



Wirtschaftspatent

Ertelt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

# PATENTSCHRIFT

ISSN 0433-6461

(11)

## 214 416

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) F 16 C 32/04

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP F 16 C/ 2496 633

(22) 08.04.83

(44) 10.10.84

(71) VEB FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSZENTRUM FUER ELEKTROMASCHINEN; DRESDEN, DD  
(72) BUDIG, PETER-KLAUS, PROF. DR. SC. TECHN.; SCHUBERT, THOMAS, DIPL.-ING.; DD;

(54) MAGNETISCHES LAGER

(57) Die Erfindung betrifft ein magnetisches Lager, das den zu fixierenden rotierenden Körper durch magnetische Kräfte ohne stabilitätserzeugende Regler in einer stabilen Lage hält und besonders in der Kryotechnik Anwendung findet. Die technische Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein magnetisches Lager zu schaffen, das bereits bei Stillstand der Welle eine Lagerkraft erzeugt, sich selbsttätig stabilisiert und bei höheren Drehzahlen nur geringe Wirbelströme entwickelt. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine stromdurchflossene, konzentrisch um das zu lagernde Teil angebrachte axiale und/oder radiale Ankerspule zwischen den Polen eines Schalenkernmagneten des Lagers angeordnet ist. Die Schalenkernhälften sind dabei so ausgebildet, daß sich zwischen Ankerspule und Innenpolfläche des Schalenkernmagneten ein konzentrisch der Ankerspule angepaßter Lagerspalt ergibt. Fig. 1

## Titel der Erfindung

Magnetisches Lager

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein magnetisches Lager, das den fixierenden rotierenden Körper durch magnetische Kräfte in einer stabilen Lage hält und besonders in der Kryotechnik Anwendung findet.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannte Magnetlager nutzen die magnetischen Kraftwirkungen der Grenzflächenkräfte im Magnetkreis. Diese Methode gestattet zwar die Erzeugung relativ großer Lagerkräfte, ergibt jedoch ein instabiles System. Eine Welle läßt sich allein durch passive Magnetlager nicht stabil lagern. Mindestens ein Freiheitsgrad muß dabei mit aktiven Lagern realisiert werden.

Aktive Magnetlager, die die Grenzflächenkräfte ausnutzen, sind in Form von Regelkreisen aufgebaut. Die dafür notwendigen Meßsysteme, Regler und Leistungssteller sind jedoch relativ aufwendig. Wirken in den Lagern die Grenzflächenkräfte unmittelbar auf die Welle ein, wie in den DE - OS 2338307 und 2358527 dargestellt, so treten in der rotierenden Welle wegen der massiven Ausführung erhebliche Wirbelströme auf. Wird ein lamelliertes Blechpaket verwendet, das den in der Welle verlaufenden Magnetfluß aufnimmt werden zwar die Wirbelströme abgeschwächt, üben aber trotzdem noch einen erheblichen negativen Einfluß auf das Magnetlager aus.

Bekannt sind weiterhin Magnetlager, die das Prinzip der elektromagnetischen Abstoßung ausnutzen. Bei der in der DE - AS 2331613 beschriebenen Erfindung einer magnetischen Lagerungs- und Zentriervorrichtung besteht jedoch der Nachteil, daß nur bei

Rotation des zu lagernden Teiles eine elektrodynamische Lagerkraft erzeugt wird. Trotz Anwendung des Nullfluß-Systems treten außerdem bei Rotation bremsend wirkende Wirbelströme auf, die zwangsläufig den Wirkungsgrad des Lagers bei größeren Drehzahlen herabsetzen.

### Ziel der Erfindung

Mit der Erfindung soll erreicht werden, daß auch ohne aufwendige stabilitätserzeugende Regler und unter Vermeidung von Wirbelstromverlusten eine elektrodynamische Lagerkraft erzeugt wird.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe der Erfindung besteht darin ein magnetisches Lager zu schaffen, das bereits bei Stillstand der Welle eine Lagerkraft erzeugt, sich selbsttätig stabilisiert und bei höheren Drehzahlen nur geringe Wirbelströme entwickelt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine stromdurchflossene, konzentrisch um das zu lagernde Teil angebrachte axiale und/oder radiale Ankerspule zwischen den Polen eines Schalenkernmagneten des Lagers angeordnet ist. Die Schalenkernhälften sind dabei so ausgebildet, daß sich zwischen Ankerspule und Innenpolfläche des Schalenkernmagneten ein konzentrisch der Ankerspule angepaßter Lagerspalt ergibt.

Zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit ist die Ankerspule aus dünnem Wickeldraht in kreuzverspulter Form hergestellt. Der für die Leitung des magnetischen Flusses erforderliche Schalenkern besteht aus weichmagnetischem Material und ist fest mit dem Gehäuse des Lagers verbunden. In dem konzentrischen Wickelraum des Schalenkernes ist die für die Erzeugung der Magnetflüsse notwendige Erregerspule angeordnet.

Die Erregerspule wird von einem Gleichstrom durchflossen und erzeugt ein zeitlich konstantes Magnetfeld in dem Luftspalt des Schalenkernes. Durch die Ankerspule fließt ebenfalls ein Gleichstrom.

Durch die Luftspaltanordnung und die Formgebung der Ankerspule zu den Innenpolflächen des Schalenkernmagneten, stehen die magnetischen Feldlinien des Luftspaltfeldes senkrecht auf den stromführenden Leitern der Ankerspule und erzeugen somit in axialer und/oder in radialer Richtung wirkende Kraftkomponenten,

die an der Ankerspule angreifen. Strom- und Magnetfeldrichtung sind dabei so gewählt, daß sich die Anordnung im stabilen Gleichgewicht befindet. Exzentrizitäten der Lagerung werden dadurch ausgeglichen, daß die Ankerspule an der Seite, an der der Lagerspalt sich verkleinert, in einen Bereich höherer magnetischer Induktion eintritt und sich außerdem die Anzahl der stromführenden Leiter im Magnetfeld erhöht. Die andere Seite tritt dagegen in einen Bereich niedrigerer magnetischer Induktion und auch die Anzahl der stromführenden Leiter im Magnetfeld verringert sich. Es wird dadurch eine resultierende, das System wieder zentrierende Kraft erzeugt, die eine radiale bzw. axiale Lagerung bewirkt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an drei Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig.: 1     Schnittdarstellung durch ein radial wirkendes einfaches magnetisches Lager

Fig.: 2     Schnittdarstellung durch ein radial wirkendes magnetisches Lager mit gezahnter Polausführung

Fig.: 3     Schnittdarstellung durch ein einseitiges axial wirkendes magnetisches Lager

Der komplette Aufbau eines radial wirkenden einfachen magnetischen Lagers nach der Erfindung ist in Figur 1 dargestellt. Der aus weichmagnetischem Feinguß hergestellte geteilte Schalenkern 1 trägt die konzentrisch angeordnete Erregerwicklung 2. Auf der zu lagernden Welle 4 ist isoliert durch einen Spulenträger 5 die doppelkegliche Ankerspule 3 radial angeordnet. Die Ankerspule 3 befindet sich zwischen den Innenpolen des Schalenkernes 1 und bildet mit ihnen einen konzentrischen Lagerspalt 9. Um ein zeitlich konstantes Magnetfeld aufzubauen wird die Erregerwicklung 2 von Gleichstrom durchflossen. In der Ankerspule 3 fließt ebenfalls Gleichstrom, wobei dessen Richtung mit der Magnetfeldrichtung so abgestimmt ist, daß die entstehenden Kräfte in Richtung der Symmetriachse der Welle 4 gerichtet sind und die Voraussetzung für einen stabilen Betriebszustand bilden.

Befindet sich die Welle 4 in Mittellage, liegt ein Kräftegleichgewicht vor. Tritt eine radiale Wellenverschiebung auf, dringt die Spulenseite mit dem geringeren Lagerspalt 9 in ein Gebiet höherer Induktion ein. Außerdem vergrößert sich auf dieser Seite die Anzahl der stromführenden Leiter im Magnetfeld. An der gegenüberliegenden Spulenseite sind die Verhältnisse gerade umgekehrt. Es tritt eine radial wirkende Kraftdifferenz auf, die die Welle 4 wieder in Mittellage bringt. Bei Initialisierung des Ankerstromes im Kryobetrieb kann gegebenenfalls eine Initialwicklung 10 konzentrisch in Nuten des Schalenkerns 1 eingebracht werden.

Eine Vergrößerung der Kraftdifferenz, bezogen auf die radiale Wellenverschiebung, ist durch Änderung der Polform und der Ankerspule, wie in Figur 2 dargestellt, möglich.

Die Ankerspule 3 ist dahingehend abgeändert, daß sie aus einzelnen in Reihe oder parallel verschalteten Teilspulen 6 besteht, die koaxial unter Verwendung von Abstandsringen 7 übereinander gewickelt sind.

Der Innendurchmesser der Teilspule 6 ist gleich dem Innendurchmesser des der jeweiligen Teilspule 6 zugeordneten Zahnringes 8 im Pol. Der Außendurchmesser der Teilspule 6 ist kleiner als der Außendurchmesser des zugehörigen Zahnringes 8.

Durch diese spezielle Gestaltung der Ankerspule 3 und der Polflächen wird gewährleistet, daß bei radialen Wellenverschiebungen die Anzahl der in Gebiete kleinerer Luftspaltinduktion bewegten stromführenden Leiter der Ankerspule 3 größer ist als in der Ausführungsform mit ebenen Polflächen, was eine Vergrößerung der resultierenden Kraftdifferenz bewirkt.

Die genutzte Polform kann mit parallel oder konisch verlaufenden Innenpolflächen des Schalenkernes 1 ausgeführt sein.

Die konstruktive Ausführung eines einseitig wirkenden Axiallagers ist in Figur 3 dargestellt. Der Aufbau entspricht analog dem Aufbau eines Radiallagers. Auch hier trägt der aus weichmagnetischem Feinguß hergestellte geteilte Schalenkern 1 die konzentrisch angeordnete Erregerwicklung 2. Auf der zu lagern- den Welle 4 ist isoliert durch einen speziell ausgeführten Spulenträger 5 die keglig, axial ausgeführte Ankerspule 3 angeordnet. Die Arbeitsweise des einseitig wirkenden Axiallagers ist analog der Wirkungsweise des Radiallagers.

Wird eine zweiseitig wirkende Axiallagerung benötigt, müssen mindestens zwei derartige Axiallager so auf eine Welle montiert werden, daß die entstehenden Lagerkräfte entgegengesetzt orientiert sind.

Das Betreiben des erfindungsgemäßen magnetischen Lagers ist auch mit Wechselstrom möglich, wenn der komplette Magnetkreis lamelliert und aus geeignetem weichmagnetischen Material hergestellt ist, um die Eisenverluste klein zu halten, so daß nur eine geringe Phasenverschiebung zwischen dem Strom in der Ankerspule und dem magnetischem Fluß auftritt.

Der komplette Magnetlageraufbau ist weiterhin als Dämpfungsglied für radiale und/oder axiale Wellenverschiebungen verwendbar. Dabei wird die Ankerspule kurzgeschlossen und die Erregerwicklung von Gleichstrom durchflossen.

Die Erzeugung des notwendigen Magnetfeldes ist auch durch entsprechende Permanentmagneten möglich. Die Ankerspule kann dabei starr mit dem Lagergehäuse und der Permanentmagnet starr mit dem zu lagernden Teil verbunden sein. Eine derartige Anordnung besitzt den Vorteil, daß keine Stromübertragung auf den rotierenden Teil des magnetischen Lagers notwendig ist.

Erfindungsanspruch

1. Magnetisches Lager mit selbsttätiger Stabilisierung nach dem elektrodynamischen Abstoßungsprinzip, dadurch gekennzeichnet, daß eine stromdurchflossene, konzentrisch das zu lagernde Teil umgebende, axiale und/oder radiale Ankerspule (3) zwischen den Polen eines Schalenkernmagneten angeordnet ist, wobei die Innenpolflächen des Schalenkerns (1) der Ankerspule (3) so angepaßt sind, daß sie mit der Ankerspule (3) einen konzentrischen Lagerspalt (9) bilden, und daß die magnetischen Feldlinien senkrecht auf den stromdurchflossenen Leitern der Ankerspule (3) stehen.
2. Magnetisches Lager nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer radialen Anordnung zur Erhöhung der Lagersteifigkeit in den Polflächen Nuten eingearbeitet sind, die zwischen den Polflächen einen periodisch sich in radialer Richtung ändernden Luftspalt erzeugen und in dem sich die aus koaxial übereinander angeordneten Teilspulen (6) bestehende Ankerspule (3) befindet.
3. Magnetisches Lager nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer axialen Anordnung zur Erhöhung der Lagersteifigkeit in den Polflächen Nuten eingearbeitet sind und die Ankerspule (3) aus koaxial hintereinander angeordneten Teilspulen (6) besteht.
4. Magnetisches Lager nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerspule (3) kryoleitend ist und ihre Initialisierung durch die Erregerwicklung (2) direkt oder durch eine in den Polflächen des magnetischen Kreises eingebaute Initialwicklung (10) erfolgt.

- Hierzu 2 Blatt Zeichnungen -

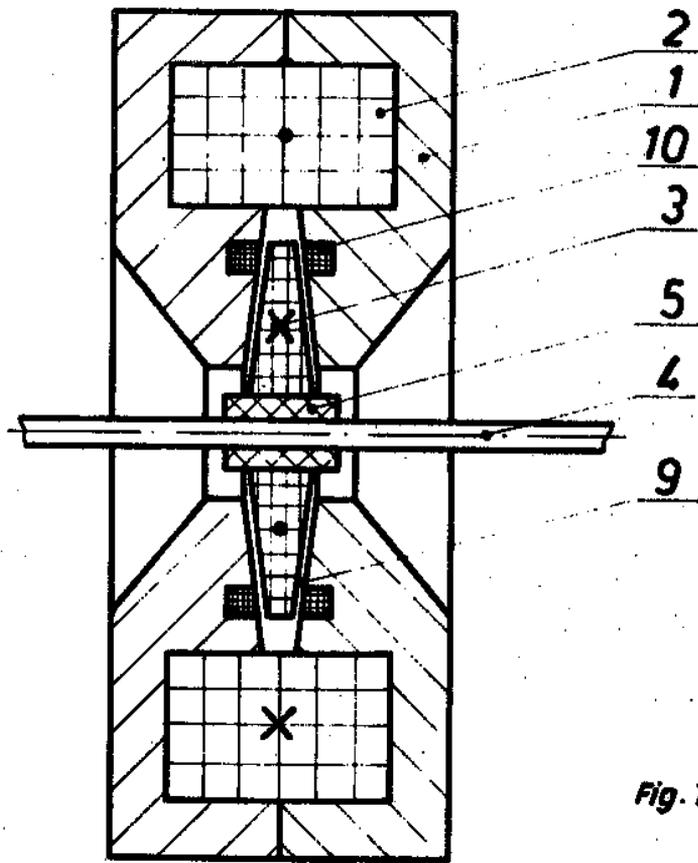


Fig. 1

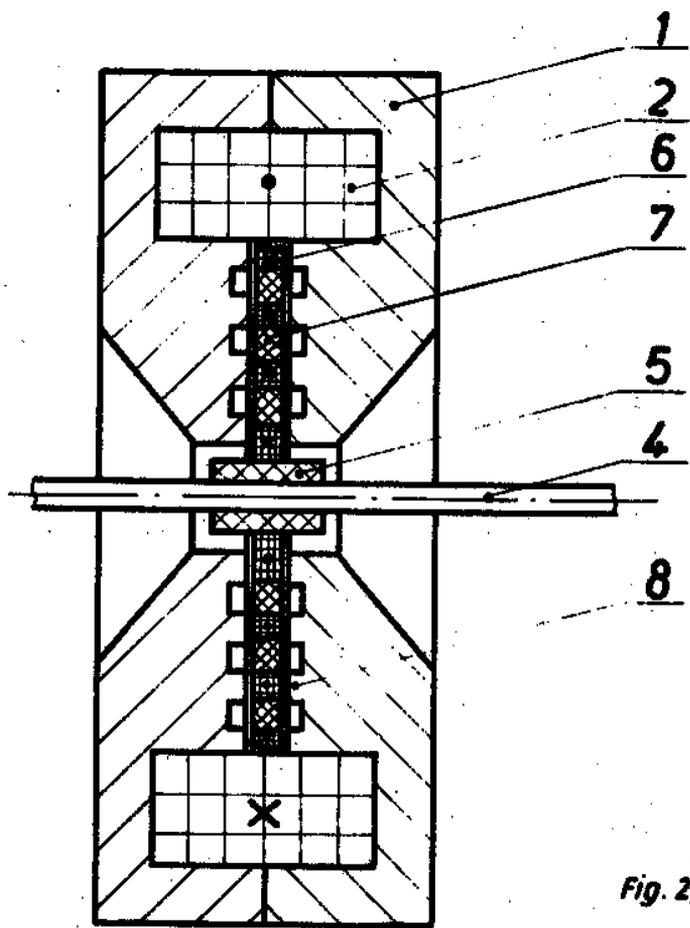


Fig. 2

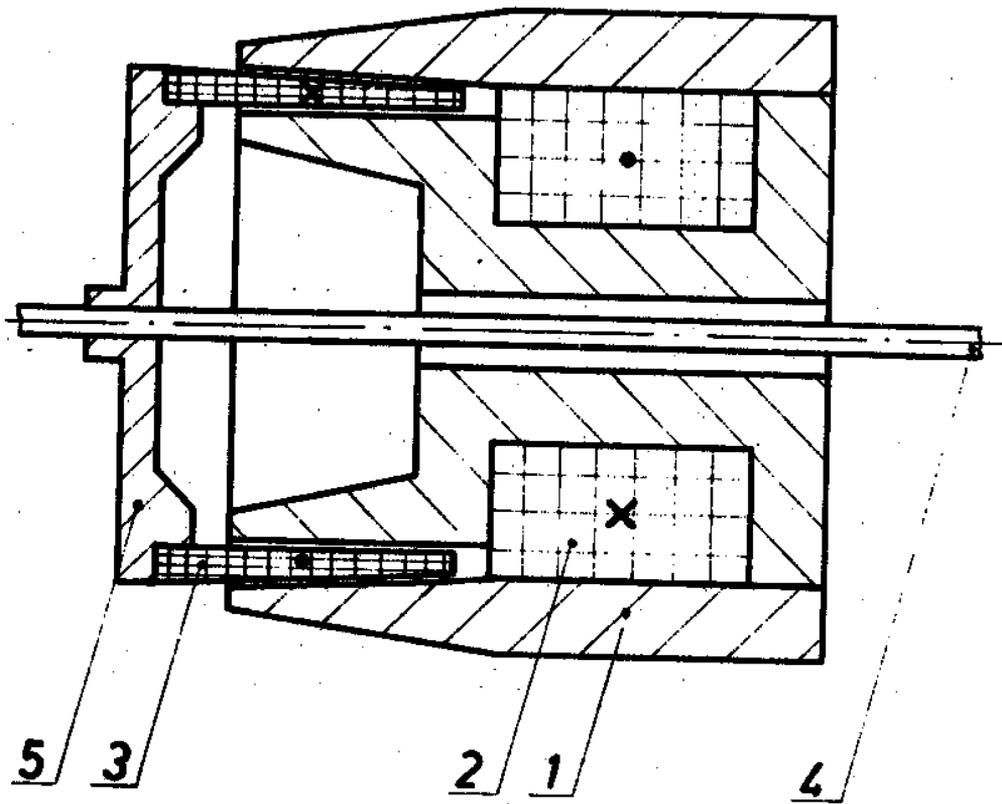


Fig. 3