

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 685 263 A5

51 Int. Cl.°: G 01 C 19/38
F 16 F 15/03

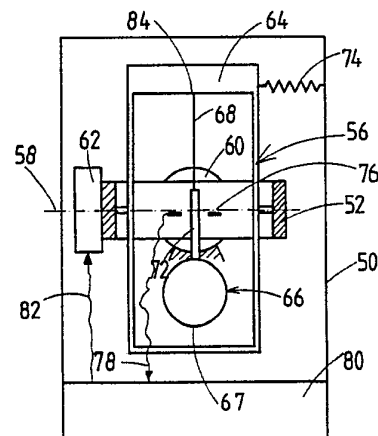
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer:	1665/93	73 Inhaber:	Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH, Ueberlingen (DE)
22 Anmeldungsdatum:	03.06.1993	72 Erfinder:	Renker, Horst, Ueberlingen-Nussdorf (DE)
30 Priorität(en):	20.06.1992 DE 4220279	74 Vertreter:	Troesch Scheidegger Werner AG, Zürich
24 Patent erteilt:	15.05.1995		
45 Patentschrift veröffentlicht:	15.05.1995		

54 **Bandgehängter Meridiankreisel.**

57 Ein bandgehängter Meridiankreisel enthält ein Aussengehäuse (50), ein in dem Aussengehäuse (50) beweglich gelagertes Zwischengehäuse (64) und einen Kreisel (66) mit im wesentlichen horizontaler Drallachse (70), der in dem Zwischengehäuse (64) an einem Band (68) aufgehängt ist. Durch einen Abgriff (76) ist die Auslenkung einer im wesentlichen vertikalen Hochachse des Kreisels (66) aus ihrer Mittellage abgreifbar. Das Zwischengehäuse (64) ist durch Stellmotoren (60, 62) quer zu der im wesentlichen vertikalen Hochachse des Kreisels (66) bewegbar. Die Stellmotoren (60, 62) sind von dem Abgriff (76) über einen Regler (80) im Sinne einer Dämpfung von Pendelschwingungen ansteuerbar.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen bandgehängten Meridiankreisler, enthaltend

- (a) ein Aussengehäuse,
- (b) ein in dem Aussengehäuse beweglich gelagertes Zwischengehäuse und
- (c) einen Kreisler mit im wesentlichen horizontaler Drallachse, der in dem Zwischengehäuse an einem Band aufgehängt ist, und
- (d) einen Abgriff, der auf eine Auslenkung des Kreislers anspricht.

Ein solcher bandgehängter Meridiankreisler ist beispielsweise bekannt durch die DE-B 2 124 357. Bei diesem Meridiankreisler ist das Zwischengehäuse um eine im wesentlichen vertikale Hochachse des Kreislers verdrehbar. Der Kreisler ist mit im wesentlichen horizontaler Drallachse an einem Band in dem Zwischengehäuse aufgehängt. Zu diesem Zweck ist an einem Kreislergehäuse, in dem ein Kreislerrotor gelagert ist und um die Drallachse angetrieben wird, ein starrer Mast senkrecht zu der Drallachse angebracht. Dieser Mast ist mit einem Band verbunden, das mittig an der oberen Stirnwandung des Zwischengehäuses angebracht ist. Das Band ist dann im wesentlichen vertikal, die Drallachse ist im wesentlichen horizontal. Der Ausdruck «im wesentlichen» bedeutet hier, dass geringfügige Abweichung von der gewünschten vertikalen bzw. horizontalen Lage durch Schwingungen oder sonstige Störungen auftreten können, auf deren Dämpfung sich die vorliegende Erfindung gerade bezieht.

Bei dem bekannten Meridiankreisler ist ein Abgriff vorgesehen, der auf Auslenkungen des Kreislers um seine Hochachse anspricht, also um die Achse des Mastes und des Bandes. Eine solche Auslenkung erfolgt durch ein «Kreislerichtmoment», das durch die Erddrehung hervorgerufen wird und die Drallachse des Kreislers nach Nord auszurichten trachtet. Das Abgriffsignal wird entsprechend verstärkt auf einen um die Hochachse wirkenden Drehmomenterzeuger geschaltet. Dadurch wird das Kreislerichtmoment kompensiert. Der dabei durch den Drehmomenterzeuger fließende Strom liefert ein Mass für den Winkel zwischen Drallachse und Nord. Das Zwischengehäuse wird iterativ nach jeder Messung um diesen Winkel verdreht, bis die Drallachse nach Nord ausgerichtet ist.

Üblicherweise wird das Aussengehäuse bei bandaufgehängten Meridiankreislern mittels einer Libelle genau horizontal ausgerichtet.

Die Bestimmung von Nord mittels eines bandgehängten Meridiankreislers ergibt eine besonders günstige Relation zwischen Genauigkeit und benötigter Messzeit. Nachteilig ist bei bandgehängten Meridiankreislern, dass fast ungedämpfte Pendelschwingungen angeregt werden können, also Schwingungen, bei denen sich das Band aus der Vertikalen herausbewegt. Solche Pendelschwingungen können zu Messfehlern infolge der «Gleichrichtung» von Wechselbeschleunigungen führen. Bandgehängte Meridiankreislere werden daher im allge-

meinen nur auf festem, nicht-vibrierenden Untergrund verwendet. Der Einsatz von Meridiankreislern auf vibrierenden Fahrzeugen bringt erhebliche Probleme mit sich.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem bandgehängten Meridiankreisler Pendelschwingungen zu dämpfen und den Meridiankreisler weniger empfindlich gegen äussere Störungen zu machen.

10 Eine speziellere Aufgabe der Erfindung ist es, einen bandgehängten Meridiankreisler zu schaffen, der in einem Fahrzeug verwendet werden kann.

Erfindungsgemäss wird die angegebene Aufgabe dadurch gelöst, dass

15 (e) durch den Abgriff die Auslenkung einer im wesentlichen vertikalen Hochachse des Kreislers aus ihrer Mittellage quer dazu abgreifbar ist,

20 (f) das Zwischengehäuse durch Stellmotormittel quer zur der im wesentlichen vertikalen Hochachse des Kreislers bewegbar ist und

(g) die Stellmotormittel von dem Abgriff über einen Regler im Sinne einer Dämpfung von Pendelschwingungen ansteuerbar sind.

25 Im Gegensatz zu dem Meridiankreisler nach der DE-B 2 124 357 wird bei dem Meridiankreisler nach der Erfindung die seitliche Auslenkung der Hochachse abgegriffen. Es werden also durch Störungen hervorgerufene Pendelschwingungen erfasst. Das Zwischengehäuse wird nicht verdreht, sondern zur Dämpfung solcher Pendelschwingungen quer zu der Hochachse bewegt.

30 Es hat sich gezeigt, dass durch geeignete Aufschaltung der Abgriffsignale auf die Stellmotormittel unter Berücksichtigung der Eigenfrequenz des das Zwischengehäuse enthaltenden Systems eine Dämpfung der Pendelschwingungen erreicht werden kann.

35 Die Erfindung kann auf verschiedene Weise verwirklicht werden. Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

40 Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

45 Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer ersten Ausführung eines bandgehängten Meridiankreislers mit Dämpfung von Pendelschwingungen.

50 Fig. 2 ist eine Darstellung ähnlich der von Fig. 1 einer zweiten Ausführung eines bandgehängten Kreislers.

Fig. 3 ist eine schematisch-perspektivische Darstellung des bandgehängten Kreislers von Fig. 2.

55 Fig. 4 ist ein Blockdiagramm und veranschaulicht die Struktur des Regelkreises zur aktiven Dämpfung der Pendelschwingungen.

Fig. 5 ist eine umgezeichnete Darstellung des Regelkreises von Fig. 4.

60 Fig. 6 ist eine nochmals umgezeichnete Darstellung des Regelkreises von Fig. 4.

Bei der Ausführung von Fig. 1 ist mit 10 ein Aussengehäuse bezeichnet. An dem Aussengehäuse 10 ist eine leichtgängige Führung 12 für einen

Schlitten 14 vorgesehen. Die Führung 12 gestattet eine Bewegung des Schlittens 14 waagrecht parallel zur Papierebene von Fig. 1 und senkrecht zur Papierebene von Fig. 1. Durch Federn 16 wird der Schlitten 14 bei Abwesenheit von äusseren Kräften in einer Mittellage gehalten. Der Schlitten 14 bildet mit einem topfförmigen, unter dem Schlitten angebrachten Gehäuseteil 18 ein Zwischengehäuse 20. An dem Schlitten 14 ist ein Kreisel 22 an einem Band 24 aufgehängt. Der Kreisel 22 weist ein Kreiselgehäuse 26 auf. In dem Kreiselgehäuse 26 ist ein (nicht sichtbarer) Kreiselrotor gelagert. Die Drallachse des Kreiselrotors ist im wesentlichen horizontal und verläuft in der vorliegenden Darstellung senkrecht zur Papierebene in Fig. 1. An dem Kreiselgehäuse 26 ist senkrecht zur Drallachse ein Mast 28 starr angebracht. Der Mast 28 ist mit dem Band 24 verbunden. Der Mast 28 ist im wesentlichen vertikal.

An dem Schlitten 14 greifen Stellmotormittel in Form von zwei linear wirkenden Aktoren 30 und 32 an. Aktor 30 wirkt horizontal in der Papierebene von Fig. 1. Aktor 32 wirkt horizontal senkrecht zu der Papierebene von Fig. 1. Die Aktoren 30 und 32 sind nach Art von Tauchspulen aufgebaut. Der Aktor 30 weist einen Topfkern 34 und eine dagegen bewegliche Spule 36 auf. Der Aktor 32 ist entsprechend aufgebaut.

An dem Kreiselgehäuse 26 ist auf der dem Mast 28 gegenüberliegenden, unteren Seite ein Anker 38 eines Abgriffs 40 angebracht. Der Stator des Abgriffs 40 sitzt auf der unteren Stirnwand des Gehäuseteils 18 angeordnet. Der Abgriff 40 liefert Signale nach Massgabe der seitlichen Auslenkungen des bandgehängten Kreisels 22 in zwei zueinander senkrechten Richtungen, nämlich in der Papierebene von Fig. 1 und senkrecht dazu, relativ zu dem Zwischengehäuse 20. Die Signale des Abgriffs 40 sind über eine flexible Leitung 42 auf einen im Aussengehäuse 10 sitzenden Regler 44 geschaltet. Der Regler 44 erzeugt Steuersignale, die über flexible Leitungen, von denen in Fig. 1 nur eine Leitung 46 dargestellt ist, auf die Spulen 36 der Aktoren 30 und 32 geschaltet sind.

Die beschriebene Anordnung arbeitet wie folgt:

Wenn durch Erschütterungen Pendelschwingungen des von Band 24 und Kreisel 22 gebildeten Pendels angeregt werden und der Kreisel 22 dadurch quer zur Hochachse aus seiner Mittellage ausgelenkt wird, dann liefert der Abgriff 40 entsprechende Signale. Diese Signale werden über den Regler 44 auf die Aktoren 30 und 32 aufgeschaltet. Dadurch wird der Schlitten 14 seitlich hin- und herbewegt. Das von dem Schlitten 14 und dem topfförmigen Gehäuseteil 18 gebildete Zwischengehäuse 20 bildet mit den Federn 16 ein schwingungsfähiges System. Die Aufschaltung der Signale des Abgriffs 40 auf die Aktoren 30 und 32 erfolgt nun so, dass die Bewegung des Zwischengehäuses 20 der angeregten Pendelschwingung entgegenwirkt und die Pendelschwingung dämpft.

Die Bestimmung der Nordrichtung mit dem Kreisel 22 kann in bekannter Weise erfolgen. Das durch die Erddrehung hervorgerufene Kreiselrichtmoment sucht die Drallachse des Kreisels nach Nord auszu-

richten. Zur Bestimmung der Nordrichtung kann die Torsionsschwingung des bandgehängten Kreisels um die Hochachse beobachtet werden. Es ist auch möglich, das Kreiselrichtmoment durch ein Gegenmoment eines um die Hochachse auf den Kreisel 22 wirkenden Drehmomenterzeugers zu kompensieren, wobei der dem Drehmomenterzeuger zugeführte Strom ein Mass für den Winkel zwischen Drallachse und Nord liefert. Schliesslich kann auch, wie in der eingangs erwähnten DE-B 2 124 357 geschildert ist, der Kreisel 22 iterativ in die Nordrichtung eingedreht werden.

In Fig. 2 und 3 ist mit 50 ein Aussengehäuse bezeichnet. In dem Aussengehäuse 50 ist ein Aussenrahmen 52 um eine Kardanachse 54 (Fig. 3) schwenkbar gelagert. In Fig. 2 verläuft die Kardanachse 54 senkrecht zur Papierebene. In dem Aussenrahmen 52 ist ein Innenrahmen 56 um eine Kardanachse 58 schwenkbar gelagert. Die Kardanachse 58 ist senkrecht zu der Kardanachse 54. Ein Drehmomenterzeuger 60 wirkt um die Kardanachse 54 zwischen Aussengehäuse 50 und Aussenrahmen 52. Ein Drehmomenterzeuger 62 sitzt an dem Aussenrahmen 52 und wirkt um die Kardanachse 58 zwischen Aussenrahmen 52 und Innenrahmen 56.

Der Innenrahmen 56 bildet ein Zwischengehäuse 64. In dem Zwischengehäuse 64 ist ein Kreisel 66 an einem Band 68 aufgehängt. Der Kreisel 66 weist wie bei der Ausführung nach Fig. 1 ein Kreiselgehäuse 67 auf, in welchem der (nicht sichtbare) Kreiselrotor um eine im wesentlichen horizontale Drallachse 70 drehbar gelagert und angetrieben ist. An dem Kreiselgehäuse 67 sitzt ein sich längs der Hochachse erstreckender Mast 72. Der Mast 72 ist mit dem Band 68 verbunden.

Das Zwischengehäuse 64 ist durch Federn 74 an eine Mittellage gefesselt.

Im Bereich des Schnittpunktes der Kardanachsen 54 und 58 ist ein Abgriff 76 angeordnet. Der Abgriff 76 spricht auf die Bewegung des Kreisels 66 relativ zu dem Aussengehäuse 50 an. Die Signale des Abgriffs 76 sind über eine Leitung 78 auf einen im Aussengehäuse 50 sitzenden Regler 80 aufgeschaltet. Der Regler 80 liefert Stellsignale, die auf den Drehmomenterzeuger 60 und über eine flexible Leitung 82 auf den Drehmomenterzeuger 62 aufgeschaltet sind.

Die Wirkungsweise des beschriebenen bandgehängten Kreisels ist nachstehend anhand der Blockdiagramme von Fig. 4 bis 6 erläutert:

Eine Schwingung des Kreisels 66 quer zur Hochachse relativ zu dem Aussengehäuse 50 wird durch den Abgriff 76 abgegriffen und in entsprechende Signale umgesetzt. Die Signale rufen über den Regler 80 Stellsignale an den Drehmomenterzeugern 60 und 62 hervor. Über die Drehmomenterzeuger 60 und 62 wird das Zwischengehäuse 64 verschwenkt. Damit wird der Aufhängepunkt 84 des Bandes 68 quer zur Hochachse bewegt. Der Aufhängepunkt 84 kann durch Auslegung des Reglers 80 so bewegt werden, dass diese Bewegung der Pendelschwingung des Kreisels entgegenwirkt und diese Pendelschwingung dämpft.

In Fig. 4 bis 6 sind die folgenden Bezeichnungen gewählt:

c = Federkonstante der Feder 16 bzw. 74,
 l = reduzierte Pendellänge,
 $m_1 = I_R / r_1^2$ die im Aufhängepunkt 84 konzentriert gedachte Masse des Innenrahmens 56, der um die Rahmenachse 58 das Trägheitsmoment I_R hat,
 $m_2 =$ im Abstand der reduzierten Pendellänge l vom Aufhängepunkt 84 konzentriert gedachte Masse des von dem Kreisel 66 gebildeten Kreiselpendels,
 r_1 = Abstand des Aufhängepunktes 84 von den Kardanachsen 54 und 58,
 $r_2 = l - r_1$,
 s = Laplace-Operator,
 $T_1 = \sqrt{m/c}$ Schwingungsdauer der Drehschwingungen des Rahmens 56,
 $T_2 =$ Schwingungsdauer des Kreiselpendels,
 x_A = Weg eines Pendelpunktes in der Ebene der Kardanachsen,
 $x_A = (x_K r_1 + x_R r_2)/l$,
 x_F = Weg des Aussengehäuses 50 (Weg eines das Aussengehäuse enthaltenden Fahrzeugs),
 x_K = Weg der Masse m_2 des Kreisels 66
 x_R = Weg des Aufhängepunktes 84 mit der dort konzentriert gedachten Masse m_1 .

Fig. 4 zeigt als Blockdiagramm die Struktur des Regelkreises «geradlinig» ohne Umformungen. Der Innenrahmen wird von der Kraft der Feder 16 bzw. 74 als äusserer Kraft beaufschlagt. Diese Kraft F_1 ist mit dem Faktor c proportional der Differenz des Weges x_F des Aussengehäuses 50 und des Weges x_R , den der Innenrahmen 56 selbst ausführt. Die Differenzbildung entspricht dem Summierpunkt 86 in dem Blockschalbild von Fig. 4. Die Multiplikation mit der Federkonstante c ist durch Block 88 dargestellt. Auf den Innenrahmen 56 wirkt weiterhin die von dem Drehmomenterzeuger 60 ausgeübte Kraft F_2 . Diese Kraft F_2 wirkt der Kraft F_1 entgegen. Das ist in Fig. 4 durch den Summierpunkt 90 dargestellt. Diesen Kräften wirkt die Trägheitskraft F_3 des Rahmens entgegen. Mit der Übertragungsfunktion $1/m_1 s^2$ ergibt sich aus der Trägheitskraft der Weg x_R . Die Übertragungsfunktion ist durch Block 92 dargestellt. Die Differenzbildung ist auch durch eine Schleife 94 zurück zu dem Summierpunkt 86 symbolisiert.

Die Bewegung x_R des Innenrahmens 56 wirkt auf das Kreiselpendel, das von dem Kreisel 66 und dem Band 68 gebildet ist. An dem Kreisel 66 wirksam werden wieder nur die Wegdifferenz zwischen dem Weg x_R des Aufhängepunktes 84 und dem Weg oder der Position x_K des Kreisels 66 selbst. Das wird durch einen Summierpunkt 96 dargestellt, an dem der Weg x_K von dem Weg x_R subtrahiert wird. Die Differenz beaufschlagt das Kreiselpendel, das mit einer Übertragungsfunktion $1/T_2^2 s^2$ durch Block 98 dargestellt ist. Der «Ausgang» x_K ist wieder in einer Schleife 100 auf den Summierpunkt 96 zurückgeführt.

Der Weg x_A , der von dem Abgriff 76 relativ zu dem Aussengehäuse 50 gemessen wird, setzt sich zusammen aus einem Anteil, der von der Bewegung des Innenrahmens 56 herrührt und proportional x_R ist, und einem Anteil, der von einer Pendelbewegung des Kreisels 66 herrührt und proportional

x_K ist. Die beiden Anteile ergeben sich aus den Wegen x_R und x_K nach geometrischen Beziehungen durch Multiplikation mit r_2/l bzw. r_1/l . Diese Multiplikationen sind in Fig. 4 durch die Blöcke 102 bzw. 104 dargestellt. Die dadurch am Abgriff 76 erhaltenen Signale beaufschlagen den Regler 80. Der Regler 80 ist ein PID-Regler, der das Eingangssignal einmal mit der Übertragungsfunktion K_0/s , einmal mit der Übertragungsfunktion K_1 und einmal mit der Übertragungsfunktion $K_2 s$ überträgt. Die Übertragungsfunktionen für die drei Anteile sind durch Blöcke 106, 108 bzw. 110 dargestellt. Die drei so übertragenen Anteile werden überlagert, was in Fig. 4 durch einen Summierpunkt 112 dargestellt ist. Daraus ergibt sich dann die von dem Drehmomenterzeuger 60 ausgeübte Kraft F_2 .

Die in Fig. 4 dargestellte Struktur kann in der in Fig. 5 dargestellten Weise umgezeichnet werden. Es können die Übertragungsfunktionen in den Blöcken 88, 106, 108 und 110 durch c dividiert werden und es kann dafür die Übertragungsfunktion in dem Block 92 mit c multipliziert werden. Dann ergeben sich für den Regler die Übertragungsfunktionen entsprechend den Blöcken 106A, 108A und 110A und der Innenrahmen 56 wird durch Block 92A mit einer Übertragungsfunktion $1/T_1^2 s^2$ und einer «Rückführschleife» 94A gekennzeichnet. Block 88 als Faktor «1» entfällt.

Das Blockschalbild kann noch weiter vereinfacht werden:

Die Blöcke 92A und 98 mit den Übertragungsfunktionen $1/T_1^2 s^2$ bzw. $1/T_2^2 s^2$ und den Rückführschleifen 94A und können ersetzt werden durch Blöcke 92B bzw. 98B mit den Übertragungsfunktionen $1/(1 + T_1^2 s^2)$ bzw. $1/(1 + T_2^2 s^2)$ ohne Rückführschleifen 94A bzw. 100.

Der Regler 80 wird so ausgelegt, dass sich für eine solche Regelstrecke optimales Regelverhalten ergibt.

Patentansprüche

1. Bandgehängter Meridiankreisel, enthaltend
 - (a) ein Aussengehäuse (10; 50),
 - (b) ein in dem Aussengehäuse (10; 50) beweglich gelagertes Zwischengehäuse (20; 64) und
 - (c) einen Kreisel (22; 66) mit im wesentlichen horizontaler Drallachse (70), der in dem Zwischengehäuse (20; 64) an einem Band (24; 68) aufgehängt ist, und
 - (d) einen Abgriff (40; 76), der auf eine Auslenkung des Kreisels (22; 66) anspricht dadurch gekennzeichnet, dass
 - (e) durch den Abgriff (40; 76) die Auslenkung einer im wesentlichen vertikalen Hochachse des Kreisels (22, 66) aus ihrer Mittellage quer dazu abgreifbar ist,
 - (f) das Zwischengehäuse (20; 64) durch Stellmotormittel (30, 32; 60, 62) quer zur der im wesentlichen vertikalen Hochachse des Kreisels (22, 66) bewegbar ist und
 - (g) die Stellmotormittel (30, 32; 60, 62) von dem Abgriff (40; 76) über einen Regler (44; 80) im Sinne einer Dämpfung von Pendelschwingungen ansteuerbar sind.

2. Bandgehängter Meridiankreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- (a) das Zwischengehäuse (20) einen Schlitten (14) aufweist, der mit zwei Freiheitsgraden in dem Aussengehäuse (10) horizontal verschiebbar geführt ist, 5
 - (b) der Schlitten (14) durch Federn (16) in einer Mittellage zentriert ist und
 - (c) an dem Schlitten (14) als Stellmotormittel zwei linear wirkende Aktoren (30, 32) in zwei zueinander senkrechten, horizontalen Richtungen angreifen. 10
3. Bandgehängter Meridiankreisel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktoren (30, 32) von Tauchspulen gebildet sind. 15
4. Bandgehängter Meridiankreisel nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abweichung der Hochachse des Kreisels (22) aus ihrer Mittellage durch einen schlittenfesten Abgriff (40) erfasst wird. 20
5. Bandgehängter Meridiankreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- (a) das Zwischengehäuse (64) an einem Innenrahmen (56) vorgesehen ist, der um eine erste Kardanachse (58) schwenkbar in einem Aussenrahmen (52) gelagert ist, der seinerseits in dem Aussengehäuse (50) um eine zu der ersten Kardanachse (58) senkrechten zweiten Kardanachse (54) schwenkbar gelagert ist, und 25
 - (b) die Stellmotormittel von einem um die erste Kardanachse (58) zwischen Innenrahmen (56) und Aussenrahmen (52) wirksamen ersten Drehmomenterzeuger (62) und einem um die zweite Kardanachse (54) zwischen Aussenrahmen (52) und Aussengehäuse (50) wirksamen zweiten Drehmomenterzeuger (60) gebildet sind. 30 35
6. Bandgehängter Meridiankreisel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenrahmen (56) federnd in einer Mittelstellung in dem Aussengehäuse (50) gehalten ist. 40
7. Bandgehängter Meridiankreisel nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Aussengehäuse (50) ein Abgriff (76) angebracht ist, der einmal auf Abweichungen der Bandachse von einer Mittellage um eine erste Achse und zum anderen auf Abweichungen der Bandachse von der Mittellage um eine zu der ersten Achse senkrechte zweite Achse anspricht und entsprechende Signale auf den ersten bzw. zweiten Drehmomenterzeuger (62, 60) aufschaltet. 45 50
8. Bandgehängter Meridiankreisel nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgriff (76) im Schnittpunkt der Kardanachsen (58, 54) angeordnet ist. 55

60

65

5

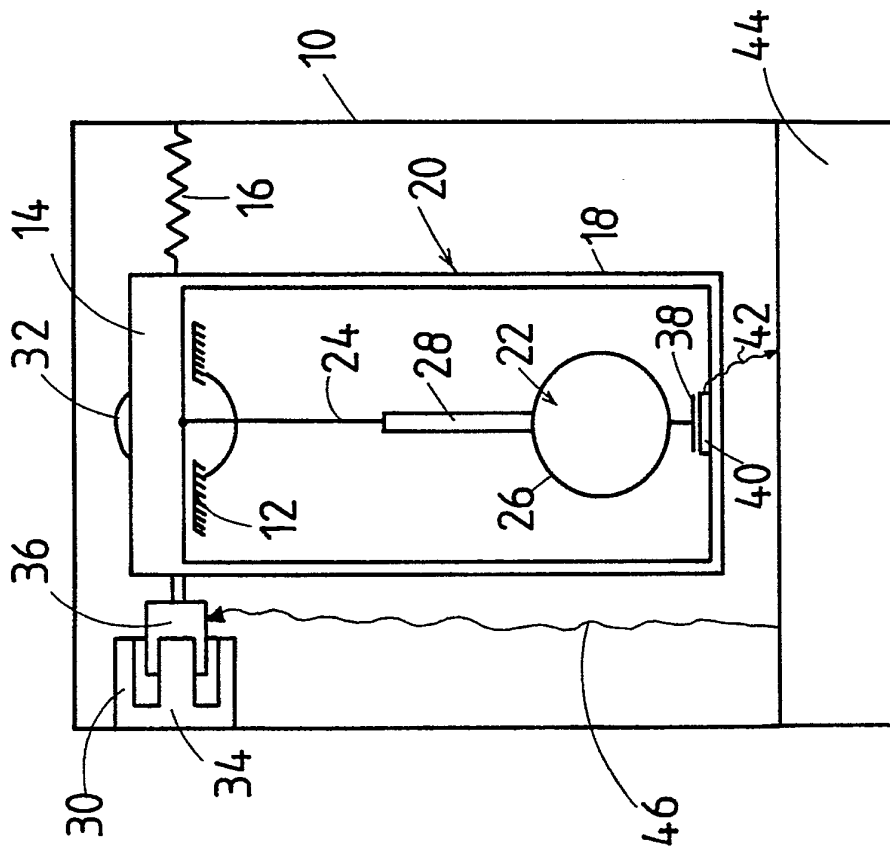


Fig. 1

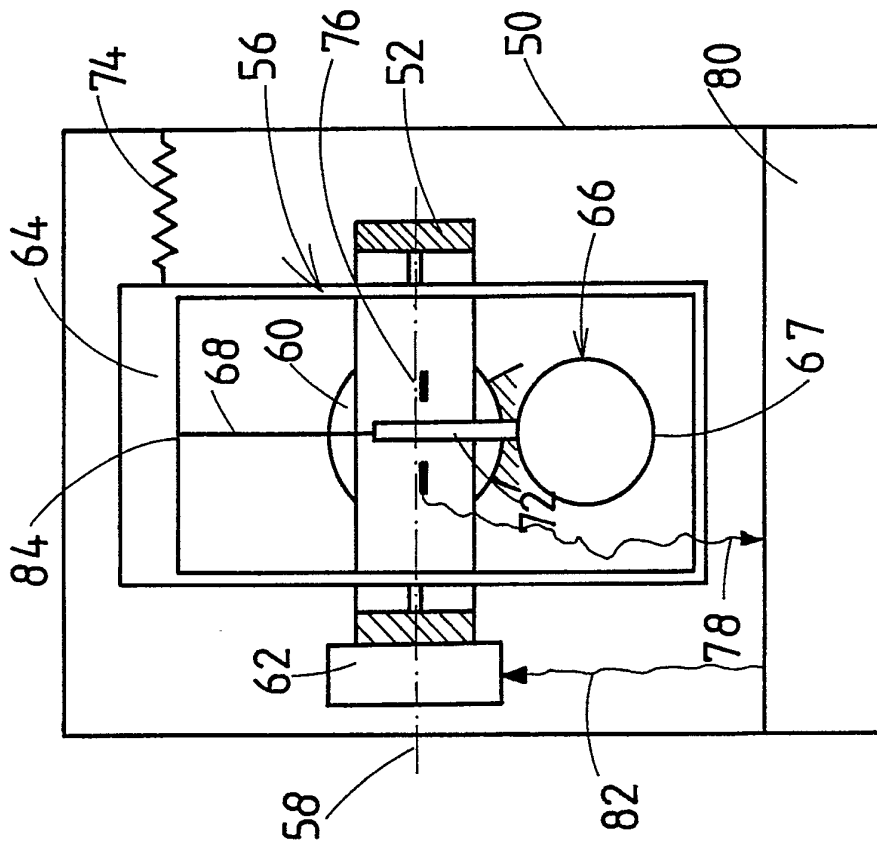


Fig. 2

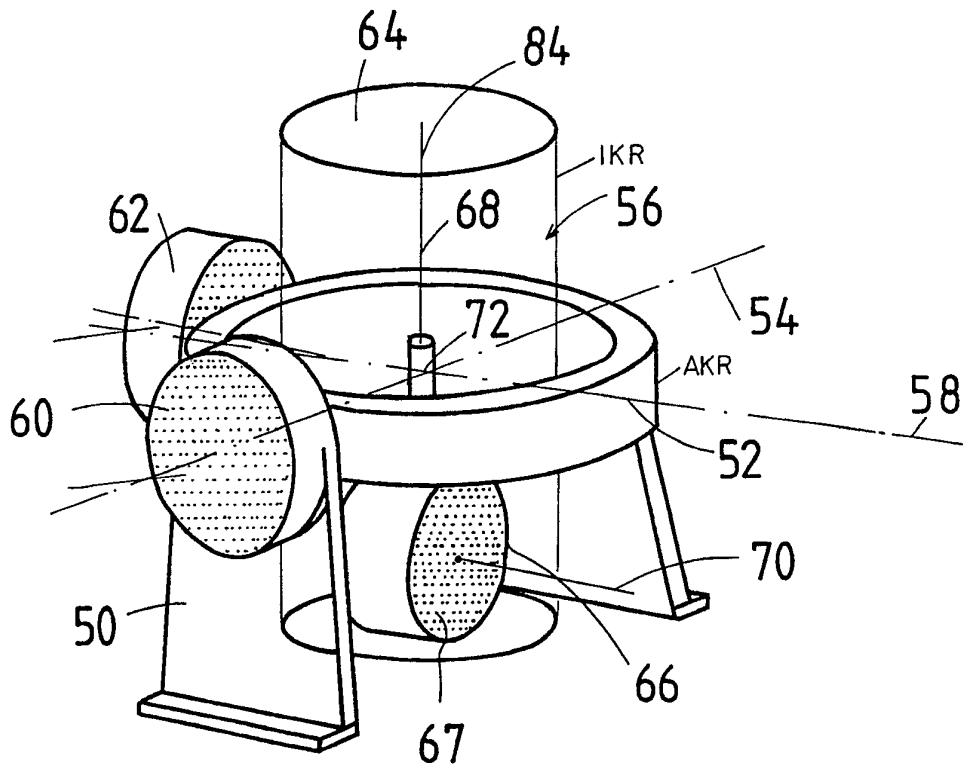


Fig. 3

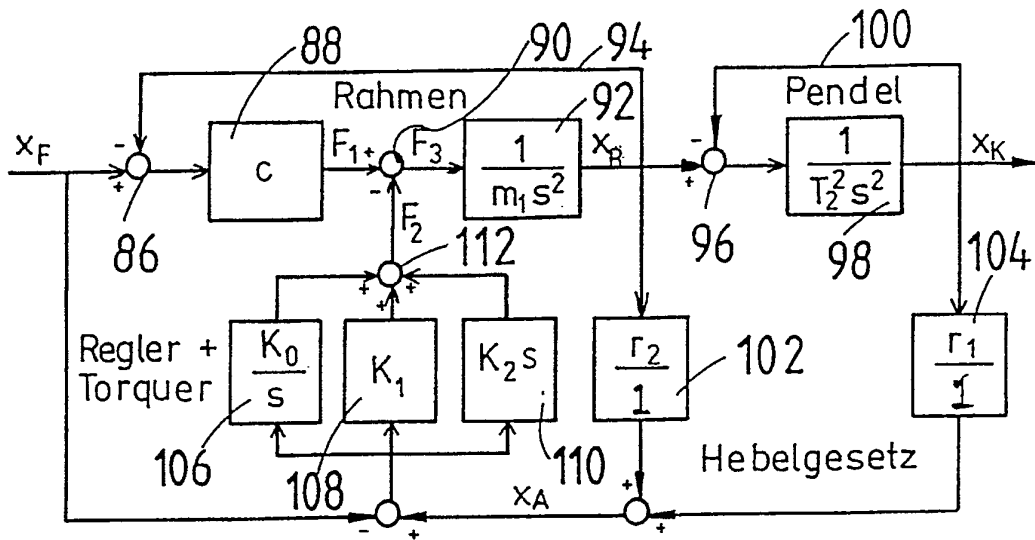


Fig. 4

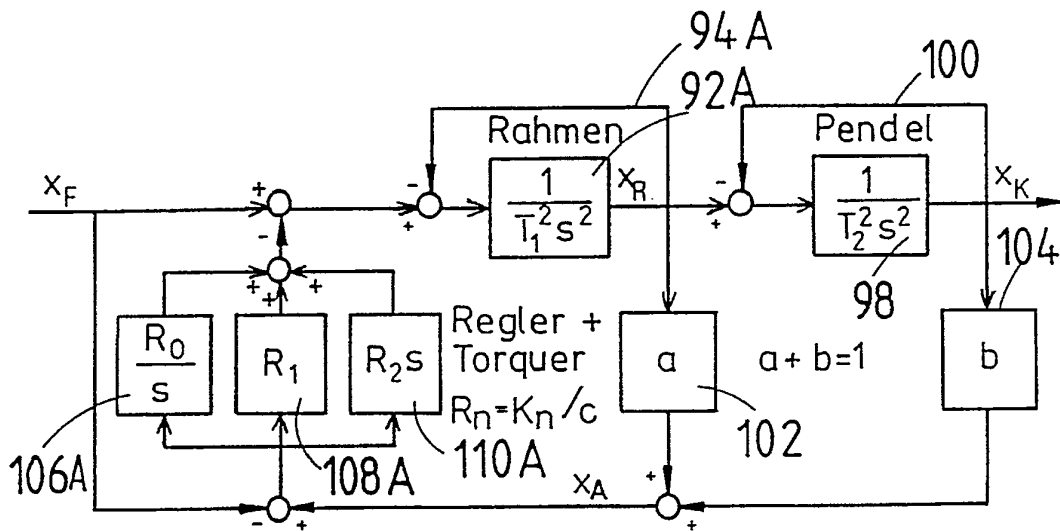


Fig. 5

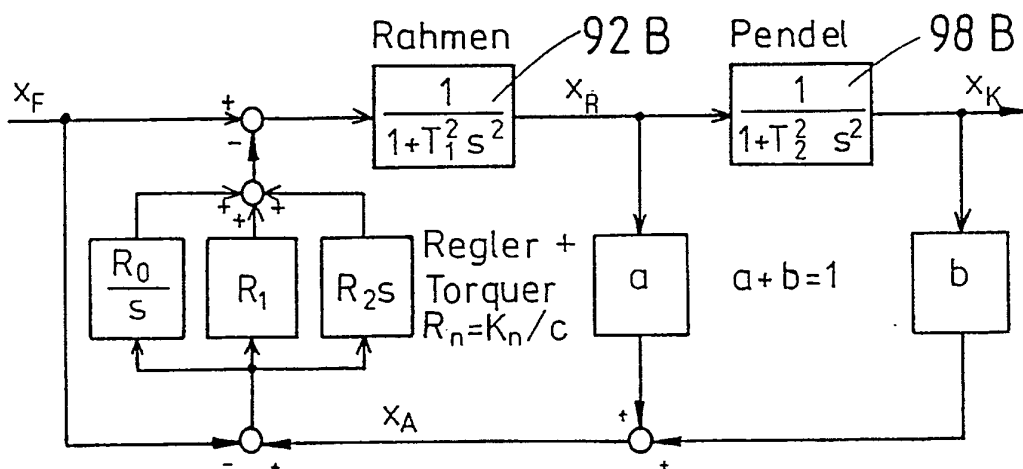


Fig. 6