



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 032 675 A1** 2007.01.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 032 675.7**

(22) Anmeldetag: **13.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **25.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F16C 32/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Renk AG, 86159 Augsburg, DE

(74) Vertreter:

**Pat.-Anw. Dipl.-Ing. Stefan Schober, Pat.-Anw.
Dipl.-Ing. Frank L. Zacharias, 86153 Augsburg**

(72) Erfinder:

**Klesen, Christof, 64397 Modautal, DE; Krüger,
Thomas, 64625 Bensheim, DE; Neumeuer, Dirk,
64732 Bad König, DE; Nordmann, Rainer, Prof.
Dr.-Ing., 64380 Roßdorf, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE 198 60 814 A1

DE 195 23 826 A1

DE 26 56 469 A1

DE 25 37 597 A1

DE 695 03 613 T2

US 58 64 303 A

EP 05 63 928 A2

EP 01 78 972 A1

WO 02/1 03 216 A1

WO 01/88 397 A1

JP 07-2 38 928 A

JP 2005-0 76 792 A

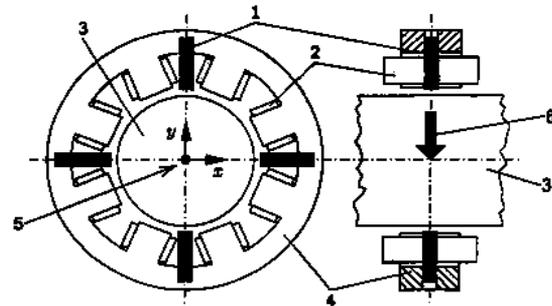
JP 2003-1 48 468 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Aktives Magnetlager mit integrierter Wegsensorenik**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein aktives Magnetlager mit mindestens einem elektromagnetischen Aktor (2, 4) zur Erzeugung einer - auf einen Rotor (3) wirkenden - Lagerkraft (6) sowie mindestens einem Sensor (1) zur Aufnahme der Rotorposition und einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung, welche aus dem Sensorsignal eine Stellgröße zur entsprechenden Ansteuerung des Aktors (2, 4) ermittelt, um den Rotor (3) in einer vorgegebenen Position zu halten, wobei der Sensor (1) in der Wirkebene der Lagerkraft (6) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein aktives Magnetlager mit integrierter Wegsensorik gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Magnetische Lager erlauben eine berührungs- und verschleißfreie Lagerung von bewegten Teilen. Sie benötigen keine Schmiermittel und können reibungsarm konstruiert werden. Sogenannte aktive Magnetlager mit Elektromagneten benötigen eine aktive Lageregelung, die über Lagesensoren und einen Regelkreis die Ströme der Tragemagnete steuert und Abweichungen des Rotationskörpers aus seiner Soll-Lage entgegenwirkt.

[0003] In bekannten aktiven Magnetlagersystemen unterscheidet sich im Allgemeinen der Ort der Wegmessung vom Ort des Kraftangriffs, d.h. die Sensorik ist nicht dort angeordnet, wo die Lagerkraft auf den Rotor wirkt. Es liegt keine sogenannte Kollokation vor. Dem Regler liegt somit nicht die Lageinformation vor, die er eigentlich zur Erzeugung einer Stellgröße für die Lager benötigt. Zwischen dem Sensor-Ort und dem Kraftangriffspunkt kann aufgrund der Dynamik des Rotors ein Phasenversatz vorliegen, den der Regler in einem begrenzten Frequenzband ausgleichen muß. Die Reglerauslegung ist dadurch erschwert.

Aufgabenstellung

[0004] Hiervon ausgehend ist es die Aufgabe der Erfindung, ein aktives Magnetlager zu schaffen, bei welchem eine unkomplizierte Reglerauslegung möglich ist.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0006] Durch die erfindungsgemäße integrierte Bauweise, also die Unterbringung der Sensoren direkt im Aktor, wird erreicht, dass dem Aktor immer die zur Lage der Welle passende Stellenergie zugeführt wird. Die Reglerauslegung wird dadurch in vorteilhafter Weise wesentlich vereinfacht.

[0007] Durch die vorteilhafte gegenüberliegende Anordnung zweier Sensoren an einer Meßachse ist eine Differenzauswertung der Signale möglich, wodurch nichtlineare Sensorkennlinien in guter Näherung linearisiert werden können.

[0008] Im Hinblick auf die Kosten kann die Verwendung von optischen Aufnehmern aufgrund ihres geringen Preises und der vergleichsweise einfachen Signalaufbereitung vorteilhaft sein.

[0009] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen in Verbindung mit der Beschreibung.

Ausführungsbeispiel

[0010] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der zugehörigen schematischen Zeichnungen näher erläutert. Die

[0011] **Fig. 1** zeigt eine Sensoranordnung gemäß dem Stand der Technik und

[0012] **Fig. 2** stellt eine erfindungsgemäße Anordnung der Sensoren dar.

[0013] In **Fig. 1** ist ein Rotor **10** dargestellt, der in zwei Lagern A und B gelagert ist. Dem Lager A ist ein Sensor A und dem Lager B ist ein Sensor B zugeordnet. Die an den Lagern A und B eingezeichneten Strichlinien sollen die Wirkebenen der Lagerkräfte darstellen, und die von den Sensoren A und B ausgehenden Strichlinien symbolisieren die Orte der Positionsmessung. Wie aus der Figur ersichtlich ist, besteht zwischen der jeweiligen Wirkebene der Lagerkraft und dem Ort der Wegmessung ein axialer Versatz. Da sich der Rotor **10** dynamisch verbiegen kann und dabei je nach Drehzahl verschiedene Biege-Eigenformen annimmt, kann zwischen dem Sensor-Ort und dem Kraftangriffspunkt im Lager ein Phasenversatz auftreten. Anhand der eingezeichneten Biege-Eigenform 1. und 3. Ordnung sind die Abweichungen zwischen den ermittelten Lageinformationen und den tatsächlich für die Einstellung der Stellgröße benötigten Informationen ersichtlich.

[0014] Die **Fig. 2** zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung der Sensoren, durch welche dem Aktor immer die entsprechend der Lage der Welle benötigte Stellenergie zugeführt werden kann. Die Aktoren sind Elektromagnete, welche durch die um die Statorblechung **4** gewickelte Wicklung **2** gebildet werden. Die Aktoren sind so um den Rotor **3** herum angeordnet und entsprechend ansteuerbar, dass die Lagerkraft **6** innerhalb der x-y-Ebene beliebig ausgerichtet werden kann.

[0015] Die Sensoren **1** zur Lageerfassung des Rotors **3** sind direkt in der Statorblechung **4** angeordnet, welche die strombeschickten Wicklungen **2** trägt. Aus der rechten Seite der **Fig. 2** geht hervor, dass die axiale Position der Sensoren **1** mit der axialen Ebene des Kraftangriffs **6** übereinstimmt und die Sensoren dadurch die durch die Stellenergie bedingte Lage des Rotors **3** direkt und ohne Phasenversatz aufnehmen können.

[0016] Die Sensorsignale werden zu einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung geleitet, welche daraus eine Stellgröße zur entsprechenden Ansteuerung

des Aktors ermittelt, um den Rotor 3 in einer vorgegebenen Position zu halten. Die Stellgröße bewirkt, dass an den Wicklungen 2 entsprechende elektrische Ströme anliegen, damit die Elektromagnete die erforderliche Lagerkraft 6 erzeugen können. Die notwendigen elektrischen Ströme werden durch Verstärker bereitgestellt.

[0017] Die Steuerungs-/Regelungseinrichtung sowie die Verstärker können in vorteilhafter Weise innerhalb des Lagergehäuses angeordnet werden, so dass die Bauteile eine integrative Einheit bilden. In diesem Zusammenhang wird auf die parallele Anmeldung DE (internes AZ des Anmelders: PB04630) verwiesen, welche die Integration der Leistungselektronik innerhalb des Lagergehäuses betrifft.

[0018] Aus der linken Hälfte der **Fig. 2** ist ersichtlich, dass die Lage des Rotors 3 vorzugsweise in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Meßachsen 5 in x- und y-Richtung vermessen wird. Für jede Achse genügt ein einziger Sensor 1.

[0019] Werden jedoch an einer Meßachse zwei – sich gegenüberliegende – Sensoren 1 vorgesehen, so ist eine Differenzauswertung der Signale der beiden Sensoren 1 möglich. Dies ist vorteilhaft, da dadurch nichtlineare Sensorkennlinien in guter Näherung linearisiert werden können.

[0020] Als Wirkprinzipien für die Sensoren 1 eignen sich beispielsweise Wirbelstromaufnehmer, kapazitive oder optische Aufnehmer, die beispielsweise nach dem Reflexions-Prinzip funktionieren.

2. Aktives Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektromechanische Aktor aus einer Statorblechung (4) sowie elektrischen Wicklungen (2) besteht und der Sensor (1) in der Statorblechung (4) angeordnet ist.

3. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Sensoren (1) vorgesehen sind, welche die Lage des Rotors (3) in der Ebene von zwei senkrecht aufeinander stehenden Meßachsen x und y vermessen.

4. Aktives Magnetlager nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Meßachse zwei – sich gegenüberliegende – Sensoren (1) vorgesehen sind und eine Differenzauswertung der Signale der beiden Sensoren (1) vorgesehen ist.

5. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (1) als Wirbelstromaufnehmer, kapazitive oder optische Aufnehmer ausgeführt sind.

6. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungs-/Regelungseinrichtung in das Lagergehäuse integriert ist.

7. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Verstärker zur Erzeugung der Stellgröße vorgesehen ist und in das Lagergehäuse integriert ist.

Bezugszeichenliste

1	Sensor
2	Wicklung
3	Rotor
4	Statorblechung
5	Meßachsen
6	Aktor-/Lagerkraft
10	Rotor
11	Biege-Eigenform 1. Ordnung
12	Biege-Eigenform 3. Ordnung

Patentansprüche

1. Aktives Magnetlager mit mindestens einem elektromagnetischen Aktor (2, 4) zur Erzeugung einer – auf einen Rotor (3) wirkenden – Lagerkraft (6) sowie mindestens einem Sensor (1) zur Aufnahme der Rotorposition und einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung, welche aus dem Sensorsignal eine Stellgröße zur entsprechenden Ansteuerung des Aktors (2, 4) ermittelt, um den Rotor (3) in einer vorgegebenen Position zu halten, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (1) in der Wirkebene der Lagerkraft (6) angeordnet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

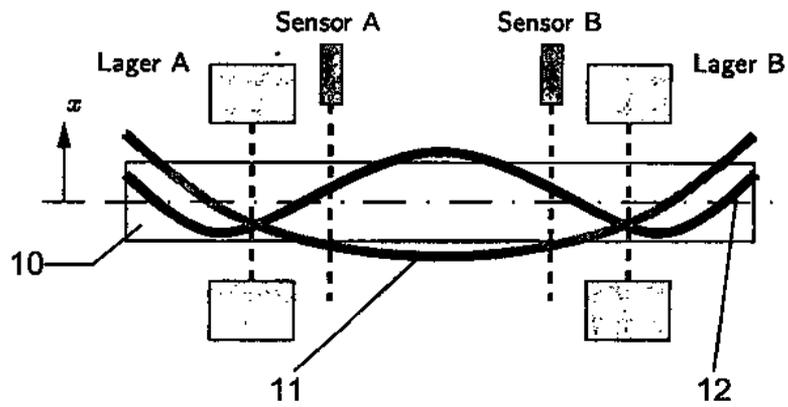


Fig. 1 (Stand der Technik)

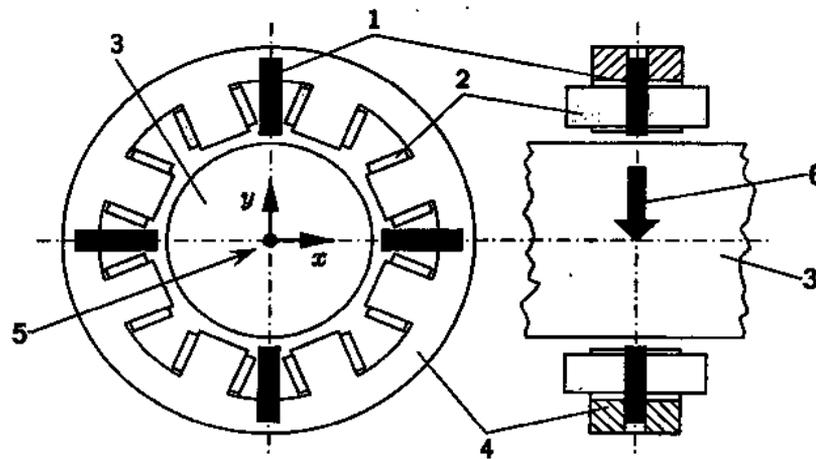


Fig. 2