

(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  
22. Oktober 2009 (22.10.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/127562 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
G01R 31/34 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/054192
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
8. April 2009 (08.04.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 001 183.5  
15. April 2008 (15.04.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOBELBERGER, Max [DE/CH]; Römerstrasse 23, CH-5303 Würenlingen (CH).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ALSTOM TECHNOLOGY LTD; CHTI Intellectual Property, Brown Boveri Strasse 7/664/2, CH-5401 Baden (CH).
- (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, 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, 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, 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 FOR MONITORING AN ELECTRODYNAMIC MOTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINER ELEKTRODYNAMISCHEN MASCHINE

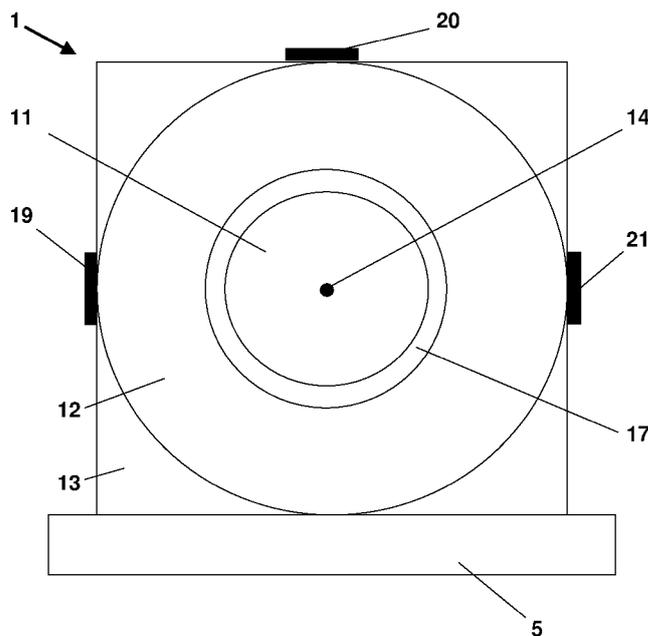


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring an electrodynamic motor comprising a rotor arrangement (11) which is rotatably mounted in a stator (12). According to said method, at least one measuring variable depending on a magnetic field generated by the electrodynamic motor is detected and evaluated in order to analyse mechanical, electrical and/or magnetic properties of the rotor arrangement (11). The invention is characterised in that the at least one measuring variable is detected on or outside a surface of the stator (12), facing away from the rotor arrangement (11), by means of a sensor.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamicen Maschine, die eine innerhalb eines Stators (12) drehbar gelagerte Rotoranordnung (11) aufweist, bei dem zur Beurteilung von mechanischen, elektrischen und/oder magnetischen Eigenschaften der Rotoranordnung (11) wenigstens eine Messgröße erfasst und ausgewertet wird, die von einem von der elektrodynamicen Maschine erzeugten Magnetfeld abhängt. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die wenigstens eine Messgröße an oder ausserhalb einer von der Rotoranordnung (11) abgewandten Oberfläche des Stators (12) sensorisch erfasst wird.

WO 2009/127562 A2

**Veröffentlicht:**

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

5

## Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamischen Maschine

### 10 **Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamischen Maschine, die eine innerhalb eines Stators drehbar gelagerte Rotoranordnung aufweist, bei dem zur Beurteilung von mechanischen, elektrischen und/oder magnetischen Eigenschaften der Rotoranordnung wenigstens eine Messgröße erfasst und  
15 ausgewertet wird, die von einem von der elektrodynamischen Maschine erzeugten Magnetfeld abhängt.

### **Stand der Technik**

20 Elektrodynamische Maschinen wandeln mechanische Energie in elektrische Energie (Generatorbetrieb) beziehungsweise elektrische Energie in mechanische Energie (Elektromotorbetrieb) um. Die Umwandlung beruht auf der Lorentzkraft, die auf bewegte Ladungen in einem Magnetfeld wirkt.

25 Im Nachfolgenden wird beispielhaft, ohne eine Einschränkung vornehmen zu wollen, auf elektrodynamische Maschinen, die als Generatoren arbeiten, eingegangen. Insbesondere beziehen sich die Ausführungen auf großtechnische Anlagen, zum Beispiel große Synchrongeneratoren wie sie unter anderem bei der industriellen Stromerzeugung eingesetzt werden.

30

Der Generator besteht aus einem auf einer Drehachse gelagerten Rotor, der sich innerhalb eines fest stehenden Stators mit einer Rotor-Drehfrequenz dreht. Der Rotor

erzeugt bei Rotation ein umlaufendes magnetisches Gleichfeld, das in den Statorwicklungen eine sinusförmige elektrische Spannung und damit einen sinusförmigen Strom induziert. Das Gleichfeld des Rotors wird durch stromdurchflossene Wicklungen erzeugt, die in Nuten, die parallel zur Drehachse verlaufen, angeordnet sind. Die  
5 Wicklungen bestehen bei großtechnischen Anlagen beispielsweise aus hohlen Metallbändern, deren äußere Oberflächen mittels einer Kunststoffschicht untereinander elektrisch isoliert sind. Im Inneren der hohlen Metallbänder zirkuliert zumeist ein Kühlmedium.

10 Während des Betriebs wirken auf die Rotorwicklungen, bedingt durch die Zentrifugalkräfte hohe mechanische Kräfte sowie bedingt durch Ohmsche Wärme thermische Belastungen, die zu mechanischen Deformationen führen können. Derartige Deformationen führen unter ungünstigen Umständen dazu, dass die Isolationsschicht der Wicklungen lokal beschädigt wird, so dass so genannte Rotorwindungsschlüsse auf-  
15 treten können. Diese bewirken ihrerseits, dass sich der Rotor ungleichmäßig erwärmt, was zu einer ungleichmäßigen Deformation des Rotors und damit zu Unwuchten und Vibrationen der aus Rotor und Welle bestehenden Rotoranordnung führt. Bei zu großen Vibrationen muss die Maschine abgeschaltet werden, um eine Schädigung der Maschine zu verhindern.

20

Eine andere Ursache für Vibrationen können auch ungleichmäßige Polanordnungen des durch den Rotor erzeugten Magnetfeldes sein.

Elektrodynamische Maschinen, insbesondere große Generatoren, werden daher  
25 während des Betriebs überwacht, um beispielsweise Rotorwindungsschlüsse oder Vibrationen frühzeitig zu erkennen und um somit Schäden an der Maschine vermeiden zu können.

Eine beispielsweise aus US 3,506,914 bekannte Methode zur Detektion von Rotorwindungsschlüssen ist die sogenannte Streufeldmessung, bei der mit Hilfe von Luftspaltsensoren, die im Luftspalt zwischen Rotor und Stator angebracht sind, das vom  
30 Rotor erzeugte tangential zur Rotoroberfläche verlaufende magnetische Streufeld

gemessen wird. Dabei wird ausgenutzt, dass Windungsschlüsse eine im Luftspalt messbare Modifikation des Streufeldes bewirken.

Die Überwachung mittels Luftspaltsensoren weist jedoch einige Nachteile auf. Durch die mechanische Exponiertheit der Sensoren besteht die Gefahr der Beschädigung der Luftspaltsensoren, insbesondere dann, wenn in gewissen zeitlichen Intervallen die Rotoren ausgebaut, gewartet und wieder eingesetzt werden. Außerdem kommen Messtechniken zum Einsatz, mit denen bei eingebautem Rotor mittels beweglicher Sonden Diagnosemessungen im Luftspalt durchgeführt werden können. Hierbei kann es durch die Diagnosesonden zu Beschädigungen der Luftspaltsensoren kommen oder aber zur Behinderung der Diagnosemessung durch die Luftspaltsensoren.

Ein weiterer Nachteil liegt in dem erheblichen konstruktiven, und damit verbunden finanziellen Aufwand, der für Leitungsführungen, Dichtungen etc. betrieben werden muss. Besonders gravierend ist dies bei Turbogeneratortypen, die zu Kühlzwecken mit druckbeaufschlagtem Wasserstoffgas gefüllt sind. In diesen Fällen werden besonders teure gasdichte Durchführungen notwendig. Zudem befinden sich der Luftspaltsensor und dessen Signalleitungen im Hochspannungsbereich des Generators, was weitere Maßnahmen zur Reduktion des Betriebsrisikos erfordert.

Ein zusätzlicher Nachteil dieser Luftspaltsensoren besteht darin, dass Reparaturen am Sensor während des Betriebes der Maschine in der Regel nicht möglich sind. Üblicherweise muss hierfür der Rotor freigelegt werden, um den defekten Sensor oder das Signalkabel zu erreichen.

Neben der vorstehend beschriebenen Streufeldmessung im Luftspalt zwischen Rotor und Stator wird in einem Artikel von Prof. Simond: „Unbalanced Magnetic Pull and Air-Gap Monitoring for Large Hydrogenerators“, UMP-Monitoring/EPF-Lausanne, Dec.2004, die Messung des magnetischen Feldes mit im Stator-Blechkpaket angeordneten Feldsensoren beschrieben. Nachteilig ist auch in diesem Falle, dass die erforderlichen Sensoren im Betrieb nicht oder nicht leicht zugänglich sind. Wiederrum werden spezielle, zum Beispiel aufgrund der Wasserstofffüllung druckfeste und gas-

dichte Gehäusedurchführungen benötigt. Weiters können bei mechanischen Defekten die Sensorteile beispielsweise in die Lüftungskanäle der Maschine gelangen und den Betrieb gefährden. Die Beseitigung dieser Nachteile erfordert zusätzliche, nicht unerhebliche finanzielle Anstrengungen.

5

### **Darstellung der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamischen Maschine anzugeben, die eine innerhalb eines Stators drehbar gelagerte Rotoranordnung aufweist, bei dem zur Beurteilung von mechanischen, elektrischen und/oder magnetischen Eigenschaften der Rotoranordnung wenigstens eine Messgröße erfasst und ausgewertet wird, die von einem von der elektrodynamischen Maschine erzeugten Magnetfeld abhängt. Insbesondere sollen mit dem Verfahren auf kostengünstige, wartungsarme und ungefährliche Art und Weise nützliche Informationen über das magnetische Hauptfeld der elektrodynamischen Maschine gewonnen werden können.

Die Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Das lösungsgemäße Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamischen Maschine in vorteilhafter Weise weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der weiteren Beschreibung, insbesondere unter Bezugnahme auf das Ausführungsbeispiel, zu entnehmen.

Lösungsgemäß zeichnet sich das Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamischen Maschine gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 dadurch aus, dass die wenigstens eine Messgröße an oder außerhalb einer von der Rotoranordnung abgewandten Oberfläche des Stators sensorisch erfasst wird.

Elektrodynamische Maschinen, speziell große Kraftwerksgeneratoren, weisen an der äußeren Oberfläche der Maschine ein ausgeprägtes magnetisches Streufeld auf. Dieses magnetische Streufeld wird vom magnetischen Hauptfeld, das durch den Stromfluss in den Rotorwicklungen erzeugt wird, gemäß den magnetischen Streu-

30

ungsgesetzen erzeugt und ist diesem strukturmäßig eng verwandt. Der Feldaustritt verläuft an der metallischen Oberfläche der Maschine typischerweise senkrecht zu derselben. Durch Kurzschlussströme, die beispielsweise in den Zugstangenkonstruktionen an der Außenseite des Blechpakets der Statoranordnung kreisen, wird das  
5 Feld modifiziert. Aufgrund der senkrechten Orientierung durchdringt das Streufeld auch das den Generator üblicherweise umhüllende Stahlgehäuse, wobei Wirbelströme im Gehäuse wiederum eine Modifikation des Feldes bewirken.

Bisher ging man davon aus, dass aussagekräftige Messwerte, beispielsweise zur  
10 Detektion von Windungsschlüssen, vor allem durch Magnetfeldmessungen im Luftspalt gewonnen werden können, wo zum einen ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis und zum anderen eine direkte Zuordnung von Messwert und Zustand der Windungen gegeben ist.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass wichtige Strukturkennzeichen des von  
15 der Maschine erzeugten Hauptfeldes und des Luftspaltfeldes nicht nur im Luftspalt messbar sind, sondern in modifizierter Form auch im Streufeld erkennbar sind, das an oder außerhalb der Oberfläche der elektrodynamischen Maschine, beispielsweise an der äußeren Oberfläche des Statorblechpakets, dem so genannten „Blechrücken“,  
20 oder aber auch an der äußeren Oberfläche des Gehäuses, gemessen werden kann.

Vorzugsweise werden mit dem Verfahren Rotor-Windungsschlüsse, Vibrationen des Rotors, insbesondere auch Torsionalvibrationen und/oder magnetisch ungleichmäßige Polanordnungen der Rotoranordnung detektiert, die zu veränderten mechani-  
25 schen, elektrischen und/oder magnetischen Eigenschaften der Rotoranordnung führen. Hierbei ersetzt die erfindungsgemäße Messung der wenigstens einen Messgröße an oder außerhalb einer von der Rotoranordnung abgewandten Oberfläche des Stators die Messung des Magnetfeldes im Luftspalt. Somit können die gravierenden Nachteile, die mit der Luftspaltmessung verbunden sind, wie mechanische Expo-  
30 niertheit der Sensoren, Unzugänglichkeit der Sensoren während des Betriebs, konstruktiver Mehraufwand oder aufwändige Dichtungen und Durchführungen, vermieden werden.

Darüber hinaus lassen sich mit dem lösungsgemäßen Verfahren sowohl eine dauerhafte, kontinuierliche Überwachung mittels fest installierter Sensoren realisieren. Genauso ist es jedoch möglich, eine Diagnose mit einer mobilen Messeinrichtung durchzuführen.

Besonders bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem das Magnetfeld selbst mittels eines magnetfeldsensiblen Sensors in Art einer Spule, einer Leiterschleife, eines Hallsensors oder eines magnetoresistiven Messaufnehmers erfasst wird. Dabei wird der magnetfeldsensible Sensor vorzugsweise an der Oberfläche des Stators oder außen am Gehäuse angebracht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden mehrere magnetfeldsensible Sensoren, beispielsweise im gleichen umfangmäßigen Abstand, außerhalb um den Stator angeordnet. Hierbei ermöglicht die symmetrische Anordnung zusätzliche Diagnosemöglichkeiten wie beispielsweise die Untersuchung der reinen Drehkomponenten des Feldes.

Insbesondere wird das Spektrum des Streufeldes, das heisst, das magnetische Feld in Abhängigkeit der Frequenz untersucht, wobei dem Spektrum des Streufeldes Informationen über das Spektrum des Luftspaltfeldes entnehmbar sind. Dabei ist besonders bevorzugt, dass die wenigstens eine sensorisch erfasste Messgröße im Frequenzbereich analysiert wird.

Vorzugsweise wird auf der Grundlage der wenigstens einen sensorisch erfassten Messgröße ein Amplitudenspektrum und/oder ein Phasenspektrum erstellt und analysiert. Im Rahmen der Analyse werden das Amplitudenspektrum und/oder das Phasenspektrum vorzugsweise durch Vergleich mit einem Soll-Amplitudenspektrum bzw. Soll-Phasenspektrum bewertet, das einem Referenzbetriebszustand der Rotoranordnung entspricht.

Insbesondere weisen erhöhte Pegel im Amplituden- bzw. Phasenspektrum im Vergleich zu dem jeweiligen Sollspektrum auf eine Störung in der Rotoranordnung hin. Zur Detektion von Rotorwindungsschlüssen können das Amplituden- oder das Phasenspektrum analysiert werden. Insbesondere weisen erhöhte Pegel im Amplitudenspektrum, die insbesondere jeweils bei geradzahligen Vielfachen der Rotor-  
5 Drehfrequenz auftreten, auf Rotorwindungsschlüsse hin. Hierbei ist zu beachten, dass im Soll-Amplitudenspektrum, das dem störungsfreien Betrieb entspricht, keine oder nur relativ kleine geradzahlige Vielfache zu erkennen sein sollten, zumindest, wenn der Einfluss der Phasenströme der Maschine und der Einfluss der aus dem  
10 Netz stammenden geradzahligen Feldharmonischen korrigiert sind. Wenn dann geradzahlige Vielfache im Spektrum auftreten, ist dies ein Hinweis auf Rotorwindungsschlüsse.

Erhöhte Pegel im Amplitudenspektrum können insbesondere auch auf magnetisch  
15 ungleichmäßige Polanordnungen des Rotors und damit auf Feldverzerrungen hinweisen. Im Unterschied zum Spektrum bei Rotorwindungsschlüssen wird jedoch das gesamte Spektrum verändert.

Aus dem Amplituden- bzw. Phasenspektrum können bevorzugt auch Informationen  
20 über das Vorliegen von Vibrationen der Rotoranordnung, insbesondere in Form von Torsionalvibrationen entnommen werden. Hier deutet eine Verbreiterung spektraler Linien im Amplitudenspektrum und/oder im Phasenspektrum im Vergleich zum Soll-Amplitudenspektrum bzw. Soll-Phasenspektrum auf das Vorhandensein von unerwünschten Vibrationen hin. Insbesondere werden dabei die Spektrallinien der Rotor-  
25 frequenz und/oder ihrer Harmonischen und/oder Nebenlinien der Rotorfrequenz und/oder ihrer Harmonischen untersucht.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die wenigstens  
eine sensorisch erfasste Messgröße im Zeitbereich analysiert. Dabei ist besonders  
30 bevorzugt, dass die sensorisch erfasste Messgröße zeitlich differenziert und/oder gefiltert wird.

Besonders bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens zeichnen sich dadurch aus, dass zur Erhöhung der Messgenauigkeit beim Auswerten der wenigstens einen Messgröße ein Einfluss von Phasenströmen der elektrodynamischen Maschine kompensiert wird. Insbesondere werden die Phasenströme der Maschine gemessen und  
5 geeignet zu den erfassten Messsignalen, beispielsweise der Feldspulen, addiert oder subtrahiert. Zu Grunde liegt hierbei die Erkenntnis, dass das Hauptfeld und somit auch das äußere Streufeld durch die gemeinsame magnetische Wirkung von Statorstrom und Rotorstrom erzeugt werden. Insbesondere ergibt sich die Möglichkeit, den Einfluss von aus dem Netz stammenden geradzahigen Vielfachen der Rotor-  
10 Drehfrequenz im Spektrum zu verringern.

Weiterhin ist bevorzugt, dass bei dem Verfahren eine axiale und/oder eine tangentialle Komponente des Magnetfeldes erfasst und getrennt ausgewertet werden. Die axiale Komponente verläuft dabei parallel zur Rotor-Drehachse. Die tangentialle Komponente liegt in einer Ebene senkrecht zur Rotor-Drehachse und tangential zur Oberfläche. Hierbei wird insbesondere ein Sensor in zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen jeweils so ausgerichtet, dass entweder die axiale oder die tangentialle Komponente erfasst wird. Im Falle von mehreren Sensoren kann in bevorzugter Weise die Erfassung der axialen bzw. tangentialen Komponente durch entsprechende Aus-  
15 richtung der Sensoren gleichzeitig erfolgen.  
20

Besonders bevorzugt ist darüber hinaus, dass zur Erfassung des Magnetfeldes mindestens ein Sensor eingesetzt wird, der ein die Messgröße repräsentierendes Messsignal generiert, das einer Vorverstärkung und/oder einer Filterung unterzogen wird.  
25 Auch wird bevorzugt, dass das Messsignal drahtlos, beispielsweise über eine Funkverbindung, zur Auswertung oder weiteren Verarbeitung übermittelt wird. Selbstverständlich kann die Weitergabe der Messdaten aber auch über Kabel erfolgen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zeichnet sich dadurch  
30 aus, dass der mindestens eine Sensor die für den Sensorbetrieb erforderliche elektrische Energie aus dem von der elektrodynamischen Maschine erzeugten Magnetfeld gewinnt, so dass der Sensor vollständig autark eingesetzt werden kann.

Anstelle der direkten Erfassung des Magnetfeldes können auch in vorteilhafter Weise durch das Streufeld induzierte Schleifenströme, beispielsweise in den Zugstäben des Statorblechpaketes oder aber auch in Fundamentkreisen der Eisenarmierung oder Erdungskreisen, erfasst werden, die auch Strukturmerkmale des magnetischen Maschinenfeldes enthalten. Dazu werden entsprechende Sensoren an geeigneten Stellen, wie z.B. an den Erdungsschienen angebracht.

### 10 **Kurze Beschreibung der Erfindung**

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

15 Fig. 1 schematischer Schnitt durch einen Generator mit außerhalb des Luftspaltes angebrachten Sensoren und

Fig. 2 schematischer Schnitt durch einen Generator mit herkömmlichem Luftspaltsensor nach dem Stand der Technik

20

### **Wege zur Ausführung der Erfindung**

Figur 1 zeigt einen schematisierten Querschnitt durch eine Generatoranordnung 1.

25 Das senkrecht zur Rotor-Drehachse 14 orientierte Schnittbild zeigt einen auf einem Fundament 5 ruhenden Generator 1, der einen Rotor 11, einen Stator 12 und ein Gehäuse 13 aufweist. Der Rotor 11 ist innerhalb des Stators 12 um die Rotor-Drehachse 14 drehbar gelagert angeordnet und schließt mit dem Stator 12 einen Luftspalt 17 ein. Mittels drei außerhalb des Statorgehäuses 13 angebrachter Magnetfeldsensoren 19, 20, 21 wird das magnetische Streufeld außerhalb der Generatoranordnung 1 erfasst.

30

Figur 2 stellt gleichsam einen Querschnitt durch die Generatoranordnung 1 dar mit weiteren Details zur Magnetfelderzeugung. Der Rotor 11 ist in dem Stator 12 auf einer Drehachse 14 drehbar gelagert angeordnet. Der Rotor 11 weist in Nuten 15 verlaufende stromdurchflossene Rotorwicklungen 16 auf, die das magnetische Hauptfeld 2 erzeugen. Der Verlauf der Magnetfeldlinien des Hauptfeldes 2 ist durch Pfeile innerhalb des Rotors 11, des Luftspaltes 17 sowie durch die strichlierte Linienführung im Statorbereich 12 veranschaulicht. Neben dem Hauptfeld 2, dessen Feldlinien im Wesentlichen orthogonal zur Rotoroberfläche austreten, bildet sich im Luftspalt 17 ein Luftspaltstreufeld 3 mit zur Rotoroberfläche tangentialen Feldkomponenten aus, das bei den üblichen Messungen mit so genannten Luftspaltsensoren 18 vermessen wird. Das Bezugszeichen 4 bezieht sich auf das außerhalb des Generators 1 auftretende Streufeld, das es mit Hilfe der in Figur 1 illustrierten Magnetfeldsensoren 19, 20, 21 zu erfassen und entsprechend auszuwerten gilt.

**Bezugszeichenliste**

1	Generator
2	Hauptfeld
3	Luftspaltfeld
4	Streufeld
5	Fundament
11	Rotor
12	Stator
13	Gehäuse
14	Rotor-Drehachse
15	Nut
16	Rotorwicklungen
17	Luftspalt
18	Luftspaltsensor
19, 20, 21	Magnetfeldsensor

### Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Überwachung einer elektrodynamischen Maschine, die eine innerhalb eines Stators (12) drehbar gelagerte Rotoranordnung (11) aufweist, bei dem zur Beurteilung von mechanischen, elektrischen und/oder magnetischen Eigenschaften der Rotoranordnung (11) wenigstens eine Messgröße erfasst und ausgewertet wird, die von einem von der elektrodynamischen Maschine erzeugten Magnetfeld abhängt,  
10 dadurch **gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Messgröße an oder außerhalb einer von der Rotoranordnung (11) abgewandten Oberfläche des Stators (12) sensorisch erfasst wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass als mechanische, elektrische und/oder magnetische Eigenschaften Rotor-Wicklungsschlüsse, Vibrationen des Rotors, insbesondere Torsionalvibrationen, und/oder magnetisch ungleichmäßige Polanordnungen der Rotoranordnung (11) detektiert werden.  
20
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass zum Erfassen der vom Magnetfeld abhängigen  
25 Messgröße ein magnetfeldsensibler Sensor (19, 20, 21) in Art einer Spule, einer Leitchleife, eines Hallsensors oder eines magnetoresistiven Messaufnehmers eingesetzt wird.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass mehrere magnetfeldsensible Sensoren (19, 20, 21) um den Stator (12) angeordnet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine sensorisch erfasste Messgröße im Frequenzbereich analysiert wird.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass auf der Grundlage der wenigstens einen sensorisch erfassten Messgröße ein Amplitudenspektrum und/oder ein Phasenspektrum erstellt und analysiert werden.

10

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Amplitudenspektrum und/oder das Phasenspektrum durch Vergleich mit einem Soll-Amplitudenspektrum bzw. Soll-Phasenspektrum bewertet werden, das einem Referenzbetriebszustand der Rotoranordnung (11) entspricht.

15

8. Verfahren nach Anspruch 2 und 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung von Rotor-Windungsschlüssen im Amplitudenspektrum erhöhte Pegel jeweils bei geradzahliger Vielfacher einer Rotor-Drehfrequenz ermittelt werden.

20

25

9. Verfahren nach Anspruch 2 und 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung von Rotor-Windungsschlüssen das Phasenspektrum analysiert wird.

30

10. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung magnetisch ungleichmäßiger Pol-

anordnungen des Rotors (11) erhöhte Pegel im Amplitudenspektrum ermittelt werden.

5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung von Vibrationen der Rotoranordnung (11), insbesondere in Form von Torsionalvibrationen, eine Verbreiterung spektraler Linien im Amplitudenspektrum und/oder im Phasenspektrum herangezogen wird.

10

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Spektrallinien der Rotor-Drehfrequenz und/oder ihrer Harmonischen und/oder Nebenlinien der Rotor-Drehfrequenz und/oder ihrer  
15 Harmonischen untersucht werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine sensorisch erfasste Messgröße  
20 im Zeitbereich analysiert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die sensorisch erfasste Messgröße zeitlich differenziert und/oder gefiltert wird.  
25

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass beim Auswerten der wenigstens einen Messgröße  
30 ein Einfluss von Phasenströmen der elektrodynamischen Maschine kompensiert wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass eine axiale und/oder eine tangentielle Komponente  
des Magnetfeldes erfasst und getrennt ausgewertet werden.

5

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Erfassung des Magnetfeldes mindestens ein  
Sensor (19, 20, 21) eingesetzt wird, der ein die Messgröße repräsentierendes Mess-  
signal generiert, das einer Vorverstärkung und/oder einer Filterung unterzogen wird.

10

18. Verfahren nach Anspruch 17,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass das Messsignal drahtlos zur Auswertung oder weite-  
ren Verarbeitung übermittelt wird.

15

19. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Sensor (19, 20, 21) eine für den  
Sensorbetrieb erforderliche elektrische Energie aus dem von der elektrodynamischen  
Maschine erzeugten Magnetfeld gewinnt.

20

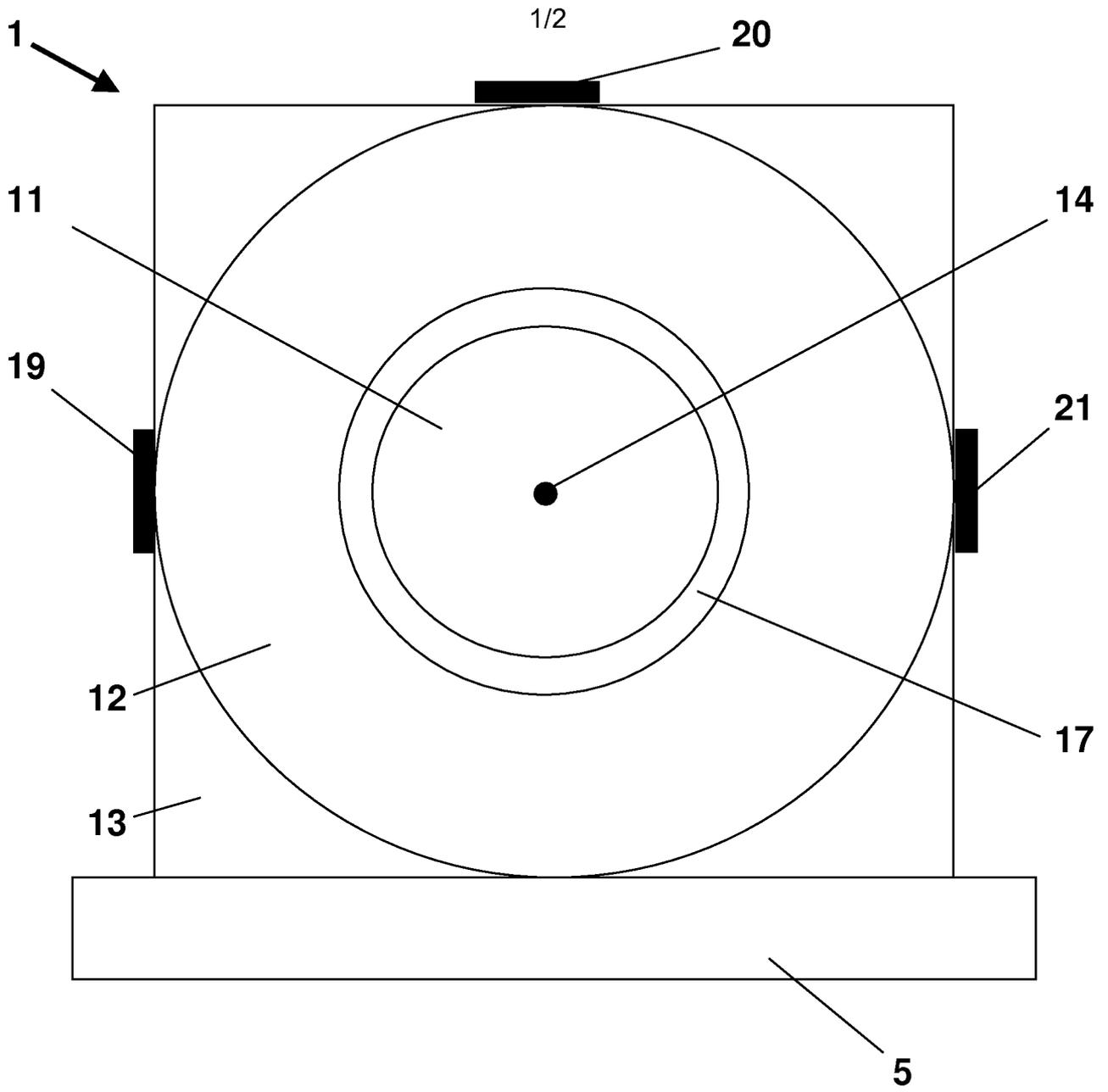


Fig. 1

