durch unterschiedliche Leistungshalbleiterschalter fließt.

Durch das vorteilhafte Verfahren wird gewährleistet, dass ein Betrieb der Asynchronmaschine, bei dem die Soll-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes Null ergibt, was eine hohe thermische Belastung eines der Leistungsschalter zur Folge hätte, vermieden wird. Dadurch wird insgesamt die Belastung der Leistungselektronik reduziert und ihre Lebensdauer erhöht, ohne

dass die Leistung der Asynchronmaschine beeinträchtigt wird. Besonders bevorzugt wird das Verfahren dann durchgeführt, wenn die Asynchronmaschine generatorisch betrieben wird.

5 Es wird erreicht, dass die Leistungsschalter und Motorphasen der Asynchronmaschine gleichmäßig belastet werden. Ob ein Belastungsfall vorliegt, wird beispielsweise in Abhängigkeit von dem geforderten Drehmoment und der Drehzahl der elektrischen Maschine ermittelt. Wird ein hohes Drehmoment
10 angefordert bei geringer Drehzahl, kann darauf geschlossen werden, dass eine hohe Belastung, wie beispielsweise das Anfahren an einem Berg, also ein Belastungsfall erfolgt.

Das Verfahren kann sowohl bei Kraftfahrzeugen, die eine Hybridantriebsvorrichtung mit einem Verbrennungsmotor und mindestens einer
15 elektrischen Maschine, als auch bei Kraftfahrzeugen, die als Antriebsvorrichtung nur mindestens eine elektrische Maschine aufweisen, durchgeführt werden.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Asynchronmaschine (1), die einen Rotor (3) und einen Stator (2) aufweist, bei welchem ein Drehmoment der Asynchronmaschine (1) durch Vorgabe eines Soll-Magnetflusses eines umlaufenden Magnetfeldes des Stators (2) und durch Vorgabe eines Soll-Schlupfes zwischen einer Rotordrehzahl des Rotors (3) und der Drehzahl des umlaufenden Magnetfeldes eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest in einem Belastungsfall und wenn eine Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes des Stators gleich Null ist, der Soll-Magnetfluss und/oder der Soll-Schlupf bei gleichbleibendem Drehmoment derart verändert werden, dass eine Ist-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes ungleich Null wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Belastungsfall bei gleichbleibendem Drehmoment der Soll-Schlupf reduziert und der Soll-Magnetfluss erhöht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Belastungsfall bei gleichbleibendem Drehmoment der Soll-Schlupf erhöht und der Soll-Magnetfluss reduziert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die Durchführung in einem generatorischen Betrieb der Asynchronmaschine (1).
5. Vorrichtung (4) zum Betreiben einer Asynchronmaschine (1), die einen Stator (2) und einen Rotor (3) aufweist, insbesondere durch ein Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Einrichtung, insbesondere Leistungselektronik (5), zum Einstellen eines Drehmoments der Asynchronmaschine (1), wobei die Einrichtung zum Einstellen des Drehmoments einen Soll-Magnetfluss eines umlaufenden

Magnetfeldes des Stators (2) und einen Soll-Schlupf zwischen einer Rotordrehzahl des Rotors (3) und der Drehzahl des umlaufenden Magnetfelds vorgibt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zumindest in einem Belastungsfall und wenn eine Soll-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes gleich Null ist, den Soll-Magnetfluss und/oder den Soll-Schlupf bei gleichbleibendem Drehmoment derart verändert, dass die Ist-Drehfrequenz des umlaufenden Magnetfeldes ungleich Null wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung in dem Belastungsfall bei gleichbleibendem Drehmoment den Soll-Schlupf reduziert und den Soll-Magnetfluss erhöht.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung in dem Belastungsfall bei gleichbleibendem Drehmoment den Soll-Schlupf erhöht und den Soll-Magnetfluss reduziert.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung eine Brückenschaltung, insbesondere eine B6-Brücke, insbesondere mit sechs Halbleiterschaltelementen, aufweist.

1 / 1

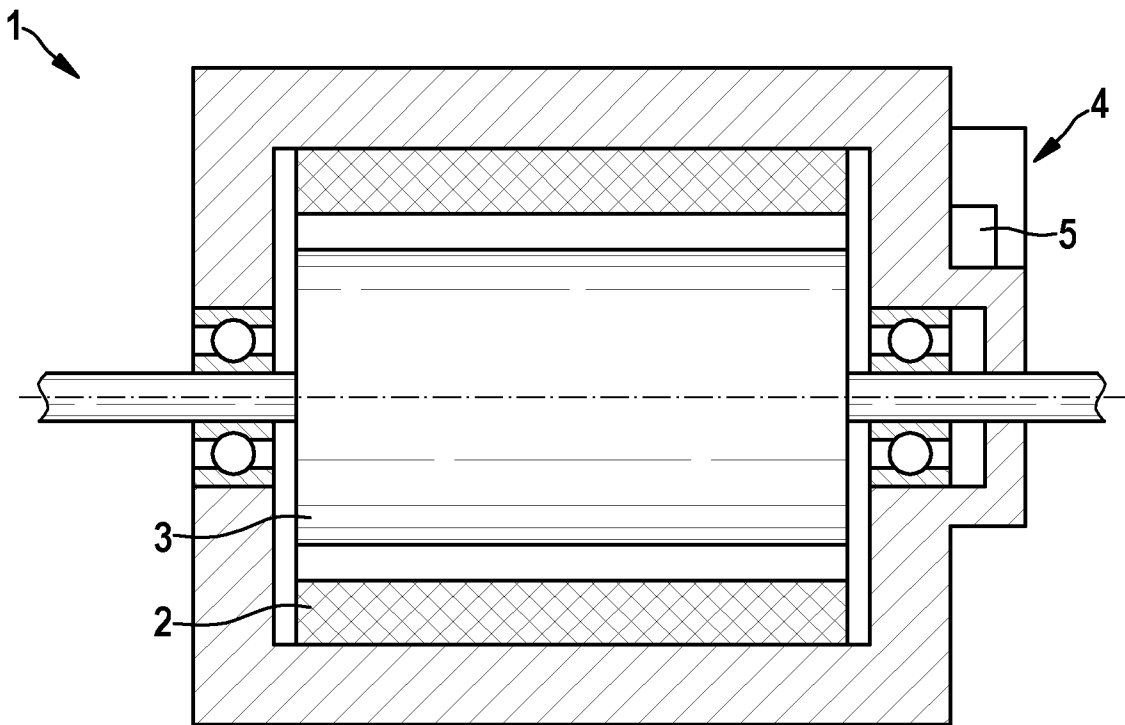


Fig. 1

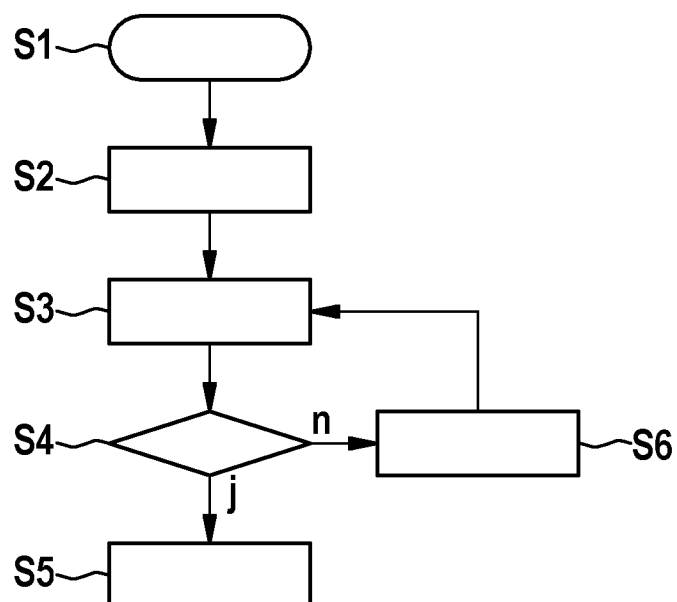


Fig. 2