



(10) **DE 10 2010 013 675 A1** 2011.10.06

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 013 675.1**

(22) Anmeldetag: **01.04.2010**

(43) Offenlegungstag: **06.10.2011**

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

H02K 7/09 (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

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

(72) Erfinder:
Lang, Matthias, Dr., 13158, Berlin, DE

DE	824 231	B
DE	923 704	B
US	2007 / 0 164 627	A1
US	5 084 644	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Axialmagnetlager**

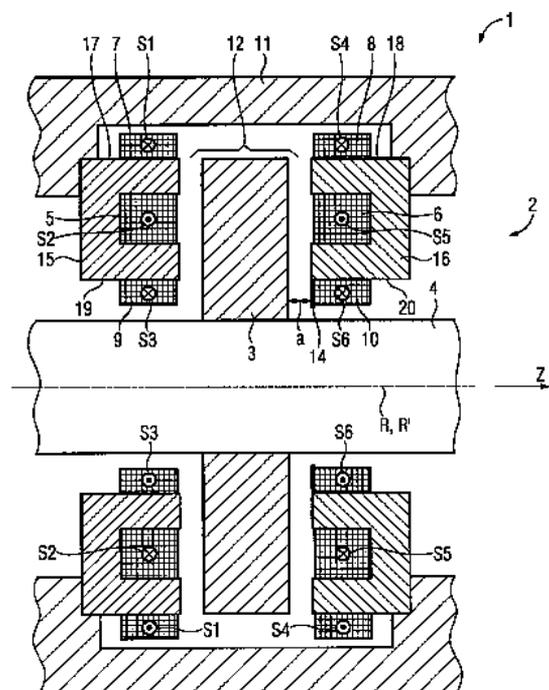
(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Axialmagnetlager, wobei das Axialmagnetlager (2) einen Rotor (3) und eine erste Hauptspule (5) und eine zweite Hauptspule (6) aufweist,

– wobei das Axialmagnetlager (2) eine um die erste Hauptspule (5) angeordnete und um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufende erste äußere Kompensationsspule (7) aufweist,

– wobei das Axialmagnetlager (2) eine um die zweite Hauptspule (6) angeordnete und um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufende zweite äußere Kompensationsspule (8) aufweist,

– wobei zwischen Drehachse (R) und erster Hauptspule (5) eine um die Drehachse des Rotors (3) verlaufende erste innere Kompensationsspule (9) angeordnet ist,

– wobei zwischen Drehachse (R) und zweiter Hauptspule (6) eine um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufende zweite innere Kompensationsspule (10) angeordnet ist. Die Erfindung schafft ein Axialmagnetlager (2), das einen nur sehr geringen Streufluss aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Axialmagnetlager zur axialen magnetischen Lagerung einer Welle.

[0002] Axialmagnetlager dienen zur axialen magnetischen Lagerung einer Welle, d. h. zur Lagerung der Welle in Richtung ihrer Drehachse.

[0003] Nachteilig bei aus dem Stand der Technik bekannten Axialmagnetlagern ist, dass der vom Axialmagnetlager erzeugte Magnetfluss sich nicht nur über den gewünschten Weg schließt. Bei der Integration des Axialmagnetlagers in die Maschine entstehen beispielsweise über ein Gehäuse oder über die Welle Streuwege für den Magnetfluss. Der über solche unerwünschten Streuwege verlaufende Magnetfluss wird allgemein als Streufluss bezeichnet. Der Streufluss schwächt zum einen die Zugkraft des Axialmagnetlagers und kann andere in der Umgebung des Axialmagnetlagers angeordnete Elemente, wie z. B. Sensoren, stören.

[0004] Eine Maßnahme zur Reduktion des magnetischen Streuflusses bei einem Axialmagnetlager ist die Fertigung des Gehäuses aus einem amagnetischen Stahl. Durch diese Maßnahme kann aber der Streufluss, welcher über die Welle verläuft, nicht beeinflusst werden.

[0005] Eine andere bekannte Lösung ist der Einsatz einer Kompensationsspule, wie sie in der US 5,084,644 und der US 2007/0164627 A1 vorgeschlagen wird. Dort wird pro Elektromagnet eine Kompensationsspule vorgeschlagen, die betragsmäßig die gleiche magnetische Durchflutung wie die Hauptspule erzeugt, jedoch mit einem entgegengesetzten Vorzeichen. Dies kann z. B. durch eine Reihenschaltung von Kompensations- und Hauptspule bei gleicher Windungszahl von Kompensations- und Hauptspule erreicht werden. Der hierdurch erreichte Abschirmeffekt ist aber nur unzureichend.

[0006] Weiterhin ist aus der Patentschrift DE 824 231 eine Anordnung zur Entlastung von Spur- oder Traglagern bei Maschinen oder Apparaten mit senkrecht stehender Welle bekannt.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Axialmagnetlager zu schaffen, das einen nur sehr geringen Streufluss aufweist.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Axialmagnetlager, wobei das Axialmagnetlager einen Rotor und eine erste Hauptspule und eine zweite Hauptspule aufweist,

- wobei der Rotor in Richtung der Drehachse des Rotors zwischen der ersten und der zweiten Hauptspule angeordnet ist,
- wobei die erste und die zweite Hauptspule um die Drehachse des Rotors verlaufen,
- wobei von der ersten und der zweiten Hauptspule ein Magnetfeld erzeugbar ist, das den Rotor in einem Luftspalt, der zwischen der ersten und der zweiten Hauptspule angeordnet ist, in Richtung der Drehachse des Rotors schwebend hält,
- wobei das Axialmagnetlager eine um die erste Hauptspule angeordnete und um die Drehachse des Rotors verlaufende erste äußere Kompensationsspule aufweist,
- wobei das Axialmagnetlager eine um die zweite Hauptspule angeordnete und um die Drehachse des Rotors verlaufende zweite äußere Kompensationsspule aufweist,
- wobei zwischen Drehachse und erster Hauptspule eine um die Drehachse des Rotors verlaufende erste innere Kompensationsspule angeordnet ist,
- wobei zwischen Drehachse und zweiter Hauptspule eine um die Drehachse des Rotors verlaufende zweite innere Kompensationsspule angeordnet ist.

[0009] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Es erweist sich als vorteilhaft, wenn beim Betrieb des Axialmagnetlagers die Summe der Beträge der magnetischen Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule und der magnetischen Durchflutung der ersten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen gleich dem Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten Hauptspule ist, wobei die magnetische Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule und der ersten äußeren Kompensationsspule eine entgegengesetzte Richtung aufweisen wie die magnetische Durchflutung der ersten Hauptspule. Durch diese Maßnahme wird eine besonders hohe Reduzierung des Streuflusses ermöglicht.

[0011] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn beim Betrieb des Axialmagnetlagers der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule und der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen halb so groß sind wie der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten Hauptspule, da hierdurch eine besonders einfache Gesamtanordnung geschaffen wird.

[0012] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn beim Betrieb des Axialmagnetlagers die Summe der Beträge der magnetischen Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der magnetischen Durchflutung der zweiten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen gleich dem Betrag der

magnetischen Durchflutung der zweiten Hauptspule ist, wobei die magnetische Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der zweiten äußeren Kompensationsspule eine entgegengesetzte Richtung aufweisen wie die magnetische Durchflutung der zweiten Hauptspule. Durch diese Maßnahme wird eine besonders hohe Reduzierung des Streuflusses ermöglicht.

[0013] Weiterhin erweist es sich als vorteilhaft, wenn beim Betrieb des Axialmagnetlagers der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen halb so groß sind wie der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten Hauptspule da hierdurch eine besonders einfache Gesamtanordnung geschaffen wird.

[0014] Weiterhin erweist sich als vorteilhaft, wenn die erste innere Kompensationsspule, die erste Hauptspule und die erste äußere Kompensationsspule elektrisch in Reihe geschaltet sind, da hierdurch eine besonders einfache Gesamtanordnung geschaffen wird.

[0015] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn die zweite innere Kompensationsspule, die zweite Hauptspule und die zweite äußere Kompensationsspule elektrisch in Reihe geschaltet sind, da hierdurch eine besonders einfache Gesamtanordnung geschaffen wird.

[0016] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Summe der Anzahl der Windungen der ersten inneren Kompensationsspule und der ersten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen der Anzahl der Windungen der ersten Hauptspule entspricht. Hierdurch wird eine besonders einfache Ausbildung des Axialmagnetlagers ermöglicht.

[0017] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Summe der Anzahl der Windungen der zweiten inneren Kompensationsspule und der zweiten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen der Anzahl der Windungen der zweiten Hauptspule entspricht. Hierdurch wird eine besonders einfache Ausbildung des Axialmagnetlagers ermöglicht.

[0018] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn das Axialmagnetlager derart ausgebildet ist, dass im Betrieb des Axialmagnetlagers, der durch die zweite äußere Kompensationsspule fließende Strom die gleiche Stromrichtung aufweist wie der durch die erste äußere Kompensationsspule fließende Strom und der durch die zweite Hauptspule fließende Strom die gleiche Stromrichtung aufweist wie der durch die erste Hauptspule fließende Strom und der durch die zweite innere Kompensationsspule fließende Strom die gleiche Stromrichtung aufweist wie der durch die

erste innere Kompensationsspule fließende Strom. Durch diese Maßnahme wird eine besonders kompakte Bauweise des Rotors ermöglicht.

[0019] Ferner erweist sich eine Maschine als vorteilhaft, die eine rotierbar angeordnete Welle und das erfindungsgemäße Axialmagnetlager aufweist, wobei der Rotor des Axialmagnetlagers mit der Welle verbunden ist.

[0020] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

[0021] **Fig. 1** eine Maschine, die das erfindungsgemäße Axialmagnetlager aufweist, und

[0022] **Fig. 2** ein elektrisches Schaltbild des Axialmagnetlagers.

[0023] In **Fig. 1** ist in Form einer schematisierten Darstellung eine Maschine 1 dargestellt, welche eine um eine Drehachse R' rotierbar angeordnete Welle 4 und das erfindungsgemäße Axialmagnetlager 2 aufweist. In **Fig. 1** sind der Übersichtlichkeit halber nur die zum Verständnis der Erfindung notwendigen Elemente der Maschine 1 dargestellt. Die Maschine kann z. B. als Elektromotor oder Generator zur Erzeugung elektrischer Energie ausgebildet sein.

[0024] Das Axialmagnetlager 2 weist einen Rotor 3, eine erste Hauptspule 5 und eine zweite Hauptspule 6 auf. Im Rahmen des Ausführungsbeispiels ist der Rotor 3 als eine Scheibe ausgebildet, die in der Mitte ein Loch aufweist durch das die Welle 4 hindurchgeführt ist. Der Rotor 3 ist drehfest mit der Welle 4 der Maschine 1 verbunden. Der Rotor 3 rotiert im Betrieb der Maschine 1 um eine Drehachse R, die mit der Drehachse R' der Welle 4 übereinstimmt. Die Drehachsen R und R' weisen dabei die axiale Richtung Z auf. Im Rahmen des Ausführungsbeispiels weist dabei die Maschine 1 ein Gehäuse 11 auf. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass das Gehäuse 11 aber auch Bestandteil des Axialmagnetlagers 2 sein kann und solchermaßen auch das Gehäuse des Axialmagnetlagers 2 sein kann.

[0025] Der Rotor 3 ist in Richtung Z der Drehachse R des Rotors 3 zwischen der ersten und der zweiten Hauptspule 5 und 6 angeordnet. Weiterhin verlaufen die erste Hauptspule 5 und die Hauptspule 6 um die Drehachse R des Rotors 3, d. h. die Windungen der ersten und der zweiten Hauptspule 5 und 6 verlaufen um die Drehachse R des Rotors 3. Von der ersten und der zweiten Hauptspule wird im Betrieb des Axialmagnetlagers ein Magnetfeld erzeugt, das den Rotor 3 in einem Luftspalt 12, der zwischen der ersten und der zweiten Hauptspule 5 und 6 angeordnet ist, in Richtung Z der Drehachse R des Rotors 3, schwebend hält. Eine Steuereinrichtung 21 des Axial-

magnetlagers 2 erzeugt hierzu (siehe Fig. 2) entsprechende Ströme I_1 und I_2 , welche zur Erzeugung des Magnetfelds durch die erste und die zweite Hauptspule 5 und 6 fließen. Die Ströme I_1 und I_2 werden dabei von der Steuereinrichtung 21 derart erzeugt, dass das Magnetfeld den Rotor 3, wie schon gesagt, in dem Luftspalt 12 in Richtung Z der Drehachse R des Rotors 3, schwebend hält. Es sei dabei an dieser Stelle angemerkt, dass die Lagerung der Welle in radiale Richtung z. B. mittels eines nicht dargestellten Radialmagnetlagers, Gleitlagers oder Wälzlagers erfolgen kann. Im Rahmen des Ausführungsbeispiels ist die erste Hauptspule 5 in einem scheibenförmigen ersten Joch 15, das einen U-förmigen Querschnitt aufweist und um die Drehachse R verläuft, angeordnet. Weiterhin ist im Rahmen des Ausführungsbeispiels die zweite Hauptspule 6 in einem scheibenförmigen zweiten Joch 16, das einen U-förmigen Querschnitt aufweist und um die Drehachse R verläuft, angeordnet.

[0026] Weiterhin weist das Axialmagnetlager 2 eine um die erste Hauptspule 5 angeordnete und um die Drehachse R des Rotors 3 verlaufende erste äußere Kompensationsspule 7 und eine um die zweite Hauptspule 6 und um die Drehachse R des Rotors 3 verlaufende zweite äußere Kompensationsspule 8 auf. Die erste äußere Kompensationsspule 7 ist an der der Drehachse R abgewandten Außenseite 17 des ersten Jochs 15 angeordnet. Die zweite äußere Kompensationsspule 8 ist an der der Drehachse R abgewandten Außenseite 18 des zweiten Jochs 16 angeordnet. Die von der Drehachse R abgewandte Außenseite 17 des ersten Jochs 15 ist die am weitesten von der Drehachse R entfernte Seite des ersten Jochs 15. Die von der Drehachse R abgewandte Außenseite 18 des zweiten Jochs 16 ist die am weitesten von der Drehachse R entfernte Seite des zweiten Jochs 16.

[0027] Die erste und die zweite äußere Kompensationsspulen 7 und 8 verlaufen, wie schon gesagt, um die Drehachse R des Rotors 3, d. h. die Windungen der ersten und der zweiten äußeren Kompensationsspule verlaufen um die Drehachse R. Die durch die erste und zweite äußere Kompensationsspule 7 und 8 fließenden Ströme weisen dabei die Stromrichtungen S1 und S4 auf, die entgegengesetzt sind zu den Stromrichtungen S2 und S5 der durch die erste und zweite Hauptspule 5 und 6 fließenden Ströme.

[0028] Der bis zu diesem Punkt beschriebene Aufbau des Magnetlagers entspricht dem in der US 5,084,644 offenbarten Aufbau. Die erste äußere Kompensationsspule 7 und die zweite äußere Kompensationsspule 8 dienen dabei zur Kompensation des Streuflusses, welcher über das Gehäuse 11 und die Welle 4 verläuft.

[0029] Erfindungsgemäß weist das Axialmagnetlager 2 eine zwischen Drehachse R und der ersten Hauptspule 5 angeordnete und um die Drehachse R des Rotors 3 verlaufende erste innere Kompensationsspule 9 und eine zwischen Drehachse R und der zweiten Hauptspule 6 angeordnete und um die Drehachse R des Rotors 3 verlaufende zweite innere Kompensationsspule 10 auf, d. h. die Windungen der ersten und zweiten inneren Kompensationsspule verlaufen um die Drehachse R des Rotors 3. Die Ströme, welche im Betrieb des Axialmagnetlagers 2 durch die erste und zweite innere Kompensationsspulen 9 und 10 fließen, weisen Stromrichtungen S3 und S6 auf, die entgegengesetzt zu den Stromrichtungen S2 und S5 der durch die erste und zweite Hauptspule 5 und 6 fließenden Ströme sind. Das von den äußeren und inneren Kompensationsspulen erzeugte Magnetfeld weist somit gegenüber dem von den Hauptspulen erzeugten magnetischen Feld eine umgekehrte Polarität auf. Die erste innere Kompensationsspule 9 ist an der der Drehachse R zugewandten Innenseite 19 des ersten Jochs 15 angeordnet. Die zweite innere Kompensationsspule 10 ist an der der Drehachse R zugewandten Innenseite 20 des zweiten Jochs 16 angeordnet. Die von der Drehachse R zugewandte Innenseite 19 des ersten Jochs 15 ist die am nächsten zur Drehachse R angeordnete Seite des ersten Jochs 15. Die von der Drehachse R zugewandte Innenseite 20 des zweiten Jochs 16 ist die am nächsten zur Drehachse R angeordnete Seite des zweiten Jochs 16.

[0030] Durch die erfindungsgemäße zusätzliche Anordnung von inneren Kompensationsspulen lässt sich der Streufluss, welcher durch das Gehäuse 11 und durch die Welle 4 fließt, gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten Axialmagnetlagern, welcher nur äußere Kompensationsspulen aufweisen, stark reduzieren.

[0031] Vorzugsweise ist im Betrieb des Axialmagnetlagers 2 die Summe der Beträge der magnetischen Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule 9 und der magnetischen Durchflutung der ersten äußeren Kompensationsspule 7 gleich dem Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten Hauptspule 5, wobei die magnetische Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule 9 und der ersten äußeren Kompensationsspule 7 eine entgegengesetzte Richtung aufweisen wie die magnetische Durchflutung der ersten Hauptspule.

[0032] Die magnetische Durchflutung D einer Spule ist definiert zu:

$$D = I \cdot w \quad (1)$$

mit

I: Stromstärke durch die Spule
w: Anzahl der Windungen der Spule,

wobei entsprechend der Stromrichtung die Stromstärke I ein negatives oder positives Vorzeichen haben kann.

[0033] Es gilt somit vorzugsweise im Betrieb des Axialmagnetlagers 2:

$$|I_{H1} \cdot w_{H1}| = |I_{AK1} \cdot w_{AK1}| + |I_{IK1} \cdot w_{IK1}| \quad (2)$$

I_{H1} :	Stromstärke durch die erste Hauptspule
w_{H1} :	Anzahl der Windungen der ersten Hauptspule
I_{AK1} :	Stromstärke durch die erste äußere Kompensationsspule
w_{AK1} :	Anzahl der Windungen der ersten äußeren Kompensationsspule
I_{IK1} :	Stromstärke durch die erste innere Kompensationsspule
w_{IK1} :	Anzahl der Windungen der ersten inneren Kompensationsspule.

[0034] Vorzugsweise ist Betrieb des Axialmagnetlagers 2 die Summe der Beträge der magnetischen Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der magnetischen Durchflutung der zweiten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen gleich dem Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten Hauptspule, wobei die magnetische Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der zweiten äußeren Kompensationsspule eine entgegengesetzte Richtung aufweisen wie die magnetische Durchflutung der zweiten Hauptspule.

[0035] Es gilt somit vorzugsweise im Betrieb des Axialmagnetlagers 2:

$$|I_{H2} \cdot w_{H2}| = |I_{AK2} \cdot w_{AK2}| + |I_{IK2} \cdot w_{IK2}| \quad (3)$$

I_{H2} :	Stromstärke durch die zweite Hauptspule
w_{H2} :	Anzahl der Windungen der zweiten Hauptspule
I_{AK2} :	Stromstärke durch die zweite äußere Kompensationsspule
w_{AK2} :	Anzahl der Windungen der zweiten äußeren Kompensationsspule
I_{IK2} :	Stromstärke durch die zweite innere Kompensationsspule
w_{IK2} :	Anzahl der Windungen der zweiten inneren Kompensationsspule.

[0036] Eine besonders hohe Reduzierung des Streuflusses ergibt sich, wenn wie im Ausführungsbeispiel, beim Betrieb des Axialmagnetlagers der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule und der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten äußeren Kompensationsspule halb so groß sind wie der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten Hauptspule.

[0037] Es gilt somit:

$$\frac{1}{2} \cdot |I_{H1} \cdot w_{H1}| = |I_{AK1} \cdot w_{AK1}| = |I_{IK1} \cdot w_{IK1}| \quad (4)$$

[0038] Eine besonders hohe Reduzierung des Streuflusses ergibt sich wenn wie im Ausführungsbeispiel beim Betrieb des Axialmagnetlagers der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten äußeren Kompensationsspule halb so groß sind wie der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten Hauptspule.

[0039] Es gilt somit:

$$\frac{1}{2} \cdot |I_{H2} \cdot w_{H2}| = |I_{AK2} \cdot w_{AK2}| = |I_{IK2} \cdot w_{IK2}| \quad (5)$$

[0040] Im Rahmen des Ausführungsbeispiels ist, wie in **Fig. 2** dargestellt, die erste innere Kompensationsspule 9, die erste Hauptspule 5 und die erste äußere Kompensationsspule 7 elektrisch in Reihe geschaltet. Weiterhin ist im Rahmen des Ausführungsbeispiels in analoger Weise die zweite innere Kompensationsspule 10, die zweite Hauptspule 6 und die zweite äußere Kompensationsspule 8 elektrisch in Reihe geschaltet. Die Kompensationsspulen weisen dabei gegenüber den Hauptspulen einen umgekehrten Wicklungssinn auf.

[0041] Im Rahmen des Ausführungsbeispiels entspricht dabei die Summe der Anzahl der Windungen der ersten inneren Kompensationsspule und der ersten äußeren Kompensationsspule der Anzahl der Windungen der ersten Hauptspule und die Summe der Anzahl der Windungen der zweiten inneren Kompensationsspule und der zweiten äußeren Kompensationsspule entspricht der Anzahl der Windungen der zweiten Hauptspule.

[0042] Es gilt somit:

$$w_{H1} = w_{IK1} + w_{IA1} \quad (6)$$

$$w_{H2} = w_{IK2} + w_{IA2} \quad (7)$$

[0043] Vorzugsweise weist dabei die erste äußere Kompensationsspule die gleiche Anzahl der Windungen auf, wie die erste innere Kompensationsspule und die zweite äußere Kompensationsspule weist die gleiche Anzahl der Windungen auf, wie die zweite innere Kompensationsspule.

[0044] Beim Betrieb des Axialmagnetlagers weist dabei der durch die zweite äußere Kompensationsspule fließende Strom die gleiche Stromrichtung auf wie der durch die erste äußere Kompensationsspule fließende Strom und der durch die zweite Hauptspule fließende Strom weist die gleiche Stromrichtung auf wie der durch die erste Hauptspule fließende Strom und der durch die zweite innere Kompensationsspule

fließende Strom weist die gleiche Stromrichtung auf wie der durch die erste innere Kompensationsspule fließende Strom. Durch diese Maßnahme kann der Streufluss weiter reduziert werden.

[0045] Zur Regelung des Abstands zwischen dem Rotor 3 und dem zweiten Joch 16 ist im Rahmen des Ausführungsbeispiels am zweiten Joch 16 ein Abstandssensor 14 angeordnet, der den Abstand a vom Abstandssensor 14 zum Rotor 3 misst (siehe Fig. 1). Wie in Fig. 2 dargestellt, wird der vom Abstandssensor 14 gemessene Abstand a an die Steuereinrichtung 21 übermittelt. Eine in die Steuereinrichtung 21 integrierte Regelung und ein in die Steuereinrichtung 21 integrierter Stromrichter erzeugen, entsprechend dem Abstand a , die Ausgangsströme I_1 und I_2 zur Ansteuerung der Hauptspulen, wobei gleichzeitig infolge der elektrischen Reihenschaltung auch die Kompensationsspulen mit den Ausgangsströmen I_1 und I_2 bestromt werden.

[0046] Dadurch, dass der von dem Axialmagnetlager 2 erzeugte Magnetfluss fast ausschließlich im ersten und im zweiten Joch 15 und 16 sowie im Rotor 3 verläuft und somit fast kein Streufluss vorhanden ist, kann auf den Einsatz von amagnetischen Materialien in der Umgebung des Axialmagnetlagers verzichtet werden. Im Rahmen des Ausführungsbeispiels besteht z. B. das Gehäuse 11 aus einem magnetisch gut leitfähigen Material, wie z. B. Eisen und trotzdem ist der Streufluss nur sehr klein. Es sind somit keine Mindestabstände des ersten und zweiten Jochs 15 und 16 zum Gehäuse 11 und zur Welle 4 beim erfindungsgemäßen Axialmagnetlager erforderlich. Durch die Erfindung wird somit eine kompaktere Bauweise des Axialmagnetlagers und somit der Maschine ermöglicht und es werden keine Bauteile, welche in Nähe des Axialmagnetlagers angeordnet sind, durch einen Streufluss gestört.

ZITATE ENHALTEN 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

- US 5084644 [**0005**, **0028**]
- US 2007/0164627 A1 [**0005**]
- DE 824231 [**0006**]

Patentansprüche

1. Axialmagnetlager, wobei das Axialmagnetlager (2) einen Rotor (3) und eine erste Hauptspule (5) und eine zweite Hauptspule (6) aufweist,
 - wobei der Rotor (3) in Richtung (Z) der Drehachse (R) des Rotors (3) zwischen der ersten und der zweiten Hauptspule (5, 6) angeordnet ist,
 - wobei die erste und die zweite Hauptspule (5, 6) um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufen,
 - wobei von der ersten und der zweiten Hauptspule (5, 6) ein Magnetfeld erzeugbar ist, das den Rotor (3) in einem Luftspalt (12), der zwischen der ersten und der zweiten Hauptspule (5, 6) angeordnet ist, in Richtung (Z) der Drehachse (R) des Rotors (3) schwebend hält,
 - wobei das Axialmagnetlager (2) eine um die erste Hauptspule (5) angeordnete und um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufende erste äußere Kompensationsspule (7) aufweist,
 - wobei das Axialmagnetlager (2) eine um die zweite Hauptspule (6) angeordnete und um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufende zweite äußere Kompensationsspule (8) aufweist,
 - wobei zwischen Drehachse (R) und erster Hauptspule (5) eine um die Drehachse des Rotors (3) verlaufende erste innere Kompensationsspule (9) angeordnet ist,
 - wobei zwischen Drehachse (R) und zweiter Hauptspule (6) eine um die Drehachse (R) des Rotors (3) verlaufende zweite innere Kompensationsspule (10) angeordnet ist.
2. Axialmagnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Betrieb des Axialmagnetlagers (2) die Summe der Beträge der magnetischen Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule (9) und der magnetischen Durchflutung der ersten äußeren Kompensationsspule (7) im Wesentlichen gleich dem Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten Hauptspule (5) ist, wobei die magnetische Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule (9) und der ersten äußeren Kompensationsspule (7) eine entgegengesetzte Richtung aufweisen wie die magnetische Durchflutung der ersten Hauptspule.
3. Axialmagnetlager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass beim Betrieb des Axialmagnetlagers (2) der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten inneren Kompensationsspule (9) und der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten äußeren Kompensationsspule (7) im Wesentlichen halb so groß sind wie der Betrag der magnetischen Durchflutung der ersten Hauptspule (5).
4. Axialmagnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Betrieb des Axialmagnetlagers die Summe der Beträge der magnetischen Durchflutung der zwei-

ten inneren Kompensationsspule und der magnetischen Durchflutung der zweiten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen gleich dem Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten Hauptspule ist, wobei die magnetische Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule und der zweiten äußeren Kompensationsspule eine entgegengesetzte Richtung aufweisen wie die magnetische Durchflutung der zweiten Hauptspule.

5. Axialmagnetlager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass beim Betrieb des Axialmagnetlagers der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten inneren Kompensationsspule (9) und der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten äußeren Kompensationsspule im Wesentlichen halb so groß sind wie der Betrag der magnetischen Durchflutung der zweiten Hauptspule.

6. Axialmagnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste innere Kompensationsspule (9), die erste Hauptspule (5) und die erste äußere Kompensationsspule (7) elektrisch in Reihe geschaltet sind.

7. Axialmagnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite innere Kompensationsspule (9), die zweite Hauptspule (6) und die zweite äußere Kompensationsspule (8) elektrisch in Reihe geschaltet sind.

8. Axialmagnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Anzahl der Windungen der ersten inneren Kompensationsspule (9) und der ersten äußeren Kompensationsspule (7) im Wesentlichen der Anzahl der Windungen der ersten Hauptspule (5) entspricht.

9. Axialmagnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Anzahl der Windungen der zweiten inneren Kompensationsspule (10) und der zweiten äußeren Kompensationsspule (8) im Wesentlichen der Anzahl der Windungen der zweiten Hauptspule (6) entspricht.

10. Axialmagnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Axialmagnetlager (2) derart ausgebildet ist, dass im Betrieb des Axialmagnetlagers (2) der durch die zweite äußere Kompensationsspule (8) fließende Strom die gleiche Stromrichtung aufweist wie der durch die erste äußere Kompensationsspule (7) fließende Strom und der durch die zweite Hauptspule (6) fließende Strom die gleiche Stromrichtung aufweist wie der durch die erste Hauptspule fließende Strom und der durch die zweite innere Kompensationsspule (10) fließende Strom die gleiche Stromrichtung aufweist wie der durch die erste innere Kompensationsspule (9) fließende Strom.

11. Maschine, wobei die Maschine (1) eine rotierbar angeordnete Welle (4) und ein Axialmagnetlager (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 aufweist, wobei der Rotor (3) des Axialmagnetlagers (2) mit der Welle (4) verbunden ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

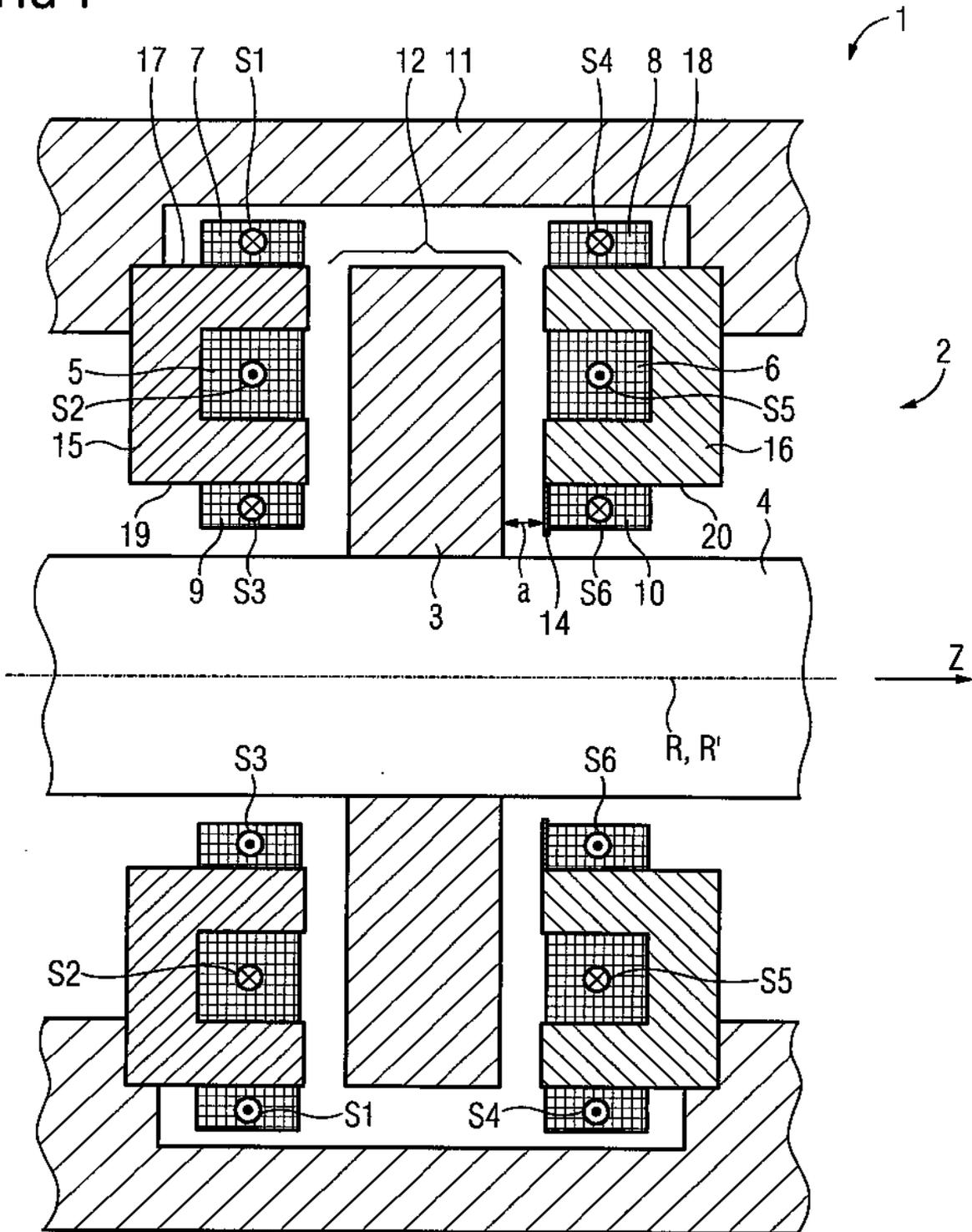


FIG 2

