

Beschreibung

Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein fluiddynamisches Lager mit optimiertem Lagerreibungsverlust. Fluiddynamische Lager werden bevorzugt zur Drehlagerung von Spindelmotoren eingesetzt.

Stand der Technik

[0002] Eine bekannte Ausgestaltung eines Spindel-motors mit fluiddynamischem Lagersystem ist in der DE 102 39 650 B3 offenbart. Der Spindelmotor dient zum Antrieb von Speicherplatten eines Festplattenlaufwerks und umfasst eine Grundplatte mit einer darin befestigten Lagerbuchse. Die Lagerbuchse weist eine axiale Bohrung zur Aufnahme einer Welle auf. Die Welle rotiert frei in der feststehenden Lagerbuchse und bildet zusammen mit dieser ein Radiallager. Die in gegenseitiger Wirkverbindung stehenden Lageroberflächen von Welle und Lagerbuchse sind durch einen dünnen, konzentrischen und mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt voneinander beabstandet. In wenigstens einer Lageroberfläche ist eine Lager-rillenstruktur eingearbeitet, welche infolge der rotatorischen Relativbewegung zwischen Welle und Lagerbuchse lokale Beschleunigungskräfte auf das im Lagerspalt befindliche Lagerfluid ausübt. Auf diese Weise entsteht eine Art Pumpwirkung, die zur Ausbildung eines homogenen und gleichmäßig dicken Schmiermittelfilms innerhalb des Lagerspalts führt, der durch Zonen fluiddynamischen Druckes stabilisiert wird. Die Welle trägt eine Nabe, auf der z. B. eine oder mehrere Speicherplatten des Festplattenlaufwerks angeordnet sind. Eine Verschiebung der beschriebenen Welle entlang der Rotationsachse wird durch entsprechend ausgestaltete fluiddynamische Axiallager verhindert. Die fluiddynamischen Axiallager werden vorzugsweise durch die beiden Stirnflächen einer bevorzugt an einem Ende der Welle angeordneten Druckplatte gebildet, wobei der einen Stirnfläche der Druckplatte eine entsprechende Stirnfläche der Lagerbuchse und der anderen Stirnfläche die innen liegende Stirnfläche einer Abdeckung zugeordnet ist. Die Abdeckung bildet ein Gegenlager zur Druckplatte und verschließt die offene Seite des Lagersystems und verhindert, dass Luft in den mit Lagerfluid gefüllten Lagerspalt eindringt oder das Lagerfluid ausläuft. Bei dem gezeigten Lagersystem wird ein flüssiges Lagerfluid, beispielsweise ein Lageröl verwendet. Es ist ein elektromagnetisches Antriebssystem vorhanden, das aus einer am feststehenden Teil des Motors angeordneten Statoranordnung und einem an der Nabe angeordneten Permanentmagneten besteht.

[0003] Die DE 102 39 650 B3 zeigt ein bei Spindelmotoren zum Antrieb von Festplattenlaufwerken häufig verwendetes Single-Plate-Design, d. h. es ist nur

eine Druckplatte vorhanden. Der Motor umfasst relativ wenige, einfach und kostengünstig produzierbare und verbindbare Teile und Funktionskomponenten, und ist daher sehr robust, da Toleranzen und auch die Funktionsweise von radialem und axialem Lager praktisch unabhängig voneinander sind. Es ist eine Anordnung aller Bauteile des Motors unter der glockenförmigen Nabe möglich, insbesondere auch des Fluidlagersystems, das auf der Seite der Axiallager verschlossen ist, wobei die gegenüberliegende offene Seite durch eine Kapillardichtung abgedichtet ist. Es ist eine einfache Integration der Motorkomponenten in das Festplattenlaufwerk möglich.

[0004] Für Festplattenlaufwerke mit höherer Speicherkapazität und damit größerer Anzahl an Speicherplatten, z. B. mit vier oder fünf Speicherplatten, oder Serverlaufwerke mit dickeren Speicherplatten, also insgesamt höherer Rotormasse, ist es notwendig, für eine ausreichende Steifigkeit des gesamten Motorsystems zu sorgen. Dies kann z. B. durch Vergrößerung der Lagerflächen, erzielt werden, indem beispielsweise der Abstand der Radiallager oder der Durchmesser der Welle vergrößert wird. Eine Vergrößerung der Lagerfläche vergrößert aber die Lagerreibungsverluste und erhöht den Stromverbrauch des Antriebsmotors. Man ist daher bestrebt, einen Kompromiss zwischen Wellendurchmesser und Lagerreibung zu finden.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Es ist die Aufgabe der Erfindung, die Lagerreibungsverluste eines fluiddynamischen Lagersystems zu optimieren.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein fluiddynamisches Lagersystem mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0007] Bevorzugte Ausgestaltungen und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Das erfindungsgemäße fluiddynamische Lager zur Drehlagerung einer Last umfasst eine Lagerbuchse mit einer Lagerbohrung und eine Welle, die in der Lagerbohrung der Lagerbuchse um eine Rotationsachse drehbar gelagert ist. Die Welle hat einen Durchmesser D_{shaft} und weist zusammen mit der Last eine Masse m_{Rot} und eine senkrecht zur Rotationsachse verlaufende Schwereebene auf. Ein axialer Lagerspalt verläuft zwischen Oberflächen der Lagerbohrung und der Welle. Es ist ein erstes Radiallager vorgesehen, das eine Lagerlänge L_{URB} aufweist und in einem ersten Abstand L_{upper} zur Schwereebene angeordnet ist. Ein zweites Radiallager ist in einem zweiten Abstand L_{lower} zur Schwereebene CG angeordnet. Erfindungsgemäß umfasst das Lager ei-

nen den Lagerreibungsverlust bestimmenden Parameter R, wobei gilt,

$$R = \frac{D_{\text{Shaft}}}{L_{\text{URB}} \cdot F_L} \leq 1, \text{ und}$$

$$F_L = \frac{m_{\text{Rot}} \cdot g}{L_{\text{Lower}} \div (L_{\text{Upper}} + L_{\text{Lower}})}.$$

[0009] Der Lagerreibungsverlust hängt im Wesentlichen von der axialen Länge der Radiallager ab und dem Durchmesser der Welle. Hinzu kommt ein Lastfaktor, der abhängig ist von dem Abstand des Apex der Radiallager zur Schwerebene des Rotors.

[0010] Aus den oben angegebenen Größen errechnet sich ein Reibungsparameter R, der vorzugsweise ≤ 1 sein sollte, damit der Motor eine tolerierbare Lagerreibung aufweist.

[0011] Für ein Lager mit einem Durchmesser der Welle zwischen 4 und 5 mm wird für den Parameter R größer gleich 1,0 angestrebt.

[0012] Für ein Lager mit einem Wellendurchmesser von kleiner gleich 4 mm wird ein Faktor R von kleiner gleich 0,8 sein.

[0013] Das fluiddynamische Lager dient vorzugsweise zur Drehlagerung eines Spindelmotors, wie er beispielsweise zum Antrieb eines Speicherplattenlaufwerkes vorgesehen sein kann. Der Spindelmotor umfasst einen Stator und einen Rotor, der mittels des fluiddynamischen Lagers gegenüber dem Stator drehgelagert ist. Der Rotor umfasst die Welle und die an der Welle angeordnete Last und wird durch ein elektromagnetisches Antriebssystem drehend angetrieben.

[0014] In einem Speicherplattenlaufwerk besteht die Last aus mehreren Speicherplatten, die an dem rotierenden Teil des Spindelmotors befestigt sind. Für eine Anzahl von Speicherplatten $n = 5$ und einem Wellendurchmesser zwischen 4 mm und 5 mm wird vorzugsweise $R \leq 1,0$ gewählt.

[0015] Für eine Anzahl von Speicherplatten $n = 4$ und einem Wellendurchmesser von kleiner gleich 4 mm wird vorzugsweise $R \leq 0,8$ gewählt.

[0016] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Hierbei ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen Spindelmotor mit erfindungsgemäß optimiertem Lager-system,

[0018] Fig. 2 zeigt ein Diagramm für Werte des Parameters R in Abhängigkeit des Wellendurchmessers D_{shaft} und der Anzahl n der Speicherplatten (Disks).

Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

[0019] Der in Fig. 1 dargestellte Spindelmotor **10** mit fluiddynamischem Lagersystem umfasst eine Grundplatte **12** mit einer im wesentlichen zentralen Öffnung, in die eine Lagerbuchse **14** eingesetzt ist, die beispielsweise durch Verpressen, Verkleben oder Verschweißen mit der Grundplatte **12** verbunden ist. Die Lagerbuchse **14** weist eine axiale Bohrung zur Aufnahme einer Welle **16** auf, wobei zwischen dem Innendurchmesser der Bohrung und dem Außendurchmesser der Welle **16** ein ringförmiger konzentrischer Lagerspalt **20** verbleibt, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise Öl, gefüllt ist. Die Welle **16** kann daher frei in der feststehenden Lagerbuchse **14** rotieren und bildet zusammen mit dieser in bekannter Weise zwei axial voneinander beabstandete fluiddynamische Radiallager **18a**, **18b** aus.

[0020] Am freien Ende der Welle **16** ist eine Nabe **22** befestigt, auf der mehrere Speicherplatten **36** eines Festplattenlaufwerks angeordnet sind. Eine Verschiebung der Welle **16** entlang der Rotationsachse **24** wird durch entsprechend ausgestaltete fluiddynamische Axiallager **30a**, **30b** verhindert. Die fluiddynamischen Axiallager **30a**, **30b** werden vorzugsweise durch die beiden Stirnflächen einer bevorzugt an einem Ende der Welle **16** angeordneten Druckplatte **26** gebildet, wobei der einen Stirnfläche der Druckplatte **26** eine entsprechende Stirnfläche der Lagerbuchse **14** und der anderen Stirnfläche die innen liegende Stirnfläche einer Abdeckplatte **28** zugeordnet ist. Die Abdeckplatte **28** bildet ein Gegenlager zur Druckplatte **26** und verschließt die offene Seite des Lagersystems und verhindert, dass Luft in den mit Lagerfluid gefüllten Lagerspalt **20** eindringt oder Lagerfluid ausläuft.

[0021] Der Motor wird durch ein elektromagnetisches Antriebssystem angetrieben, das im Wesentlichen aus einer am feststehenden Teil des Motors angeordneten Statoranordnung **32** und einem an der Nabe angeordneten Permanentmagneten **34** besteht.

[0022] Die Lagerreibungsverluste hängen im Wesentlichen ab von den Abmessungen der Radiallager **18a** und **18b** sowie dem Durchmesser der Welle D_{shaft} . Insbesondere spielt hierbei die axiale Ausdeh-

nung des ersten Radiallagers **18a** eine Rolle, die bestimmt ist durch L_{URB} .

[0023] Der Rotor des Motors umfasst zum einen die Welle **16**, die Nabe **22** und die an der Nabe befestigten Speicherplatten **36**. Ferner zählt hierzu der Rotormagnet **34**. Die Gesamtmasse des Rotors beträgt m_{Rot} . Diese Gesamtmasse m_{Rot} hat eine Schwereebene, also eine Ebene senkrecht zur Rotationsachse **34**, die mit **38** bezeichnet ist. Erfindungsrelevant ist nun der Abstand L_{upper} des ersten Radiallagers **18a** zur Schwereebene **38** und der Abstand L_{lower} des zweiten Radiallagers **18b** zur Schwereebene **38**. Hieraus errechnet sich ein Lastfaktor F_L , der bestimmt wird durch die Gewichtskraft des Rotors $F_{Rot} = m_{Rot} \cdot g$ dividiert durch den Abstand L_{lower} , dividiert durch die Summe $L_{upper} + L_{lower}$:

$$F_L = \frac{m_{Rot} \cdot g}{L_{Lower} \div (L_{upper} + L_{Lower})}$$

[0024] Dieser Lastfaktor F_L bestimmt den Reibungsparameter R . Der Reibungsparameter R ist abhängig vom Durchmesser der Welle D_{shaft} im Verhältnis zur Länge des oberen Radiallagers L_{URB} und dem Lastfaktor F_L .

$$R = \frac{D_{Shaft}}{L_{URB} \cdot F_L} \leq 1$$

[0025] **Fig. 2** zeigt beispielhaft berechnete Werte für den Reibungsparameter R in Abhängigkeit des Wellendurchmessers D_{shaft} und der Anzahl n der am Rotor befestigten Speicherplatten. Betrachtet man beispielweise die oberste Kurve für $R = 1,0$, so sind alle Werte unterhalb der Kurve, also $R \leq 1,0$ geeignet und sinnvoll, während alle Werte oberhalb der Kurve, also $R > 1,0$, in der Praxis nicht sinnvoll sind.

[0026] Für einen Festplattenantrieb mit fluiddynamischem Lager mit einem Wellendurchmesser von 5 mm und beispielsweise 4 oder 5 auf der Nabe angeordnete Speicherplatten ist des Lager so auszulegen, dass $R \leq 1,0$ ist.

[0027] Bei einem Motor mit einem Wellendurchmesser von beispielsweise 4 mm und 4 oder 5 Speicherplatten ist ein Reibungsparameter $R \leq 0,8$ anzustreben.

24	Rotationsachse
26	Druckplatte
28	Abdeckplatte
30a, 30b	Axiallager
32	Statoranordnung
34	Permanentmagnet
36	Speicherplatte
38	Schwereebene

Bezugszeichenliste

10	Spindelmotor
12	Grundplatte
14	Lagerbuchse
16	Welle
18a, 18b	Radiallager
20	Lagerspalt
22	Nabe

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10239650 B3 [[0002](#), [0003](#)]

Patentansprüche

für eine Anzahl der Speicherplatten von $n \leq 4$ gilt:
 $D_{\text{Shaft}} \leq 4 \text{ mm}$ und $R \leq 0,8$.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

1. Fluiddynamisches Lager mit optimiertem Lagerreibungsverlust zur Drehlagerung einer Last, umfassend:

eine Lagerbuchse (**14**) mit einer Lagerbohrung, eine Welle (**16**), die in der Lagerbohrung der Lagerbuchse (**14**) um eine Rotationsachse (**24**) drehbar gelagert ist, einen Durchmesser D_{shaft} aufweist und zusammen mit der Last eine Masse m_{Rot} und eine senkrecht zur Rotationsachse (**24**) verlaufende Schwereebene (**38**) aufweist, einen Lagerspalt (**20**), der zwischen den Oberflächen der Lagerbohrung und der Welle (**14**) verläuft,

ein erstes Radiallager (**18a**), das eine Lagerlänge L_{URB} aufweist und in einem ersten Abstand L_{upper} zur Schwereebene (**38**) angeordnet ist, und

ein zweites Radiallager (**18b**), das in einem zweiten Abstand L_{lower} zur Schwereebene (**38**) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**,

dass es einen den Lagerreibungsverlust bestimmenden Parameter R umfasst, wobei gilt

$$R = \frac{D_{\text{Shaft}}}{L_{\text{URB}} \cdot F_L} \leq 1, \text{ und}$$

$$F_L = \frac{m_{\text{Rot}} \cdot g}{L_{\text{Lower}} \div (L_{\text{upper}} + L_{\text{Lower}})}.$$

2. Fluiddynamisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass $R \leq 1,0$, für einen Durchmesser D_{shaft} der Welle (**14**) von $4 \text{ mm} < D_{\text{shaft}} \leq 5 \text{ mm}$.

3. Fluiddynamisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass $R \leq 0,8$, für einen Durchmesser D_{shaft} der Welle (**14**) von $D_{\text{shaft}} \leq 4 \text{ mm}$.

4. Spindelmotor zum Antrieb eines Speicherplattenlaufwerks, mit einem Stator und einem Rotor, der mittels des fluiddynamischen Lagersystems gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 gegenüber dem Stator drehbar gelagert ist, wobei der Rotor die Welle (**14**) und die an der Welle angeordnete Last (**22; 36**) umfasst und durch ein elektromagnetisches Antriebssystem (**32; 34**) drehend angetrieben ist.

5. Spindelmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Last mehrere Speicherplatten (**36**) des Speicherplattenlaufwerkes umfasst, wobei für eine Anzahl der Speicherplatten von $n = 5$ gilt: $4 \text{ mm} < D_{\text{Shaft}} \leq 5 \text{ mm}$ und $R \leq 1,0$.

6. Spindelmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Last mehrere Speicherplatten (**36**) des Speicherplattenlaufwerkes umfasst, wobei

Fig. 2

