



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 32 43 641.6  
22 Anmeldetag: 25. 11. 82  
43 Offenlegungstag: 30. 5. 84

DE 3243641 A1

71 Anmelder:  
TELDIX GmbH, 6900 Heidelberg, DE

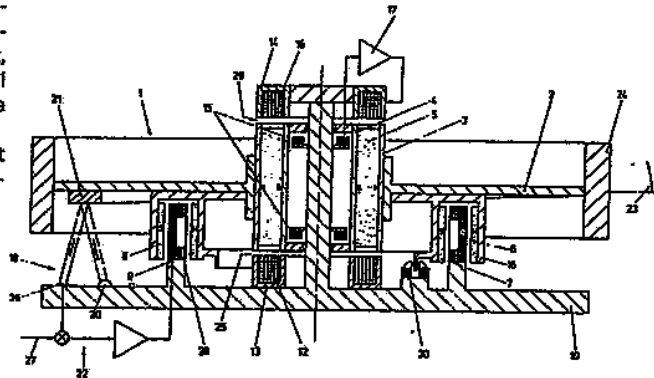
72 Erfinder:  
Auer, Werner, Dr.-Ing., 6901 Wiesenbach, DE

58 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:  
DE-AS 25 19 651  
US 42 11 452

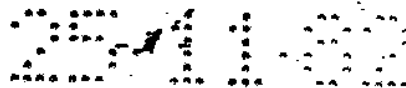
Erfindungsgegenstand

64 Lager zur axialen und radialen Lagerung eines Rotors mit großer radialer Ausdehnung

Es wird eine Lagerung beschrieben, die bei einem Rotor 1 großer radialer Ausdehnung diesen um die Kippachsen stabilisiert. Hierzu weist der Rotor 1 im äußeren Bereich zwei halbkreisförmige Permanentmagnetringe bzw. Ringelemente 6, 7; 8, 9 auf, die jeweils entgegengerichtet radial magnetisiert sind. In dem Luftspalt zwischen den Permanentmagnetringen befindet sich eine Ringspule 18, die mit einem Wechselstrom, dessen Frequenz der Drehzahl des Rotors entspricht, gespeist wird. Die Phasenlage des Stromes entspricht dabei der Phasenlage des Magnetfeldes, so daß Kippmomente bzw. Nutation des Rotors 1 wirksam bedämpft werden. Die axiale und radiale Lagerung kann wie dargestellt mit einem elektrodynamischen Magnetlager 25, aber auch mittels eines mechanischen Lagers bewerkstelligt werden.

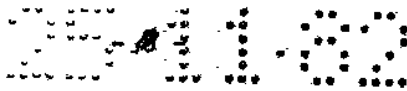


DE 3243641 A1



### Patentansprüche

1. Lager zur axialen und radialen Lagerung eines Rotors mit relativ großer radialer Ausdehnung, insbesondere ein Magnetlager, bestehend aus einem rotorseitigen radial magnetisierten Permanentmagnetring mit axial ausgerichteten Polschuhen und einem statorseitigen Elektromagneten, enthaltend wenigstens eine Ringwicklung und U-förmig ausgebildete Rückschlußbringe, dessen Schenkel den Polblechen des Rotors gegenüberstehen, wobei der Strom im Elektromagneten von einem Sensor, der die axiale Lage des Rotors sensiert, gesteuert wird derart, daß der Permanentmagnetfluß in den Luftspalten geschwächt oder verstärkt wird, dadurch gekennzeichnet, daß in einem von der Drehachse entfernt liegenden Bereich des Rotors (1) ein Ringelement angebracht ist, auf welchem Permanentmagnete (7, 9) zur Erzeugung eines radial gerichteten einpolpaarigen Magnetfeldes angeordnet sind, daß statorseitig eine wenigstens teilweise in das Permanentmagnetfeld eintauchende Ringwicklung (18) vorgesehen ist, und daß zur Erzeugung von Kippmomenten die Ringwicklung (18) mit einem in seiner Frequenz der Drehzahl des Rotors (1) entsprechenden Wechselstrom beaufschlagbar ist.
2. Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Ringelement ein Rückschlußring gegenüberliegt und in den zwischen Ringelement und Rückschlußring gebildeten Luftspalt die Ringwicklung (18) wenigstens teilweise eintaucht.
3. Lager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Rückschlußring Permanentmagnete (6, 8) zur Verstärkung des Luftspaltfeldes vorgesehen sind.



2

4. Lager nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor nach dem Conical-Scan-Verfahren die Lage des Rotors (1) abtastet und ein über einen Kippregelkreis (22) ein Signal zur Lageregelung des Rotors erzeugt.
- 5
5. Lager nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Ringspule (18) wenigstens eine weitere Spule (28) wenigstens teilweise in das Permanentmagnetfeld eintaucht und bei Ansteuerung ein Moment in Umfangsrichtung erzeugt.
- 10
6. Lager nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die in der weiteren Spule induzierte EMK ein Phasenreferenzsignal für den Kippmomente erzeugenden Wechselstrom liefert.
- 15
7. Lager nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem Eingang des Kippregelkreises (22) ein Wechselstromsignal (27), dessen Frequenz der Drehzahl des Rotors entspricht und dessen Phase und Amplitude derart bemessen ist, daß eine Verschwenkung der Drehachse bewirkt wird.
- 20
8. Lager nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kippregelkreis geschwindigkeitsabhängig eine Phasenverschiebung des Ringspulenstromes bewirkt zur Berücksichtigung des kreiselspezifischen Verhaltens des Rotors.
- 25

25 11 82

3

T E L D I X G m b H

Postfach 10 56 08  
Grenzhöfer Weg 36

6900 Heidelberg 1

Heidelberg, 24. 11. 82

Pt/Vo-kn E-540

Lager zur axialen und radialen Lagerung eines Rotors  
Rotors mit großer radialer Ausdehnung

Die Erfindung betrifft ein Lager zur axialen und radialen Lagerung eines Rotors mit relativ großer radialer Ausdehnung, insbesondere ein Magnetlager, bestehend aus einem rotorseitigen radial magnetisierten Permanentmagnetring mit axial ausgerichteten Polschuhen und einem statorseitigen Elektromagneten, enthaltend wenigstens eine Ringwicklung und U-förmig ausgebildete Rückschlußbringe dessen Schenkel den Polblechen des Rotors gegenüberstehen, wobei der Strom im Elektromagneten von einem Sensor der die axiale Lage des Rotors sensiert, gesteuert wird derart, daß der Permanentmagnetfluß in den Luftspalten geschwächt oder verstärkt wird.

Ein solches Lager ist aus der DE-AS 25 19 651 bekannt. Das dort beschriebene Lager weist sowohl am Rotor als auch am Stator sich gegenüberliegende Permanentmagnete auf, die eine anziehende Kraft ausüben. Um den Rotor in der labilen Gleichgewichtslage zu halten sind in Nuten der Permanentmagnete des Stators Wicklungen eingelegt denen über eine Regeleinrichtung Strom zugeführt wird.

Das Lager enthält weiterhin einen Antriebsmotor und eine Hilfslagerung die bei großer Belastung oder bei Ausfall der Magnetlagerung wirksam wird.

- 5 Bei Rotoren mit großer radialer Ausdehnung wie sie beispielsweise in Schwungrädern Anwendung finden, reicht jedoch eine lediglich die axiale und radiale Ausrichtung stabilisierende Lagerung meist nicht aus. In vielen Fällen ist es wünschenswert, auch die Kippachsen des Rotors zu regeln, zum einen  
10 um Störmomenten und Eigenfrequenzen (z. B. Nutation) wirksam begegnen zu können, zum anderen um bestimmte Momente zu erzeugen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Einrichtung zu  
15 schaffen, mit der in einfacher Weise Kippmomente auf den Rotor erzeugt werden können, daß in einem von der Drehachse entfernt liegenden Bereich des Rotors (1) ein Ringelement angebracht ist, auf welchem Permanentmagnete (7, 9) zur Erzeugung eines radial gerichteten unpolpaarigen Magnetfeldes angeordnet sind.  
20

Es ist ersichtlich, daß mit dieser Anordnung sowohl unerwünschte Kippschwingungen des Rotors bedämpft werden können als auch Momente erzeugbar sind, die in der Art von Kreiselmomenten eine Verschwenkung des Systems bewirken.  
25

Die Erfindung kann natürlich bei jeder Lagerung angewendet werden, d.h., wird beispielsweise ein Rotor mittels eines Pendelkugellagers gelagert, dann können Kippbewegungen des  
30 Rotors mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugt bzw. kompensiert werden.

25-1100  
5

Zur Sensierung der Kippung des Rotors kommt in vorteilhafter Weise ein Sensor zur Anwendung der nach dem Conical-Scan Verfahren arbeitet. In dem gezeigten Beispiel erzeugt ein Sender einen Lichtstrahl der von einem ringförmigen und mit einer Schräglage auf dem Rotor befestigten Spiegel reflektiert wird und auf einen tellerförmigen Sensor trifft. Bei Normallage des Rotors, d.h., bei Rotation ohne Kippschwingungen, beschreibt der Lichtstrahl einen konzentrischen Kreis auf dem Sensor. Bei Kippschwingungen wird der Kreis unkonzentrisch und damit eine Kippung in Amplitude und Phasenlage erkannt. Ein Regelkreis erzeugt ein entsprechendes Stellsignal, welches der Ringwicklung zugeführt wird.

In einer weiteren Ausbildung der Erfindung wird vorgeschlagen mit den zwischen den Schenkeln vorhandenen Permanentmagnetfelder gleichzeitig auch einen Motor zu betreiben der beispielsweise in der Art eines Gleichstrommotors aus in die Ringsegmente eintauchende Spulen besteht, die in Verbindung mit den Permanentmagnetfeldern radiale Kräfte erzeugen.

Um eine der Phasenlage des Rotors zuzuordnende Phasenlage des Wechselstroms zu erzeugen, dient in vorteilhafter Weise die in den Motorspulen erzeugte EMK. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Figur zeigt  
einen magnetisch gelagerten Rotor in Schnitt-  
darstellung.

Der Rotor 1 besteht aus einer Scheibe 2, mit einer aufgesetzten Schwungmasse 24, die im inneren Bereich zwei weichmagnetische Ringe 3,4 mit einem eingelagerten Permanentmagnetring 5, der radial magnetisiert ist, aufweist.

5 Im äußeren Bereich des Rotors 1 sind 2 Paare von permanentmagnetischen und ebenfalls radial magnetisierte Halbringen bzw. Ringelemente 6, 7; 8, 9 angeordnet, wobei die Magnetisierungsrichtung der Paare jeweils entgegengesetzt ist. Der Abstand dieser Ringelemente von der Drehachse des  
10 Rotors ist dabei so gewählt, daß ausreichend große Kippmomente erzeugt werden können.

Auf der Statorgrundplatte 10 ist auf einem zylinderförmigen Ansatz ein U-förmiger Rückschlußring 13 mit eingelegter  
15 Ringspule 12 befestigt. Die Enden der Schenkel des Rückschlußringes 13 bilden Magnetpole denen über einen Luftspalt 25 die Enden der Ringe 3, 4 gegenüberstehen. Auf der gegenüberliegenden Seite des Rotors 1 ist ebenfalls statorseitig ein U-förmiger Ring 14 mit eingelegter Spule 16  
20 angeordnet. Das hier dargestellte elektrodynamische Lager kann zwar auch mit nur einer Spule geregelt werden; aus Symmetriegründen wird hier jedoch eine zweite Spule verwendet. Im Schwebezustand befindet sich der Rotor 1 in der Mitte zwischen den U-förmigen Ringen 13, 14 in labilem  
25 Gleichgewichtszustand. Dieser Zustand wird durch einen Regelkreis 17 aufrechterhalten, dem als Eingangsgröße der Luftspaltabstand über den Sensoren 15 zugeführt wird, und der einen Spulenstrom erzeugt, der den Spulen 12, 16 zugeführt wird. Zur Verringerung der Steuerleistung kann  
30 hier auch eine Zero-Power-Regelung eingesetzt werden, die über eine Stromsensierung den Rotor in der Gleichgewichtslage hält.

Auf dem Statorgrundkörper 10 ist ferner eine Ringspule 18  
35 befestigt die in den Luftspalt zwischen den Ringelementen 6, 7; 8, 9 eintaucht.

25-1100

7

Weiterhin befindet sich auf dem Statorgrundkörper 10 ein Abstandssensor 19 bestehend aus einem Lichtsender 20 einem ringförmigen Refektor 21 der zur Stirnfläche des Rotors 1 unter einem bestimmten Winkel geneigt ist und einen Empfänger der nach dem Conical-Scan-Verfahren eine Kippung des Rotors 1 sensiert und das Sensorsignal einem Kippregelkreis 22 zuführt. Der Kippregelkreis 22 erzeugt einen Wechselstrom mit einer Frequenz, die der Drehzahl des Rotors entspricht. Es ist ersichtlich, daß beispielsweise bei einem Strom, der momentan die dargestellte Richtung aufweist in Verbindung mit dem von links nach rechts verlaufenden Magnetfeld, das die Ringspule 18 durchdringt, eine Kraft wirksam wird, die den Rotor in Richtung des Pfeiles 23 schwenkt. Der Betrag dieser Kraft entspricht dabei dem eingespeisten Strom, während die Richtung jeweils von der relativen Phasenlage zwischen umlaufenden Magnetfeld und Strom abhängt. Die beiden Kippachsen des Rotors können also in Zeitmultiplex mit dem Doppelten der Umlauffrequenz geregelt werden, d.h., es ist eine Dämpfung von Nutationsbewegungen des Rotors, die maximal mit der doppelten Umlauffrequenz auftreten können, möglich.

Diese Kippregelung kann natürlich auch zur Feinverschwenkung des Rotors um die Kippachse benutzt werden. Hierzu wird lediglich dem Kippregelkreis ein Signal 27 zugeführt, dessen Betrag und relative Phasenlage die räumliche Richtung der Verschwenkung angibt.

Zum Antrieb des Rotors eignet sich eine in dem Luftspalt der Ringelemente 6, 7; 8, 9 angeordnete Motorwicklung 28, mit welcher in Verbindung mit dem einpolpaarigen Feld der Magnete 6,7; 8,9 und entsprechenden Sensoren ein Gleichstrommotor geschaffen ist.



25-110

E-540

8

Durch eine entsprechende Dimensionierung des Abstandes der Luftspalte 25, 29 in Verbindung mit der Luftspaltbreite z.B. durch großen Abstand der Luftspalte bei geringer Breite wird auch bei Stillstand des Rotors eine genügend große

5 Steifigkeit des Lagers erzeugt, die ein Kippen des Rotors verhindert.

**TELDIX**  
HEIDELBERG

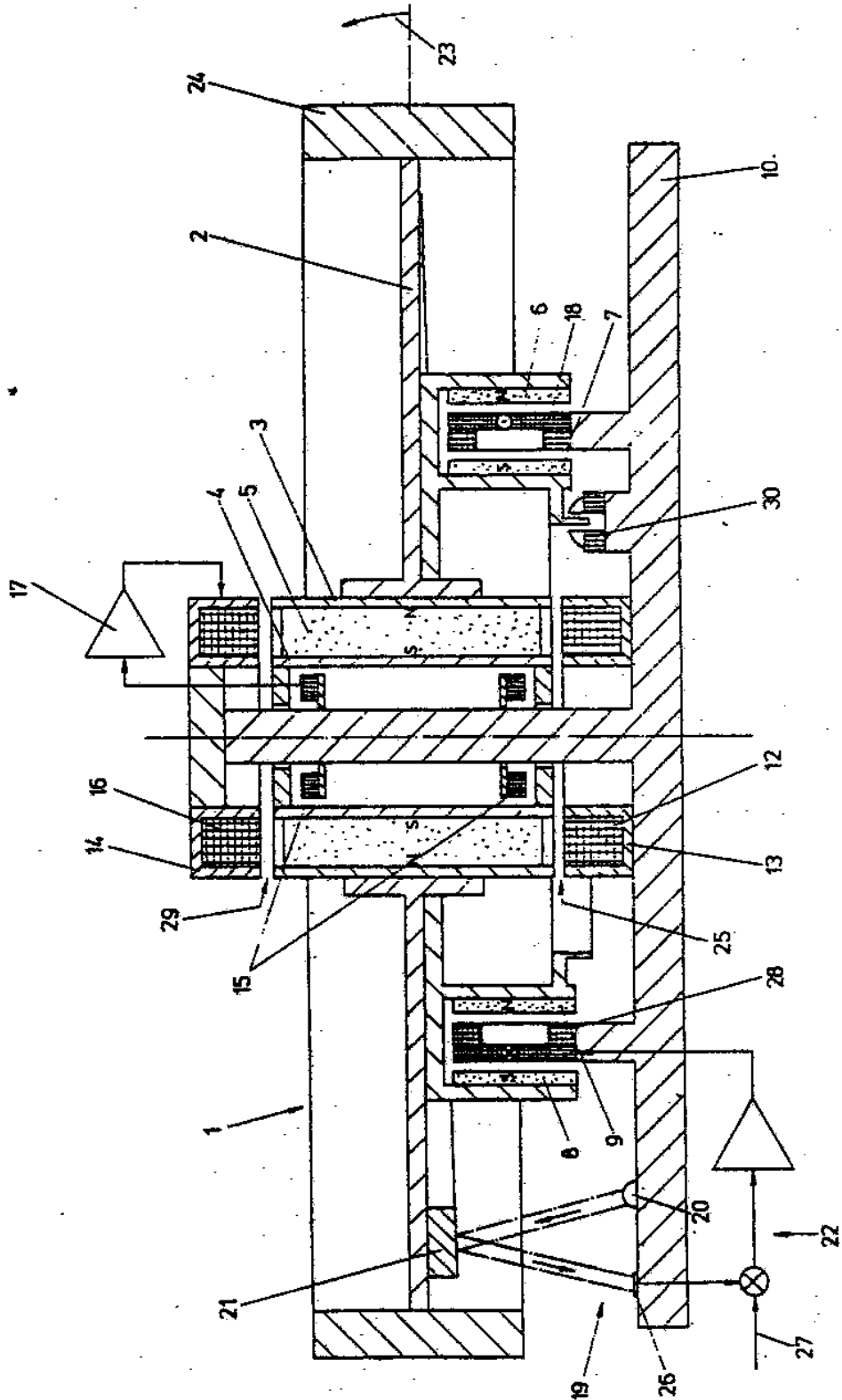
BAD ORIGINAL

251  
-9-

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3243641

32 43 641  
F 16 C 32/04  
25. November 1982  
30. Mai 1984



E-540

**TELDIX**  
HEIDELBERG