



②3 Innere Priorität: 03.07.82 DE 32248873

⑦1 Anmelder:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft-
und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE; TELDIX GmbH,
6900 Heidelberg, DE

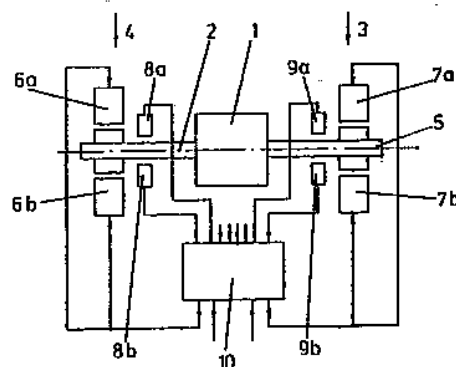
⑦2 Erfinder:

Lange, Thomas, Dipl.-Ing., 8031 Gilching, DE;
Heimbold, Gerhard, Dipl.-Ing., 8000 München, DE;
Innerhofer, Günter, Dipl.-Ing., 6054 Rodgau, DE

⑤4 Magnetlager für einen Rotor

Gegenstand der Erfindung ist ein Magnetlager für einen Rotor (1), das aus zwei in Richtung der Drehachse (5) zueinander versetzten Lagerteilen (3 und 4) besteht. Diese Teillager (3 und 4) regeln einmal für zwei zu der Drehachse (5) senkrechte Richtungen die translatorischen Abweichungen der Lage der Drehachse (5) von ihrer Sollage, aber auch Kippbewegungen des Rotors (1) um zwei zur Drehachse senkrechte Richtungen aus. Mittels in bestimmter Weise ausgebildeten Kreuzkopplungszeigen (28 und 29) wird die Nutation des Rotors (1), aber auch die Nutation des den Rotor beinhaltenen Körpers, z.B. eines Satelliten bedämpft.

(33 23 648)



Patentansprüche

1. Magnetlager für einen sich um eine Achse drehenden Rotor, bestehend aus zwei in Richtung der Drehachse zueinander versetzten Lagerteilen, die für zwei zur Drehachse senkrechte Richtungen die translatorischen Abweichungen der augenblicklichen Lage der Drehachse von der Sollage ermitteln und durch Steuerung von Magnetkräften ausregeln und die außerdem Kippbewegungen des Rotors um zu den beiden zur Drehachse senkrechten Richtungen parallele Achsen ermitteln und über zwei Regelverstärker enthaltende Regelkanäle ein Rückstellmoment um diese Achsen erzeugen, wobei zusätzlich Schaltmittel zur Dämpfung der Nutationsfrequenz vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Regelkanälen (26 oder 27) je einen Kreuzkopplungsverstärker (28 oder 29) enthaltende Kreuzkoppelzweige eingeschaltet sind und daß die Vorzeichen der diese kreuzgekoppelten Momente M bewirkenden Verstärkungen jeweils entgegengesetzt dem Vorzeichen des Dralls H sind, das in den Kreiselmomenten M_H der entsprechenden Achsen auftritt.
2. Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreuzkopplungsverstärker (28, 29) Proportionalverstärker sind.
3. Magnetlager nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch seine Anwendung als Lager eines Schwungrads eines schwungradstabilisierten Satelliten.
4. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang jedes Regelverstärkers (26 oder 27) über je einen Kreuzkopplungsverstärker (28 oder 29) mit dem Ausgang des anderen Regelverstärkers (27 oder 28) verbunden ist.

DEUTSCHE FORSCHUNGS- und VERSUCHS-
ANSTALT FÜR LUFT- und RAUMFAHRT eV

Postfach 90 60 58

D-5000 Köln 90

T E L D I X G m b H

Postfach 10 56 08

Grenzhöfer Weg 36

D-6900 Heidelberg 1

Heidelberg, 28. Juni 1983

PT-Ka/kn E-522 IP

Magnetlager für einen Rotor

Die Erfindung betrifft ein Magnetlager für einen sich um
5 eine Achse drehenden Rotor, bestehend aus zwei in Rich-
tung der Drehachse zueinander versetzten Lagerteilen,
die für zwei zur Drehachse senkrechte Richtungen die
translatorischen Abweichungen der augenblicklichen Lage
der Drehachse von der Sollage ermitteln und durch Steu-
10 erung von Magnetkräften ausregeln und die außerdem Kipp-
bewegungen des Rotors um zu den beiden zur Drehachse
senkrechten Richtungen parallele Drehachsen ermitteln
und ein Rückstellmoment um diese Achsen erzeugen, wobei
zusätzlich Schaltmittel zur Dämpfung der Nutationsfre-
15 quenz vorgesehen sind.

Ein Magnetlager mit den oben aufgeführten Merkmalen ist
z.B. aus der DE-AS 22 63 096 bekannt. Gemäß Figur 6 wer-
den dort neben den Signalen zum Ausregeln von transla-

014700

38236/8

E-522 IP

. 3 .

torischen Auslenkungen des Rotors durch Summen- und Differenzbildung "Kippsignale" gebildet, die zur Ausregelung von Kippbewegungen benutzt werden. Für die "Kippsignale" werden zur Dämpfung der Nutationsfrequenz sehr
5 breitbandige Verstärker mit großer Phasenanhebung benötigt. Um dies zu vermeiden, wird anhand der Figur 4, Figur 6 und Figur 7 eine Lösung beschrieben, die eine Dämpfung der Nutationsfrequenz bei relativ schmalbandigem Verstärker zuläßt. Jedoch wird auch hier eine kompli-
10 zierte Schaltungsanordnung zur Erzielung dieses Ergebnisses benötigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Dämpfung der Nutationsschwingung des Rotors mit zusätzlichen ein-
15 fachen Mitteln leistungsgünstiger als bisher zu erreichen. Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale.

Neben der Dämpfung der Nutationsschwingung des Rotors
20 mit sehr einfachen Mitteln und damit verbunden einem Leistungsgewinn für das Magnetlager bei einfacherer Ausbildung der Verstärker (schmalbandiger) für die "Kippsignale" wird zusätzlich erreicht, daß die hochfrequente Eigenbewegung (Nutation) des Gyrostaten, d.h., des Hüll-
25 körpers, der den eingebauten, schnell laufenden Rotor enthält, gedämpft und damit dieser Hüllkörper (passiv) stabilisiert wird.

Insbesondere ist die Anwendung der Erfindung für
30 schwungradstabilisierte Satelliten von Interesse, da sie eventuell am Satelliten auftretende Nutationsbewegungen dämpft und nicht aufklingen läßt. Letzteres würde unter Umständen eine Fehlmission des Satelliten nach sich ziehen.

01.07.63
4.

Anhand der Zeichnung soll ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert werden. Es zeigen

- 5 Fig. 1 - einen magnetisch gelagerten Rotor in prinzipieller Darstellung,
Fig. 2 - eine Regelschaltung zur Ausregelung von Kipp-schwingungen und mit einer erfindungsgemäßen Kreuzkopplung,
10 Fig. 3 - die regelungstechnische Darstellung der beiden Regelkreise für die Kippungsregelung.

15 In Fig. 1 der Zeichnung ist mit 1 ein Rotor und mit 2 seine Welle bezeichnet; der Rotor 1 ist in zwei Teilmagnetlagern 3 und 4 magnetisch gelagert. Von diesen Teil-lagern 3 und 4 ist jeweils nur die Lagerung in einer Ebene dargestellt. Eine entsprechende Lagerung muß in der zur Papierebene senkrechten Ebene durch die Sollage der Rotorachse 5 vorgesehen sein.

20 Jedes Teillager besteht aus den am Stator vorgesehenen Elektromagneten 6a und 6b bzw. 7a und 7b und Sensoren 8a und 8b bzw. 9a und 9b. Entsprechende Elektromagnete 6c und 6d bzw. 7c und 7d sowie Sensoren 8c und 8d bzw. 9c und 9d seien in der dazu senkrechten Ebene angeordnet.

25 Alle Sensoren 8 und 9 sind mit einem Regler 10 verbunden, der seinerseits mit den Elektromagneten 6 und 7 verbunden ist und diese steuert.

30 In Figur 2 sind die Sensoren 8a - c und 9a - c sowie die Elektromagnete 6a -c und 7a - c als Blöcke dargestellt. Zwischen diesen Blöcken sind die erfindungsgemäß ausgebildeten Kippregelkreise eingezeichnet. Jeweils zwei sich gegenüberliegende Sensoren 8a und b, 8c und d,
35 9a und b und 9c und d werden mittels Verstärker 20a und

0107 03

. 5 .

b bzw. 21a und b so zusammengefaßt, daß ihr Ausgangssignal in der Sollage des Rotors 0 ist und mit steigender Abweichung des Rotors von seiner Sollage anwächst, wobei das Vorzeichen des Ausgangssignals die Richtung der Abweichung kennzeichnet. Die Ausgangssignale der

5 Verstärker 20a und 21a bzw. 20b und 21b, die jeweils von den Sensoren einer Ebene abgeleitet sind, werden dann mittels der Inverter 22 und 23 und der Verstärker 24 und 25 so zusammengefaßt, daß ihr Ausgangssignal ein Maß für die Kippwinkel gegen die beiden Ebenen x bzw. y darstellen. Über Regelverstärker 26 bzw. 27, die nun nicht

10 mehr so breitbandig sein müssen und die eine Phasenanhebung bewirken, und Verstärker 34 und 35 gelangen diese Signale zu den Elektromagneten 6a und b bzw. 6c und d direkt und 7a und b bzw. 7c und d invertiert (Inverter

15 32 bzw. 33). Hierdurch werden Momente um die Kippachsen auf den Rotor ausgeübt und dieser in seine Sollage rückgestellt.

Erfindungsgemäß sind noch Kreuzkoppelzweige vorgesehen, durch die die Ausgangssignale der Regelverstärker 26

20 bzw. 27 zu den Verstärkern 34 bzw. 35 des jeweils anderen Kanals gekoppelt werden. In diese Zweige sind Proportionalverstärker 28 und 29 eingeschaltet.

25 Wie erläutert, wird durch die Kreuzkopplungszweige eine Nutation des Rotors, aber auch eine Nutation des den Rotor beinhaltenen Körpers, z.B. eines Satelliten, unterdrückt.

30 Die Vorzeichen der Ausgangssignale der Regelverstärker 28 und 29 ergeben sich aus der Regelkreisdarstellung der Fig. 3. Dort sind mit M_x ein Störmoment um die x-Achse und mit M_y ein Störmoment und die y-Achse bezeichnet, die über das Trägheitsmoment J um die Kippachsen Kippwinkel x bzw. y auslösen. Durch die dynamische Kopp-

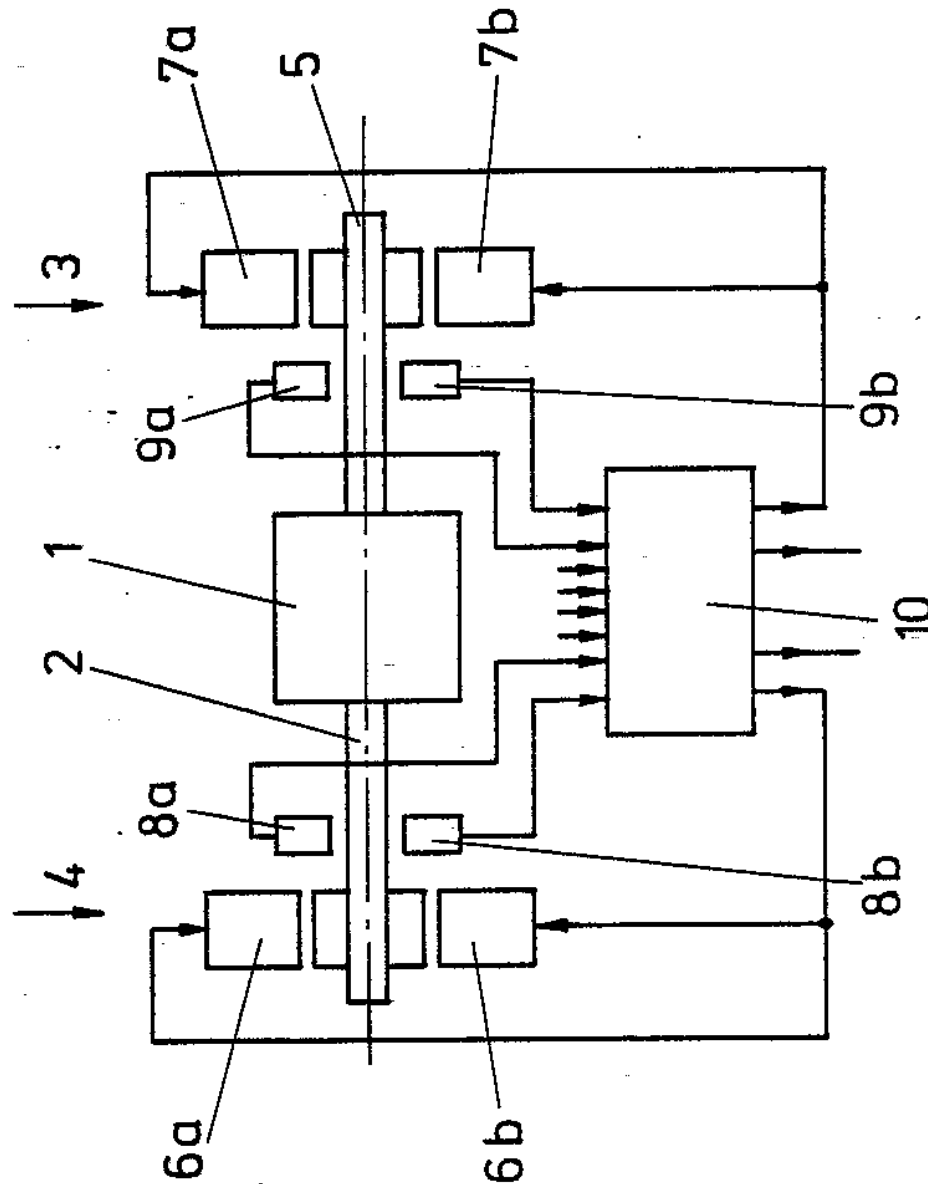
35

0107-03

. 6 .

lung der Freiheitsgrade über den Drall H des Rotors entstehen Kreiselmomente M_H im jeweils anderen Regelkreis. Die Regelverstärker 26 und 27 mit einer Übertragungsfunktion $f(s)$ erzeugen aus den Kippwinkeln ein Rückstellmoment M_f . Schließlich sind noch die Regelverstärker 28 und 29 eingezeichnet, die eine proportionale Verstärkung g bewirken und jeweils ein Kreuzkoppelmoment M erzeugen. Die Vorzeichen der diese kreuzgekoppelten Momente bewirkenden Verstärkungen sind jeweils entgegengesetzt dem Vorzeichen des Dralls H , das in den Kreiselmomenten M_H der entsprechenden Achsen auftritt.

Durch diese Anordnung ist es möglich, die Regelverstärker 26 und 27 mit geringerer Bandbreite und daher geringerer dynamischer Verstärkungsanhebung auszulegen. Das bedeutet eine geringere Belastung der Magnetspulen durch verstärktes Sensorrauschen, also eine Verringerung der Übersteuerungsgefahr und Einsparung elektrischer Energie.



.7.

