

⑤

Int. Cl. 2:

F 16 C 32-04

⑩ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 25 18 735 A1

⑪

Offenlegungsschrift 25 18 735

⑫

Aktenzeichen: P 25 18 735.3

⑬

Anmeldetag: 26. 4. 75

⑭

Offenlegungstag: 27. 11. 75

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

9. 5. 74 Frankreich 7416080

⑤④

Bezeichnung: Magnetische Lager

⑦①

Anmelder: Societe Europeenne de Propulsion, Puteaux, Hauts-de-Seine (Frankreich)

⑦④

Vertreter: Feder, H., Dr.; Feder, W.-D., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Pat.-Anwälte,
4000 Düsseldorf

⑦②

Erfinder: Brunet, Maurice, Foret de Vernon; Habermann, Helmut,
Vernon (Frankreich)

DI 23 10 / 33 A1

DR. HEINZ FEDER

DR. WOLF-D. FEDER

PATENTANWÄLTE
DüsseldorfAkte 75-10/20-136

25. April 1975 WF/Si

Société Anonyme dite: Societe Europeenne de Produlsion ,
3, Avenue du Gal de Gaulle, F 92800 Puteaux

Magnetisches Lager

-.-

Die vorliegende Erfindung betrifft ein magnetisches Lager und insbesondere ein aktives magnetisches Lager mit sehr geringen Reibungsmomenten.

Ein "aktives" magnetisches Lager weist mindestens folgende Teile auf:

Eine Meßvorrichtung für die Lageveränderung, eine Steuer-elektronik und einen Elektromagneten. Dabei besteht zwischen diesen Teilen eine Abhängigkeit in dem Sinne, daß jeder von der Meßvorrichtung gemessenen Variation der Lageveränderung dadurch entgegengewirkt wird, daß mit Hilfe des Elektromagnets entgegenwirkende magnetische Kräfte erzeugt werden. Ein aktives magnetisches Lager ist insbesondere in der US-PS 3 787 100 beschrieben. Diese magnetischen Lager besitzen im allgemeinen einen Stator, der einen elektromagnetischen Kreis mit mindestens einem Paar von Nord-Süd-Polen aufweist. Auf diese Weise können sich die in dem Stator induzierten Feldlinien des magnetischen Kreises in einem magnetischen Teil des in dem magnetischen Lager angeordneten Rotors wieder schließen, wobei dieser Teil des Rotors gegenüber dem Stator angeordnet ist.

- 2 -

Magnetische Lager sind in allen Fällen mit großem Vorteil verwendbar, wo sich ein Rotor mit extrem hoher Geschwindigkeit drehen soll, denn bei ihnen werden alle Möglichkeiten mechanischer Reibung vermieden, weil zwischen Rotor und Stator kein mechanischer Kontakt vorhanden ist. Allerdings hat sich herausgestellt, daß bei ihnen verschiedene physikalische Phänomene auftreten, welche, wenn sie auch nicht auf mechanische Ursachen zurückgehen, doch der Grund für eine Abbremsung der Rotation des Rotors sind und die in entsprechender Analogie deshalb als "Reibungen" bezeichnet werden.

Diese Reibungen, welche dem guten Funktionieren des magnetischen Lagers sehr abträglich sein können, haben prinzipiell zwei physikalische Ursachen:

Einerseits die Verluste, welche durch im Rotor induzierte Foucault'sche Ströme hervorgerufen werden und andererseits die Verluste, welche durch Hysterese-Effekte aufgrund der Änderungen des im Rotor und im Stator induzierten magnetischen Feldes hervorgerufen werden. Die durch Foucault'sche Ströme entstehenden Verluste können in bekannter Weise durch Verwendung dünner Bleche mit hohem spezifischem Widerstand reduziert werden.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe bestand darin, ein magnetisches Lager der Bauart, welche einen Stator ^{besitzt} mit einem elektromagnetischen Kreis, der wenigstens ein Paar von Nord-Süd-Polen aufweist, vorzuschlagen, bei dem die durch "Reibungen" aufgrund von Hysterese-Effekten erzeugten Momente auf ein Minimum reduziert oder wenigstens sehr deutlich verringert sind, gegenüber denen, die bei bekannten magnetischen Lagern auftreten, indem sie durch einen Faktor von der Größenordnung 10 oder höher geteilt werden.

Gemäß der Erfindung wird die Lösung dieser Aufgabe dadurch erreicht, daß der elektromagnetische Kreis des Stators mindestens einen Elektromagnet mit U-förmigem Querschnitt aufweist, dessen

- 3 -

- 3 -

Schenkel jeweils einen Nord- bzw. Südpol bilden und der Elektromagnet so angeordnet^{ist}, daß seine, den Nord- und Südpol voneinander trennende, Symmetrieebene senkrecht zur Rotationsachse des magnetischen Lagers angeordnet ist.

Auf diese Weise wird ein erster Vorteil der Erfindung erreicht, der darin besteht, daß die Linie, welche die Nord- und Südpole miteinander verbindet, parallel zur Rotationsachse des magnetischen Lagers und damit zur Achse des Rotors verläuft, und daß deshalb nicht mehr dieselben Teile des Rotors nacheinander vor den Nordpolen und Südpolen vorbeilaufen. Dies hat zur Folge, daß der Hysterese-Zyklus, welcher die Magnetisierung an jedem Punkt des Rotors bei jedem Vorbeigang des Punktes an einem der Pole beschreibt, sich nur zwischen den Werten 0 und +B erstreckt, was der maximalen Induktion entspricht, die durch den besagten Pol erfolgt, oder zwischen den Werten 0 und -B für einen Pol entgegengesetzter Polarität und nicht mehr zwischen den Werten -B bis +B, wie es der Fall ist, wenn sowohl der Nordpol als auch der Südpol eines Polpaares nacheinander im gleichen Abschnitt des Rotors bei seinem Umlauf magnetisieren können.

Auf diese Weise wird die Fläche der Schleife des Hysterese-Kreises im Verhältnis 1:3 bis 4 verkleinert, was einer entsprechenden Verminderung der durch diesen Hysterese-Effekt hervorgerufenen Verluste bewirkt.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in der Tatsache, daß die Feldlinien, welche im Rotor die Teile des Rotors, die jeweils dem Nordpol und dem Südpol gegenüberliegen, miteinander verbinden, im wesentlichen konstante Trajektorien behalten und es deshalb möglich ist, diesen Rotor aus Blechen mit orientiertem Korn aufzubauen, was eine weitere Verminderung der Hysterese-Verluste wenigstens im Verhältnis 1:3 ermöglicht.

- 4 -

- 4 -

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden im folgenden durch ein anhand der Zeichnungen erläutertes Ausführungsbeispiel für ein magnetisches Lager beschrieben.

In den Zeichnungen zeigt:

Figur 1 in schematischer Darstellung eine perspektivische Ansicht der besonderen einander entsprechenden Teile eines magnetischen Lagers gemäß der Erfindung eines in diesem Lager angeordneten Rotors.

Figur 2 ist ein Axialschnitt durch das Lager und den Rotor nach der Linie II-II in Figur 1.

Wie aus Figur 1 ersichtlich, besitzt das erfindungsgemäße magnetische Lager insbesondere einen Stator, welcher mindestens einen Elektromagnet 1 aufweist. Dieser Elektromagnet 1 besitzt einen aus Figur 2 ersichtlichen Querschnitt in Form eines "U", dessen einer Schenkel 1a den Nordpol und dessen anderer Schenkel 1b den Südpol des Magneten bildet.

In dem magnetischen Lager ist ein Rotor 2 angeordnet, der um eine im wesentlichen stationäre Rotationsachse 2c drehbar ist.

Erfindungsgemäß ist der Elektromagnet mit U-förmiger Querschnittsform so angeordnet, daß seine Symmetrieebene 1c, welche seinen Schenkel 1a, der den Nordpol darstellt und seinen Schenkel 1b, der den Südpol darstellt, voneinander trennt, senkrecht zur stationären Drehachse 2c des Rotors 2 im magnetischen Lager angeordnet ist.

Der auf gleicher Höhe mit und gegenüber dem Elektromagnet 1 angeordnete Rotor 2 besitzt einen Teil 2d, der als Drehfläche ausgebildet ist, welche durch Rotation eines Teiles in Form eines "U" um die stationäre Achse 2c erzeugt ist und analog dem Querschnitt des Elektromagneten 1 ausgebildet ist. Wie aus Figur 2 ersichtlich, besitzt somit der Rotor 2 in seiner Querschnittsform ebenfalls zwei Schenkel 2a und 2b, die in

- 5 -

- 5 -

der Verlängerung der Schenkel 1a und 1b des Elektromagneten 1 angeordnet sind.

Dieser Teil des Rotors 2, der auf gleicher Höhe mit dem Elektromagneten 1 liegt, ist vorzugsweise aus lamellierten Blechen mit sehr feinem Lamellierungsgrad aufgebaut.

Auf diese Weise können sich die Feldlinien 3 des elektromagnetischen Kreises, die in an sich bekannter Weise im Elektromagnet 1 durch eine um den Elektromagneten herumgeführte Spule 4 induziert werden, sich in dem U-förmigen Teil des Rotors 2 wieder schließen, der die beiden Schenkel 2a und 2b miteinander verbindet.

Aus dieser Anordnung geht klar hervor, daß der Teil des Rotors 2, der dem Schenkel 2a entspricht, auf dem ganzen Umfang des Rotors 2 nur jeweils durch einen Nordpol (1a) magnetisiert wird, während hingegen der Teil des Rotors 2, der dem Schenkel 2b entspricht, auf dem ganzen Umfang des Rotors nur von einem Südpol (1b) magnetisiert wird.

Da aus diesem Grunde die Richtung der Feldlinien an jedem Punkt des Rotors 2 im wesentlichen erhalten bleibt, wird es nunmehr möglich, zur Ausbildung dieses magnetischen Teiles des Rotors 2 lamellierte Bleche mit orientierten Korn zu verwenden. Dies war bei bekannten Vorrichtungen nicht möglich, weil der Orientierungssinn der Magnetisierung an jedem Punkt des Rotors sich ständig änderte, wenn dieser Punkt nacheinander an einem Nordpol oder an einem Südpol vorbeilief.

Es wird darauf hingewiesen, daß das anhand der Figuren erläuterte magnetische Lager lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellt, und daß es möglich ist, verschiedene wünschenswerte Änderungen ohne Abänderung des erfinderischen Grundgedankens durchzuführen.

- 6 -

- 6 -

So ist es insbesondere möglich, um den Rotor 2 herum eine Anzahl von mehreren Elektromagneten anzuordnen, die ähnlich ausgebildet sein können, wie der Elektromagnet 1, der oben beschriebenen Ausführungsform und zwar können vorteilhaft eine Anzahl von zwei, vier oder acht oder mehr Paaren von Elektromagneten 1 vorhanden sein, wobei ihre Anzahl gleich einer Zahl aus der geometrischen Folge mit dem allgemeinen Glied $U_n = 2^n$ ist, in der n eine ganze Zahl ist.

Patentansprüche

- 7 -

Patentansprüche

1. Aktives magnetisches Lager mit einem Stator, dessen elektromagnetischer Kreis mindestens ein Paar von Nord-Süd-Polen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromagnetische Kreis des Stators mindestens einen Elektromagnet (1) mit U-förmigem Querschnitt aufweist, dessen Schenkel (1a, 1b) jeweils einen Nord- bzw. Südpol bildet und der Elektromagnet (1) so angeordnet ist, daß seine den Nord- und Südpol voneinander trennende Symmetrieebene (1c) senkrecht zur Rotationsachse (2c) des magnetischen Lagers angeordnet ist.
2. Magnetisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Anzahl von Paaren von Nord-Süd-Polen aufweist, die gleich 2, 4, 8 oder allgemein gleich einer Zahl aus der geometrischen Folge mit dem allgemeinen Glied $U_n = 2^n$ ist, wobei n eine ganze Zahl ist.
3. Magnetisches Lager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Lager ein Rotor (2) angeordnet ist, und daß im Stator induzierte magnetische Kreise sich in einem Teil des Rotors wieder schließen, der aus lamellenförmigen Blechen mit feiner Lamellierung aufgebaut ist.
4. Magnetisches Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Stator induzierte magnetische Kreise sich in einem Teil des Rotors (2) wieder schließen, der aus ~~gleich~~ Blechen mit orientiertem Korn aufgebaut ist.
5. Magnetisches Lager nach den Ansprüchen 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des Rotors (2), in dem sich im Stator induzierte magnetische Kreise wieder schließen, an seinem äußeren Umfang die Form eines Ringes mit U-förmigem Querschnitt aufweist, der gegenüber dem Stator (1) angeordnet ist.

-8.

Leerseite

Fig 1

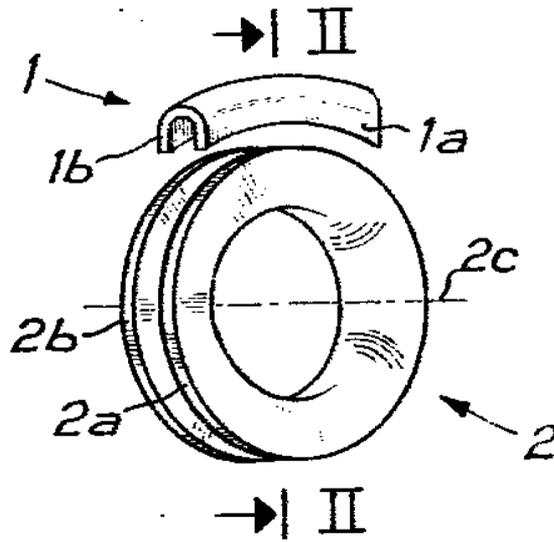
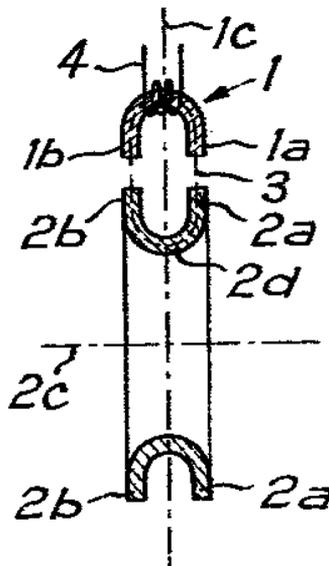


Fig 2



509848/0358