

(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
28. Januar 2010 (28.01.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/010081 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/059341

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juli 2009 (21.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 035 613.1 25. Juli 2008 (25.07.2008) DE

(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): **KRETSCHMER, Hans-Richard** [DE/DE]; Forsterstr. 37, 10999 Berlin (DE). **STECKENBORN, Arno** [DE/DE]; Stadtrandstr. 467b, 13589 Berlin (DE). **THEILE, Oliver** [DE/DE]; Taldorfer Weg 17a, 13437 Berlin (DE).

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

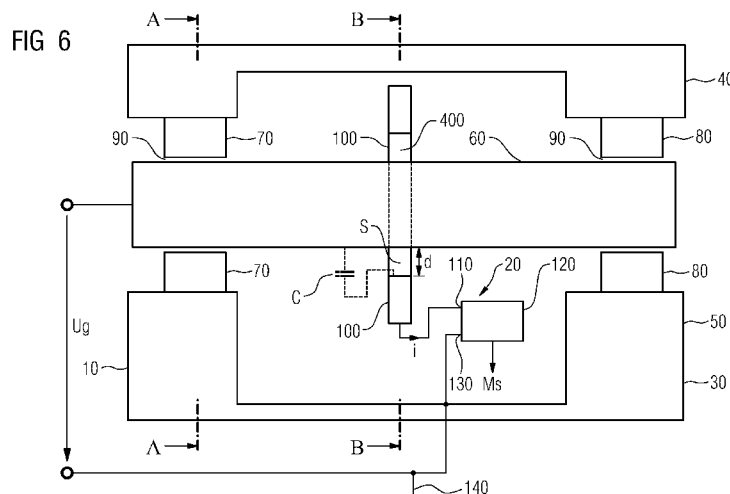
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR MONITORING THE BEARING CURRENT OF AN ELECTRICAL MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR LAGERSTROMÜBERWACHUNG EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE



(57) Abstract: The invention inter alia relates to a method for monitoring the bearing current of an electrical machine (10). An electrode (100) arranged at a distance (d) to a shaft and the shaft – due to the gap (S) between the electrode and the shaft – produce a measurement capacitance (C) and an electric shift current (i) which flows through the measurement capacitance when there is a temporal change of the voltage (Ug) applied between the shaft and the housing is measured. A measurement signal (Ms) indicating a bearing current flow is generated when the shift current or a measurement variable produced by the shift current meets a predetermined trigger criterion. Preferably, the electrode has a circular inner contour so that the gap is annular. The annular inner contour results in an error compensation in the case of a balance error of the shaft because the factor dC/dt remains at least substantially constant. Due to the contactless measurement of the shift current, no contact brushes for contacting the shaft are required. The method can be used irrespective of whether the bearings are insulated from the machine housing or not.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/010081 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung bezieht sich u. a. auf ein Verfahren zur Lagerstromüberwachung einer elektrischen Maschine (10). Es wird mit einer in einem Abstand (d) zu einer Welle angeordneten Elektrode (100) und mit der Welle - aufgrund des Spalts (S) zwischen Elektrode und Welle - eine Messkapazität (C) gebildet und ein elektrischer Verschiebestrom (i) gemessen, der im Falle einer zeitlichen Änderung der zwischen der Welle und dem Gehäuse anliegenden Spannung (U_g) durch die Messkapazität fließt. Ein einen Lagerstromfluss anzeigendes Messsignal (M_s) wird erzeugt, wenn der Verschiebestrom oder eine mit dem Verschiebestrom gebildete Messgröße ein vorgegebenes Auslösekriterium erfüllt. Vorzugsweise weist die Elektrode eine kreisförmige Innenkontur auf, so dass der Spalt ringförmig ist. Durch eine ringförmige Innenkontur wird eine Fehlerkompensation im Falle einer Unwucht der Welle erreicht, weil der Faktor dC/dt zumindest weitgehend konstant bleibt. Aufgrund der berührungslosen Messung des Verschiebestroms kann auf Kontaktbürsten zur Kontaktierung der Welle verzichtet werden. Das Verfahren ist unabhängig davon einsetzbar, ob die Lager gegenüber dem Maschinengehäuse isoliert sind oder nicht.

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Lagerstromüberwachung einer elektrischen Maschine

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Verfahren dieser Art sind beispielsweise aus der internationalen Patentanmeldung WO 2006/134068 bekannt. Eines der in dieser Schrift beschriebenen Verfahren sieht vor, die zwischen einer Welle der elektrischen Maschine und dem Gehäuse anliegende elektrische Spannung mit Hilfe elektrischer Kontaktbürsten, die mechanisch an der Welle anliegen und diese elektrisch kontaktieren, zu messen. Die in dieser Weise gemessene Spannung wird in einer Auswerteinrichtung ausgewertet, und es wird ein Messsignal erzeugt, wenn ein Lagerstrom auftritt.

Die genannte Druckschrift offenbart darüber hinaus ein anderes Verfahren zur Lagerstromüberwachung; bei diesem anderen Verfahren ist ein die Welle der Maschine lagerndes Lager von dem Maschinengehäuse elektrisch isoliert. Es wird die elektrische Spannung zwischen Lager und Gehäuse gemessen und ausgewertet, um ein Lagerstromereignis zu detektieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich eine Lagerstromüberwachung besonders einfach und mit möglichst wenig Aufwand durchführen lässt.

30

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mit einer in einem Abstand zu der Welle angeordneten Elektrode und mit der Welle - aufgrund des Spalts zwischen Elektrode und Welle -
5 eine Messkapazität gebildet wird und ein elektrischer Verschiebestrom gemessen wird, der im Falle einer zeitlichen Änderung der zwischen der Welle und dem Gehäuse anliegenden Spannung durch diese Messkapazität fließt, und ein einen Lagerstromfluss anzeigendes Messsignal erzeugt wird, wenn der
10 Verschiebestrom oder eine mit diesem Verschiebestrom gebildete Messgröße ein vorgegebenes Auslösekriterium erfüllt.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass bei diesem keine Kontaktbürsten erforderlich
15 sind, um eine Messung einer Spannungsänderung der an der Welle anliegenden Welle-Gehäuse-Spannung zu ermöglichen. So ist nämlich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren im Unterschied zum Stand der Technik vorgesehen, nicht etwa die an der Welle anliegende Spannung als solche zu messen, sondern
20 den im Falle einer Spannungsänderung von der Welle abfließenden kapazitiven elektrischen Verschiebestrom und diesen Verschiebestrom auszuwerten. Der Verschiebestrom wird mit einer Messelektrode gemessen, die in einem Abstand zu der Welle, also berührungslos, angeordnet ist und mit der Welle eine Ka-
25 pazität bildet. Aufgrund der Messung des elektrischen Verschiebestroms ist also keine elektrische Kontaktierung der Welle erforderlich, so dass auf Kontaktbürsten, die verschleißabhängig sind und eine stete Wartung der Maschine erfordern, verzichtet werden kann.

30

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass diese bei beliebigen elektrischen Maschinen eingesetzt werden kann; so kann eine Messung von Lagerstromer-

eignissen unabhängig davon durchgeführt werden, ob die Lager gegenüber dem Gehäuse isoliert sind oder nicht.

Besonders bevorzugt wird die Messkapazität mit einer
5 Elektrode gebildet, die ein kreisförmiges Loch aufweist, durch das die Welle hindurchgeführt ist und das konzentrisch zu der Welle derart angeordnet ist, dass der Spalt ringförmig ist. Durch eine kreisförmige Innenkontur und einen kreisförmigen Spalt lässt sich vermeiden, dass es zu Messfehlern
10 kommt, wenn die Welle eine Unwucht aufweist. Im Falle einer Unwucht wird sich der Abstand zwischen der Welle und der Elektrode während der Rotation der Welle ortsabhängig ändern, so dass aufgrund des Zusammenhangs $i \approx C \cdot dU_g/dt + U_g \cdot dC/dt$ (C : Messkapazität, U_g : Welle-Gehäuse-Spannung, i :
15 Strom) neben dem elektrischen Verschiebestrom im Falle einer elektrischen Entladung der Welle zusätzlich auch ein Stromanteil auftritt, der nichts mit dem Entladevorgang zu tun hat und der allein auf die zeitliche Variation des Spalts aufgrund der Unwucht der Welle zurückzuführen ist. Dieser Strom-
20 anteil $I_f = U_g \cdot dC/dt$ wird bei einem ringförmigen Spalt nicht merklich stören, da nämlich während der Rotation der Welle zwar manche Ringabschnitte zeitweise einen kleineren Abstand zur Welle aufweisen mögen als sonst, jedoch die gegenüberliegenden Ringabschnitte im Gegenteil einen größeren
25 Abstand zu der Welle einnehmen werden, so dass eine Kompensation eintritt, weil der Faktor dC/dt klein bleibt.

Vorzugsweise wird die Messkapazität durch eine ringförmige Elektrode gebildet, also eine Elektrode, die sowohl eine
30 kreisförmige Innenkontur als auch eine kreisförmige Außenkontur aufweist.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass das Auslösekriterium als erfüllt angesehen

wird, wenn der Verschiebestrom oder eine mit diesem Verschiebestrom gebildete Messgröße einen vorgegebenen Grenzstrom erreicht oder überschreitet.

- 5 Gemäß einer anderen bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass der Verschiebestrom durch einen Widerstand geleitet wird und das Auslösekriterium als erfüllt angesehen wird, wenn die an dem Widerstand abfallende Messspannung oder eine daraus abgeleitete Größe ein vorgegebenes
- 10 Spannungsauslösekriterium erfüllt. Vorzugsweise wird das Spannungsauslösekriterium als erfüllt angesehen, wenn die an dem Widerstand abfallende Messspannung oder eine daraus abgeleitete Größe eine vorgegebene Grenzspannung erreicht oder überschreitet.

15

- Um externe Störeinflüsse zu unterdrücken, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die an dem Widerstand abfallende Messspannung einer Hochpass- und/oder Bandpassfilterung unterzogen wird und das Messsignal erzeugt wird, wenn die gefilterte Messspannung oder eine daraus abgeleitete Größe das
- 20 vorgegebene Spannungsauslösekriterium erfüllt.

- Die Erfindung bezieht sich darüber hinaus auf eine Anordnung mit einer elektrischen Maschine, insbesondere einem Elektromotor oder einem elektrischen Generator, die eine in einem Gehäuse mittels zumindest eines Lagers drehbar gelagerte Welle aufweist, und mit einer Messeinrichtung zur Lagerstromüberwachung.
- 25

- 30 Der Erfindung liegt diesbezüglich die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung anzugeben, die möglichst verschleißunabhängig ist und eine Lagerstromüberwachung unabhängig davon ermöglicht, ob Lager, die die Welle der Maschine lagern, gegenüber dem Gehäuse der Maschine elektrisch isoliert sind oder nicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Anordnung mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 7 gelöst.

- 5 Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Anordnung sind in Unteransprüchen angegeben.

Bezüglich der Vorteile der erfindungsgemäßen Anordnung sei auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen, da die Vorteile der Anordnung denen des erfindungsgemäßen Verfahrens im Wesentlichen entsprechen.

10

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen beispielhaft

15

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Anordnung mit einer elektrischen Maschine und einer Messeinrichtung zur Lagerstromüberwachung in einem Längsschnitt;

20

Figur 2 die Lagerung einer Welle der Anordnung gemäß Figur 1 in einem Querschnitt;

25 Figur 3 die Positionierung einer Elektrode der Anordnung gemäß Figur 1 in einem Querschnitt;

Figur 4 ein elektrisches Ersatzschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer Auswerteinrichtung für die Anordnung gemäß Figur 1;

30

Figur 5 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Auswerteinrichtung für die Anordnung gemäß Figur 1;

5 Figur 6 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Anordnung mit einer elektrischen Maschine und einer Messeinrichtung zur Lagerstromüberwachung, wobei eine Elektrode der Anordnung eine ringförmige Innen- und Außenkontur auf-
10 weist;

Figur 7 die Lagerung einer Welle der Anordnung gemäß Figur 6 und

15 Figur 8 ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Anordnung mit einer elektrischen Maschine und einer Messeinrichtung zur Lagerstromüberwachung, wobei eine Elektrode der Anordnung eine ringförmige Innenkontur und eine belie-
20 big anders geformte Außenkontur aufweist.

In den Figuren werden der Übersicht halber für identische oder vergleichbare Komponenten stets dieselben Bezugszeichen verwendet.

25

In der Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung gezeigt, die eine elektrische Maschine 10, bei der es sich beispielsweise um einen Elektromotor oder um einen elektrischen Generator handeln kann, sowie eine Messeinrichtung 20
30 zur Lagerstromüberwachung aufweist.

Wie sich in der Figur 1 erkennen lässt, ist die Maschine 10 mit einem Gehäuse 30 ausgestattet, das durch ein oberes Gehäuseteil 40 sowie ein unteres Gehäuseteil 50 gebildet ist.

Eine Welle 60 der Maschine 10 wird von zwei Lagern 70 und 80 drehbar gehalten. Die beiden Lager 70 und 80 sind in der Figur 1 nur schematisch dargestellt. Zwischen der Welle 60 und den beiden Lagern 70 und 80 oder innerhalb der beiden Lager 70 und 80 befindet sich in der Regel ein Schmiermittelfilm, der in der Figur 1 nicht näher gezeigt ist und nur durch das Bezugszeichen 90 angedeutet wird.

Das Lager 70 sowie das Lager 80 können elektrisch leitend mit den beiden Gehäuseteilen 40 und 50 verbunden sein; stattdessen können beide Lager 70 und 80 auch durch einen in der Figur 1 nicht dargestellten Isolator elektrisch von dem Gehäuse 30 getrennt sein. Ob eine elektrische Isolation zwischen Lager 70 und 80 einerseits und dem Gehäuse 30 andererseits vorhanden ist oder nicht, spielt für die Funktionsweise der Messeinrichtung 20 keine Rolle.

Wie sich in der Figur 1 darüber hinaus erkennen lässt, ist die Messeinrichtung 20 mit einer Elektrode 100 ausgestattet, die in einem Abstand d neben der Welle 60 angeordnet ist. Zwischen der Elektrode 100 und der Welle 60 ist somit ein Spalt vorhanden, der in der Figur 1 mit dem Bezugszeichen S gekennzeichnet ist. Aufgrund des Spalts S wird zwischen der Welle 60 und der Elektrode 100 eine elektrische Messkapazität C gebildet, die in der Figur 1 durch eine gepunktete Linie dargestellt ist.

Die Elektrode 100 ist elektrisch an einen Messeingang 110 einer Auswerteinrichtung 120 angeschlossen. Ein anderer Messeingang 130 der Auswerteinrichtung 120 ist mit der Gehäusemasse 140 verbunden, auf deren Potential elektrisch das Gehäuse 30 der Maschine 10 liegt.

In der Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel für die Lagerung der Welle 60 anhand des Lagers 70 in einem Längsschnitt gezeigt. Man sieht, dass das Lager 70 einen mittelbar oder unmittelbar mit dem Gehäuse 30 in Verbindung stehenden äußeren Lagerring 200 sowie eine Vielzahl an Wälzkörpern 210 aufweist. Die Wälzkörper 210 sind zwischen dem äußeren Lagerring 200 und einem mit der Welle 60 in Verbindung stehenden inneren Lagerring 220 angeordnet. Der innere Lagerring 220 kann Bestandteil des Lagers 70 sein oder zu der Welle 60 gehören; letzteres spielt für die Funktion der Lagerung jedoch keine Rolle.

Zwischen den Wälzkörpern 210 und den beiden Lageringen 200 und 220 befindet sich der Schmiermittelfilm 90. Wie bereits ausgeführt, ist es unerheblich, ob der äußere Lagerring 200 von dem Gehäuse 30 elektrisch isoliert ist oder mit diesem elektrisch in Verbindung steht.

Bei stehender Maschine 10 liegen die Wälzkörper 210 in dem inneren und äußeren Lagerring auf. Die Wälzkörper können Kugeln, Zylinder, Nadeln oder andere Bauformen sein. In aller Regel, vor allem bei sehr großen Maschinen, bestehen die Wälzkörper und die Lagerschalen aus Stahl. Dadurch wird bei einer ruhenden Maschine die Welle 60 mit dem Gehäuse 30 elektrisch kurzgeschlossen. Wenn sich die Welle 60 dreht, laufen die Wälzkörper 210 auf dem Schmiermittelfilm 90; letzterer wird aus einem keilförmigen Schmiermittelvorrat vor dem jeweiligen Wälzkörper gespeist. Der Schmiermittelfilm führt zu einer elektrischen Isolation, die von der Viskosität des Schmiermittels abhängt (ändert sich mit dem Alter, der Temperatur des Lagers etc.). Je nach Maschinengröße kann sich jetzt eine Spannung zwischen Welle 60 und Gehäuse 30 aufbauen, die von den Eigenschaften des Lagers, von der Motoransteuerung (z. B. Frequenzumrichter und dessen Abschluss am

Motor, etc.) und von der Qualität des Lagers selbst abhängen kann (Riefen, Rauigkeiten etc.). Bei einer gewissen Spannung versagt die Isolation des Schmiermittelfilms 90 (bei kleinen Motoren einige 10...12 V, bei großen 70...100 V), und es tritt
5 ein Lagerstrom auf. Die Messung des Lagerstroms wird beispielhaft weiter unten näher erläutert.

In der Figur 3 ist die Welle 60 im Querschnitt dargestellt, und zwar entlang eines Schnitts B-B gemäß Figur 1. Man er-
10 kennt die Elektrode 100, die zu der Welle 60 beabstandet angeordnet ist, so dass sich der Spalt S ausbildet. Die mit der Elektrode 100 verbundene Auswerteinrichtung ist in diesem Schnitt nicht erkennbar.

15 Im Zusammenhang mit der Figur 4 soll nun erläutert werden, wie die Auswerteinrichtung 120 gemäß Figur 1 arbeitet. Hierzu ist in der Figur 4 das elektrische Ersatzschaltbild der Auswerteinrichtung 120 beispielhaft gezeigt. Man erkennt in der Figur 4 die Messkapazität C, an der ein elektrischer Wider-
20 stand R angeschlossen ist. Dem Widerstand R ist ein elektrischer Komparator 300 nachgeordnet.

Kommt es nun zu einer Änderung des an der Welle 60 anliegenden elektrischen Potentials, beispielsweise weil ein elektrischer Entladungsstrom fließt, so wird sich demgemäß die
25 elektrische Spannung U_g zwischen der Welle 60 und der Gehäusemasse 140 ändern. Aufgrund dieser Spannungsänderung wird es einen elektrischen Verschiebestrom i geben, der durch den Widerstand R fließt und der zu einem Spannungsabfall an diesem
30 Widerstand R führt. Für den Strom i gilt näherungsweise:

$$i \approx C * dU_g/dt$$

Der Spannungsabfall an dem Widerstand R wird als Messspannung U_m weiterverwendet und in den Komparator 300 eingespeist. Der Komparator 300 vergleicht die Messspannung U_m mit einer vorgegebenen Mindestspannung und erzeugt ein einen Lagerstrom-
5 fluss anzeigendes Messsignal M_s , wenn die Messspannung U_m die vorgegebene Mindestspannung überschreitet.

Die Werte für R und C werden vorzugsweise jeweils an die Art der Maschine (Motor / Generator, Baugröße, Konstruktion,
10 Leistung) angepasst; hierzu werden beispielsweise mit unterschiedlichen Werten für R und C Testmessungen durchgeführt, bis ein R/C-Wertepaar mit für die jeweilige Maschine optimalen Messeigenschaften bestimmt worden ist.

Beispielsweise erzeugt der Komparator 300 ein binäres Messsignal, z. B. mit einer logischen 1, wenn die vorgegebene Mindestspannung überschritten wird. Stellt der Komparator 300
hingegen fest, dass die Spannung U_m die vorgegebene Mindestspannung nicht erreicht, so erzeugt er ausgangsseitig als
20 Messsignal M_s beispielsweise ein binäres Ausgangssignal mit einer logischen 0.

Die Auswerteinrichtung 120 macht sich zunutze, dass ein Entladungsstrom von der Welle 60 über die Lager 70 oder 80 zu
25 dem Gehäuse 30 stets zu einer relativ großen Spannungsänderung dU_g/dt führt und dass demgemäß im Falle eines Lagerstromflusses eine entsprechend große Spannung U_m auftreten wird, die von dem Komparator 300 feststellbar ist. Andere Stromflüsse hingegen, die nicht auf einer Entladung eines an
30 der Welle 60 anliegenden Potentials beruhen, werden in der Regel geringere zeitliche Änderungen aufweisen, so dass diese von der Auswerteinrichtung 120 nicht erfasst werden, da nämlich der Quotient dU_g/dt bei diesen anderen Stromflüssen zu gering sein wird.

In der Figur 5 ist eine alternative Ausführungsform für die Auswerteinrichtung 120 gemäß Figur 1 gezeigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die Auswerteinrichtung 120 neben dem Komparator 300 einen Bandpass 310 auf, der elektrisch zwischen dem elektrischen Widerstand R und dem Komparator 300 angeordnet ist.

Die Funktion des Bandpasses 310 besteht darin, Störfrequenzen, die nicht auf einen Entladevorgang an der Welle 60 zurückgehen, aus der Messspannung U_m herauszufiltern und eine gefilterte Messspannung U_m' zu bilden, damit Störfrequenzen die Arbeitsweise des Komparators 300 nicht beeinträchtigen. Vorzugsweise wird der Bandpass in einem Frequenzbereich zwischen 1 MHz und 100 MHz eine nur geringe Dämpfung aufweisen, da in diesem Frequenzbereich die von der Auswerteinrichtung 120 zu erfassenden Frequenzen des Entladestroms liegen werden. Außerhalb des genannten Frequenzbereichs zwischen 1 MHz und 100 MHz wird das Signal U_m unterdrückt.

In der Figur 6 ist ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Anordnung mit einer Maschine 10 und einer Messeinrichtung 20 gezeigt. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 die Ausgestaltung der Elektrode 100 anders gewählt. So erkennt man in der Figur 6, dass die Elektrode 100 nicht stabförmig an die Welle 60 herangeführt ist, wie dies beispielhaft in der Figur 3 gezeigt ist, sondern statt dessen eine ringförmige Öffnung 400 aufweist, durch die die Welle 60 hindurchgeführt ist. Der mechanische Aufbau der Elektrode 100 sowie die Anordnung der Welle 60 relativ zu der Elektrode 100 ist nochmals in der Figur 7 im Querschnitt entlang der Querschnittslinie B-B gemäß Figur 6 dargestellt. Man erkennt, dass die Elektrode 100 ringförmig ausgestaltet ist und sowohl bezüg-

lich ihrer Innenkontur als auch bezüglich ihrer Außenkontur kreisförmig ist. Aufgrund der kreisförmigen Innenkontur bildet sich zwischen der Welle 60 und der Elektrode 100 ein ringförmiger Spalt S.

5

Ein wesentlicher Vorteil der ringförmigen Ausgestaltung der Elektrode 100 ist darin zu sehen, dass im Falle einer Unwucht der Welle 60 ein deutlich geringerer Fehlerstrom auftreten wird als bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1. Dies soll
10 nachfolgend kurz näher erläutert werden:

Ist die Welle 60 bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 nicht ideal gelagert und tritt eine Unwucht auf, so wird sich der Abstand d zwischen der Welle 60 und der Elektrode 100
15 während der Rotation der Welle 60 ändern, so dass aufgrund des Zusammenhangs

$$i \approx C * dU_g/dt + U_g * dC/dt$$

20 neben dem elektrischen Verschiebestrom während einer elektrischen Entladung der Welle 60 zusätzlich auch ein Stromanteil auftritt, der nichts mit dem Entladevorgang zu tun hat und der allein auf die zeitliche Variation des Spalts S aufgrund der Unwucht der Welle zurückzuführen ist. Dieser Stromanteil
25 bzw. Fehlerstrom berechnet sich also gemäß:

$$I_f = U_g * dC/dt$$

Der Fehlerstrom I_f wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 nicht merklich stören, da nämlich im Falle einer Unwucht während der Rotation der Welle zwar manche Ringabschnitte zeitweise einen kleineren Abstand zur Welle aufweisen werden als sonst, jedoch die gegenüberliegenden Ringabschnitte im Gegenteil einen größeren Abstand zu der Welle 60

aufweisen werden. Es kommt also mit anderen Worten zu einer Kompensation und einer weitgehenden Eliminierung des Fehlerstroms, da diejenigen Ringabschnitte, die aufgrund eines geringeren Abstands zwischen Welle 60 und Ringelektrode 100
5 zeitweise zu einer großen Kapazität führen würden, von anderen Ringabschnitten kompensiert werden, deren Kapazitätsanteil aufgrund des größeren Abstands zwischen Welle 60 und Ringelektrode 100 gerade kleiner wird.

10 Zusammengefasst wird sich bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 aufgrund der ringförmigen Innenkontur der Elektrode 100 und damit aufgrund der Ringform des Spalts S eine bessere Messgenauigkeit als bei der Elektrodenausgestaltung gemäß Figur 1 ergeben.

15

In der Figur 8 ist ein drittes Ausführungsbeispiel für die Ausgestaltung der Elektrode 100 gemäß Figur 1 bzw. Figur 6 gezeigt. Die Figur 8 zeigt die Elektrode 100 im Querschnitt sowie die Anordnung der Welle 60, die durch die Elektrode 100
20 hindurchgeführt ist. Man erkennt in der Figur 8, dass die Elektrode 100 eine ringförmige Innenkontur aufweist, so dass sich ein ringförmiger Spalt S zwischen der Elektrode 100 und der Welle 60 bildet.

25 Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 ist die Elektrode 100 jedoch bezüglich ihrer Außenkontur 410 nicht ringförmig, sondern beliebig anders ausgestaltet.

Aufgrund der ringförmigen Innenkontur und aufgrund der Ringform des Spalts S ergibt sich wiederum die bereits im Zusammenhang mit den Figuren 6 und 7 erläuterte Fehlerkompensation
30 im Falle einer mechanischen Unwucht der Welle 60, da nämlich im Falle eines sich zeitlich ändernden Abstands d zwischen einzelnen Abschnitten der Elektrode 100 und der Welle 60 an-

dere, in der Regel die jeweils gegenüberliegenden Elektrodenabschnitte einen größeren Abstand aufweisen werden, so dass es insgesamt zu einer Kompensation des Fehlerstroms

5 $I_f = U_g * dC/dt$

kommen wird, weil der Faktor dC/dt sehr klein wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lagerstromüberwachung einer elektrischen Maschine (10), insbesondere eines Elektromotors oder eines elektrischen Generators, die eine in einem Gehäuse (30) mittels zumindest eines Lagers (70, 80) drehbar gelagerte Welle (60) aufweist,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- mit einer in einem Abstand (d) zu der Welle angeordneten Elektrode (100) und mit der Welle - aufgrund des Spalts (S) zwischen Elektrode und Welle - eine Messkapazität (C) gebildet wird und ein elektrischer Verschiebestrom (i) gemessen wird, der im Falle einer zeitlichen Änderung (dU_g/dt) der zwischen der Welle und dem Gehäuse anliegenden Spannung (U_g) durch diese Messkapazität fließt, und
- ein einen Lagerstromfluss anzeigendes Messsignal (M_s) erzeugt wird, wenn der Verschiebestrom oder eine mit diesem Verschiebestrom gebildete Messgröße ein vorgegebenes Auslösekriterium erfüllt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Messkapazität mit einer Elektrode gebildet wird, die eine kreisförmige Innenkontur (400) aufweist, durch die die Welle hindurchgeführt ist und die konzentrisch zu der Welle derart angeordnet ist, dass der Spalt ringförmig ist.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das Auslösekriterium als erfüllt angesehen wird, wenn der Verschiebestrom oder eine mit diesem Verschiebestrom gebildete Messgröße einen vorgegebenen Grenzstrom erreicht oder überschreitet.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
- der Verschiebestrom durch einen Widerstand (R) geleitet wird und
- 5 - das Auslösekriterium als erfüllt angesehen wird, wenn die an dem Widerstand abfallende Messspannung oder eine daraus abgeleitete Größe ein vorgegebenes Spannungsauslösekriterium erfüllt.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Spannungsauslösekriterium als erfüllt angesehen wird,
wenn die an dem Widerstand abfallende Messspannung oder eine
daraus abgeleitete Größe eine vorgegebene Grenzspannung er-
- 15 reicht oder überschreitet.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die an dem Widerstand abfallende Messspannung einer Hochpass-
- 20 und/oder Bandpassfilterung unterzogen wird und das Messsignal erzeugt wird, wenn die gefilterte Messspannung oder eine daraus abgeleitete Größe das vorgegebene Spannungsauslösekriterium erfüllt.
- 25 7. Anordnung mit einer elektrischen Maschine (10), insbesondere einem Elektromotor oder einem Generator, die eine in einem Gehäuse (30) mittels zumindest eines Lagers (70, 80) drehbar gelagerte Welle (60) aufweist, und mit einer Messeinrichtung (20) zur Lagerstromüberwachung,
- 30 dadurch gekennzeichnet, dass
- die Messeinrichtung eine in einem Abstand (d) zu der Welle angeordnete Elektrode (100) aufweist, die mit der Welle aufgrund des Spalts (S) zwischen der Welle und der Elektrode eine Messkapazität (C) bildet, und

- die Messeinrichtung eine Auswerteinrichtung (120) aufweist, die
 - mit der Elektrode verbunden ist und einen elektrischen Verschiebestrom (i) erfasst, der im Falle einer zeitlichen Änderung der zwischen der Welle und dem Gehäuse anliegenden Spannung (U_g) durch die Messkapazität fließt, und
 - ein einen Lagerstromfluss anzeigendes Messsignal erzeugt, wenn der Verschiebestrom oder eine mit diesem Verschiebestrom gebildete Messgröße ein vorgegebenes Auslösekriterium erfüllt.

8. Anordnung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 die Elektrode (100) eine kreisförmige Innenkontur aufweist, die konzentrisch zu der Welle angeordnet ist, so dass der Spalt ringförmig ist.

9. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche 7-8,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie das Auslösekriterium als erfüllt ansieht, wenn der Verschiebestrom oder eine mit diesem Verschiebestrom gebildete Messgröße einen vorgegebenen Grenzstrom erreicht oder überschreitet.
25

10. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche 7-9,
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Auswerteinrichtung einen elektrischen Widerstand aufweist, der an die Elektrode angeschlossen ist, und
30 - die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie das Auslösekriterium als erfüllt ansieht, wenn die an dem Widerstand abfallende Messspannung oder eine daraus abge-

leitete Größe ein vorgegebenes Spannungsauslösekriterium erfüllt.

11. Anordnung nach Anspruch 10,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie das
Auslösekriterium als erfüllt ansieht, wenn die an dem Wider-
stand abfallende Messspannung oder eine daraus abgeleitete
Größe eine vorgegebene Grenzspannung erreicht oder über-
10 schreitet.

12. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche 7-11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- die Auswerteinrichtung einen Hochpass und/oder Bandpass
15 (310) aufweist, der an den elektrischen Widerstand ange-
schlossen ist, und
- die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie
das Auslösekriterium als erfüllt ansieht, wenn die gefil-
terte Messspannung oder eine daraus abgeleitete Größe das
20 vorgegebene Spannungsauslösekriterium erfüllt.

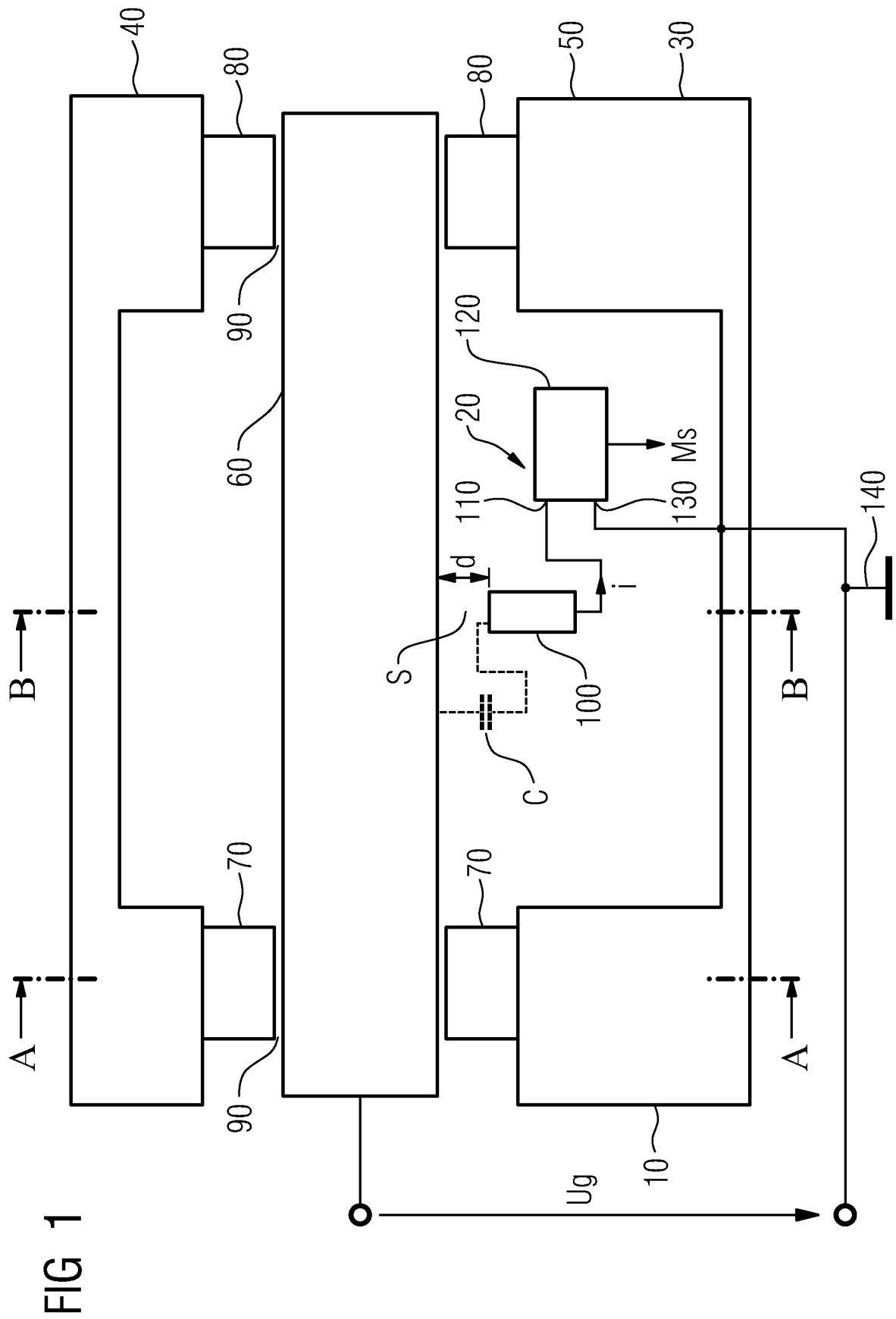


FIG 2

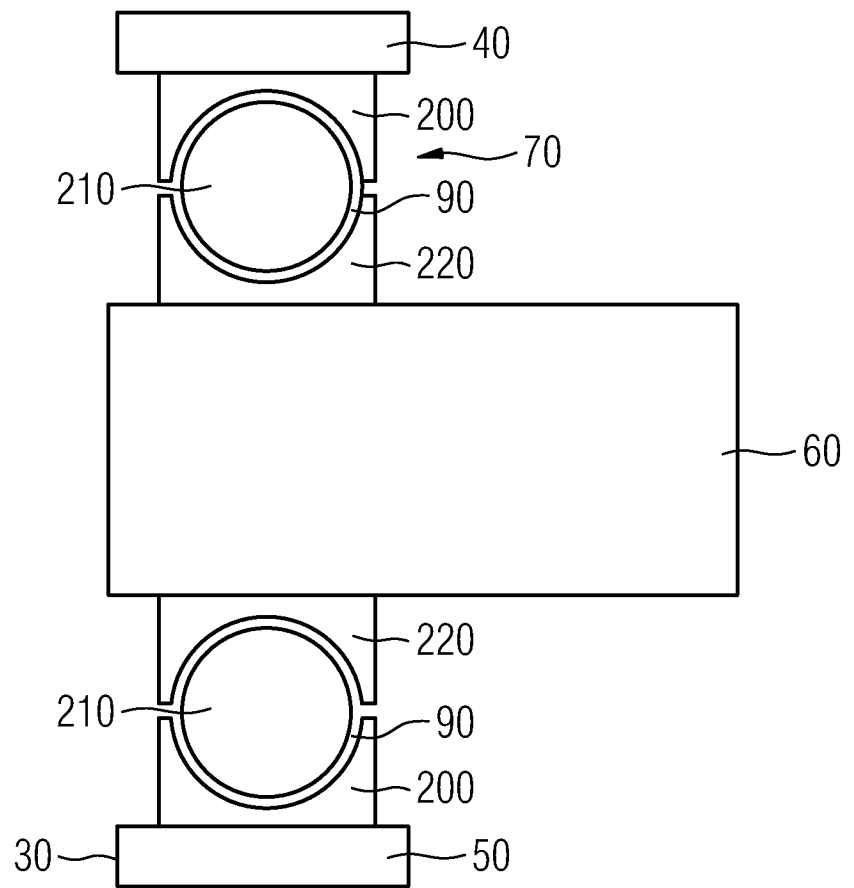


FIG 3

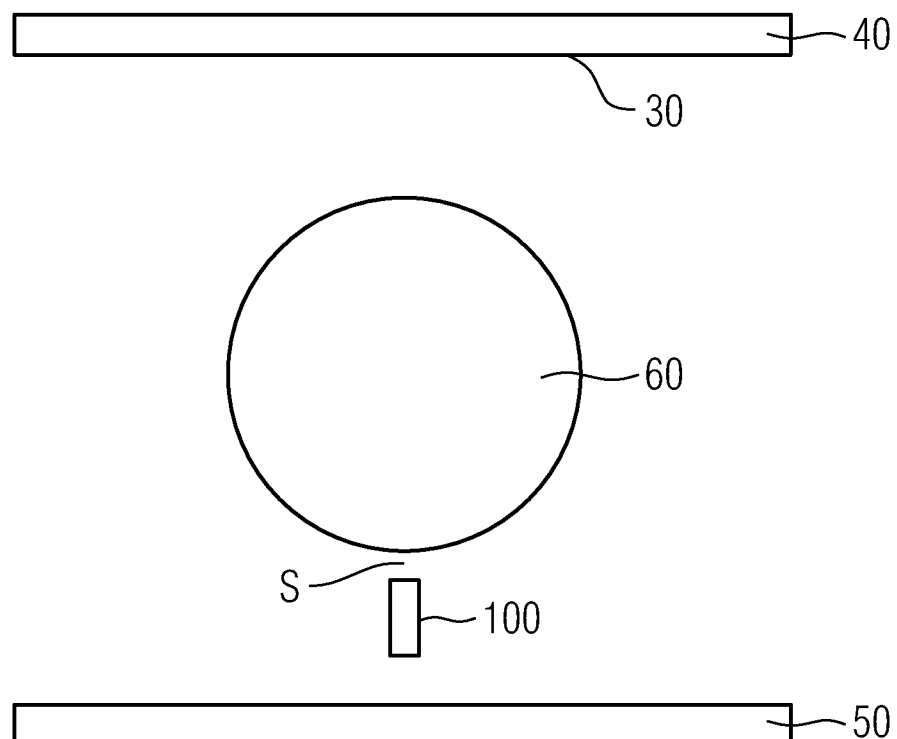


FIG 4

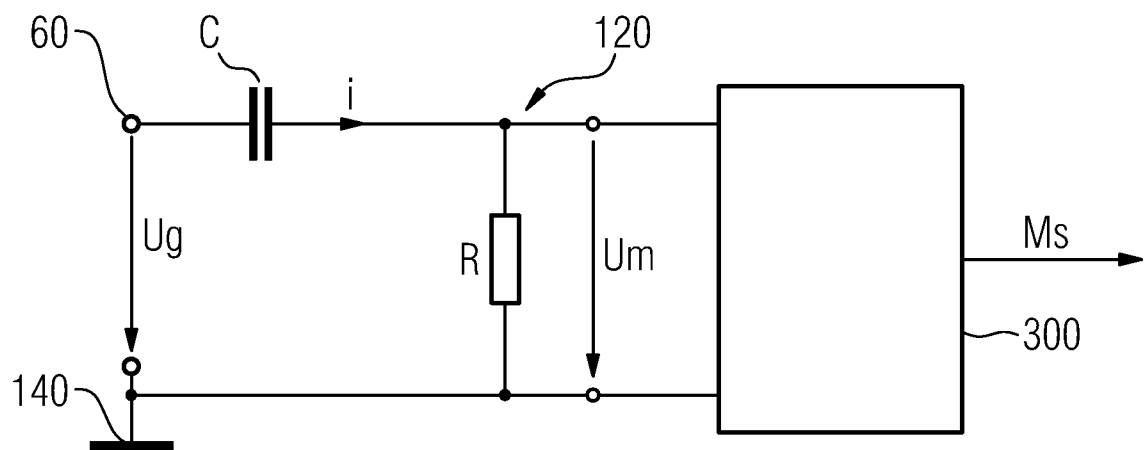


FIG 5

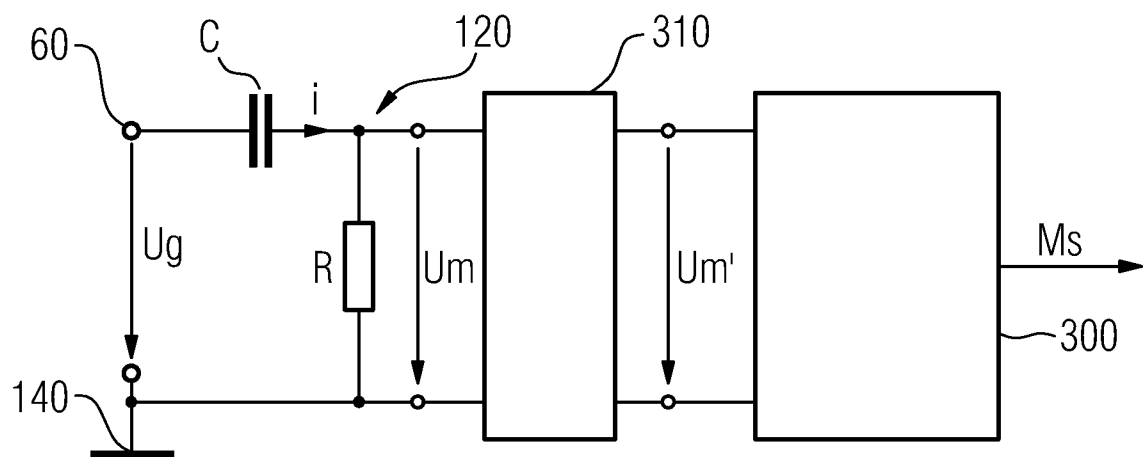


FIG 6

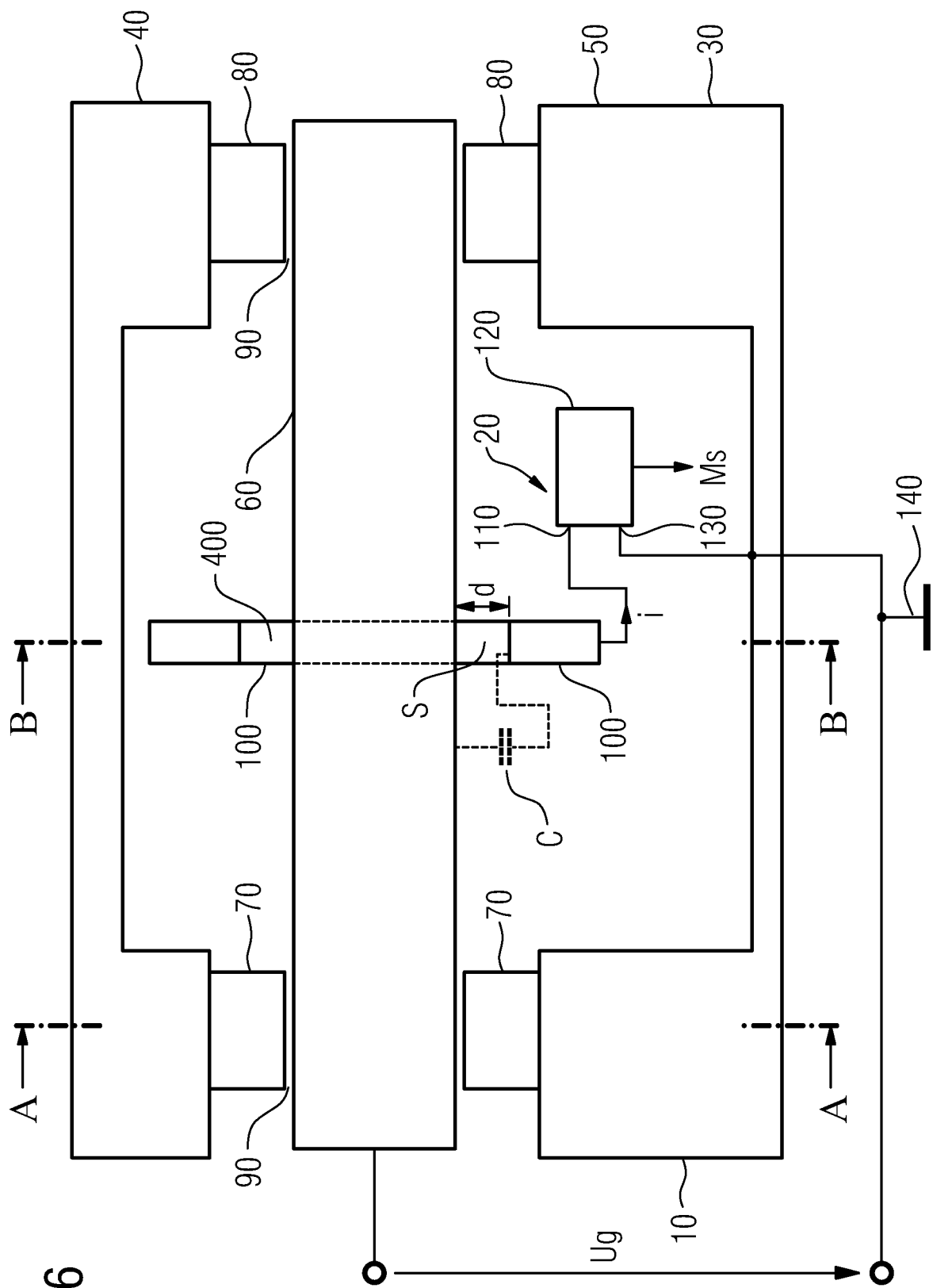


FIG 7

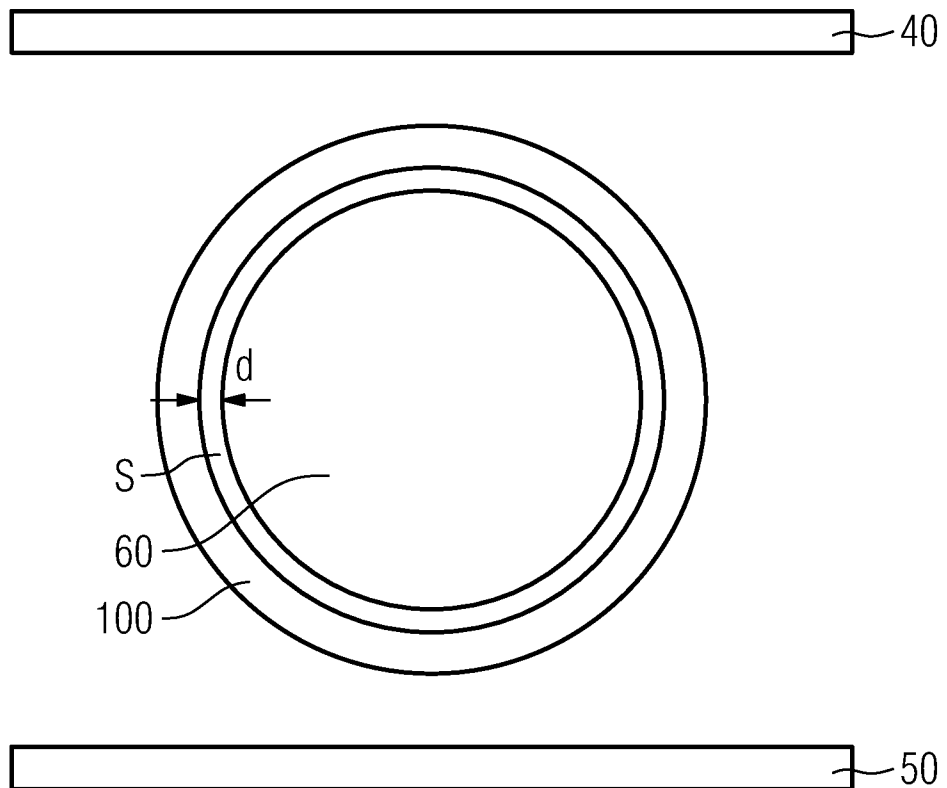
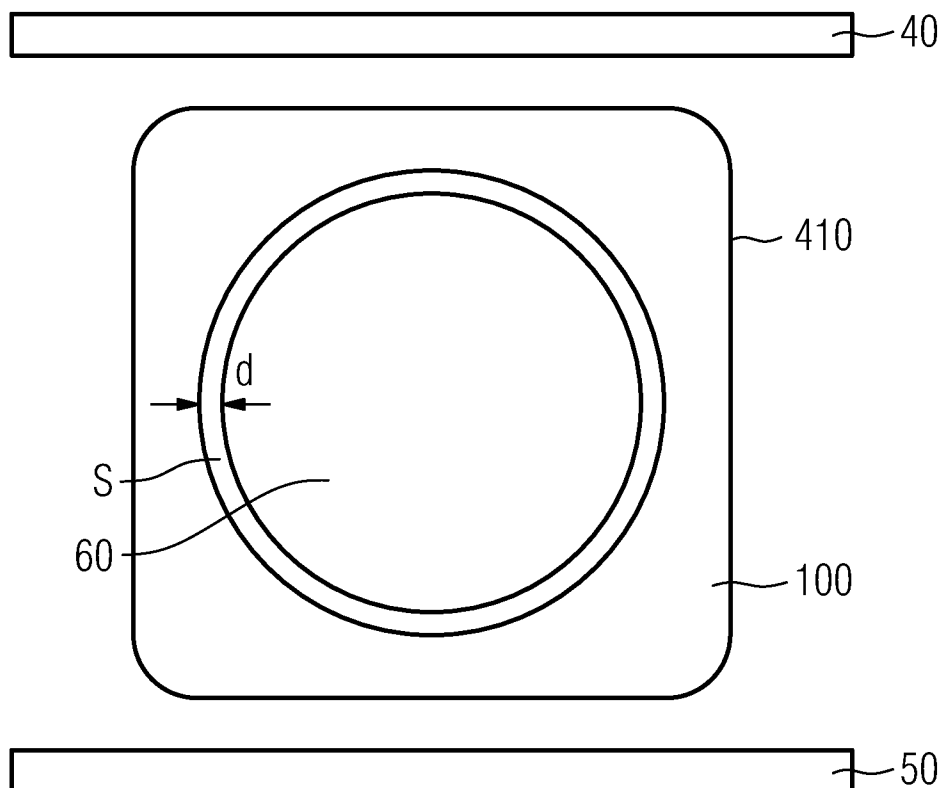


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/059341

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H02K11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/134068 A (SIEMENS AG [DE]; BRAUER MICHAEL [DE]; HASSEL JOERG [DE]; PROBOL CARSTE) 21 December 2006 (2006-12-21) cited in the application page 6, line 30 - page 11, line 13; figures 1,4,5	1-12
A	US 4 511 837 A (VERMEIREN KAREL N [NL] ET AL) 16 April 1985 (1985-04-16) column 1, line 6 - line 11 column 2, line 14 - column 3, line 10; figures 1-3	1,2,7,8
A	US 4 147 982 A (EMERY FRANKLIN T) 3 April 1979 (1979-04-03) column 3, line 25 - line 65; figure 3	6,12
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 Dezember 2009

Date of mailing of the international search report

18/12/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sedlmeyer, Rafael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/059341

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No:
A	WO 89/10533 A (FRANEK FRIEDRICH [AT]; ABRAHAM GERHARD [AT]) 2 November 1989 (1989-11-02) page 10, paragraph 3 - page 13, paragraph 4; figures 1,4 -----	1,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/059341

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006134068 A	21-12-2006	DE 102005027670 A1	11-01-2007
US 4511837 A	16-04-1985	CA 1201506 A1	04-03-1986
		DE 3268647 D1	06-03-1986
		EP 0068568 A1	05-01-1983
		ES 8308424 A1	16-11-1983
		JP 58007535 A	17-01-1983
		NL 8103161 A	17-01-1983
US 4147982 A	03-04-1979	NONE	
WO 8910533 A	02-11-1989	AT 398844 B	27-02-1995
		AT 80454 T	15-09-1992
		EP 0412974 A1	20-02-1991

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H02K11/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H02K G01R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2006/134068 A (SIEMENS AG [DE]; BRAUER MICHAEL [DE]; HASSEL JOERG [DE]; PROBOL CARSTE) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) in der Anmeldung erwähnt Seite 6, Zeile 30 - Seite 11, Zeile 13; Abbildungen 1,4,5	1-12
A	US 4 511 837 A (VERMEIREN KAREL N [NL] ET AL) 16. April 1985 (1985-04-16) Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 11 Spalte 2, Zeile 14 - Spalte 3, Zeile 10; Abbildungen 1-3	1,2,7,8
A	US 4 147 982 A (EMERY FRANKLIN T) 3. April 1979 (1979-04-03) Spalte 3, Zeile 25 - Zeile 65; Abbildung 3	6,12
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen
 ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Dezember 2009

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/12/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sedlmeyer, Rafael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 89/10533 A (FRANEK FRIEDRICH [AT]; ABRAHAM GERHARD [AT]) 2. November 1989 (1989-11-02) Seite 10, Absatz 3 - Seite 13, Absatz 4; Abbildungen 1,4 -----	1,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059341

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006134068 A	21-12-2006	DE 102005027670 A1	11-01-2007
US 4511837 A	16-04-1985	CA 1201506 A1	04-03-1986
		DE 3268647 D1	06-03-1986
		EP 0068568 A1	05-01-1983
		ES 8308424 A1	16-11-1983
		JP 58007535 A	17-01-1983
		NL 8103161 A	17-01-1983
US 4147982 A	03-04-1979	KEINE	
WO 8910533 A	02-11-1989	AT 398844 B	27-02-1995
		AT 80454 T	15-09-1992
		EP 0412974 A1	20-02-1991