PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 4 : F16C 39/06

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 89/12178**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. Dezember 1989 (14.12.89)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP88/01153

(22) Internationales Anmeldedatum: 14. Dezember 1988 (14.12.88)

(30) Prioritätsdaten:
P 38 19 205.5 6. Juni 1988 (06.06.88) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US):* TELDIX GMBH [DE/DE]; Postfach 10 56 08, D-6900 Heidelberg 1 (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US) :* BICHLER, Udo, Jörg [DE/DE]; Botheplatz 60, D-6900 Heidelberg 1 (DE).

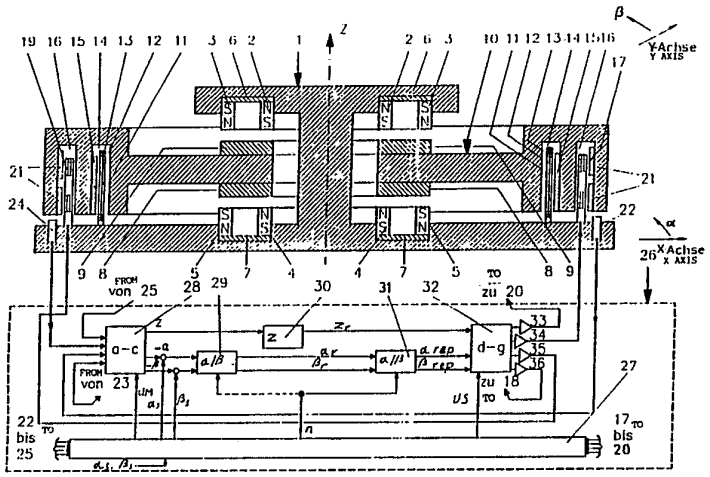
(74) Anwalt: KAMMER, Arno; Patentabteilung TELDIX GmbH, Postfach 10 56 08, D-6900 Heidelberg 1 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: BEARING FOR RADIALLY AND AXIALLY HOLDING A ROTOR WITH LARGE RADIAL DIMENSIONS

(54) Bezeichnung: LAGER ZUR RADIALEN UND AXIALEN LAGERUNG EINES ROTORS MIT GROSSER RADIALER AUSDEHNUNG



(57) Abstract

Bearing for radially and axially holding a rotor (10) with large radial dimensions on a stator (1), the rotor (10) being stabilized around its tilting axes (X, Y). To determine the tilting angle, the tilting axes (X, Y) are each provided with two distance sensors (22, 24; 23, 25) connected upstream of controllers (29). Said controllers (29) generate pilot currents, depending on the output signal of the distance sensors (22, 24; 23, 25), for the controller coils (17, 19; 18, 20) arranged on the stator (1) and allocated to the tilting axes (X, Y), whereby, in combination with permanent magnetic rings (21) arranged on the rotor (10), moments are exerted on the rotor (10) which influence the tilting angles. Said controllers (29) have reciprocal connections (in 31), which disable the connection of the tilting axes (X, Y) generated by the gyroscopic effects. Said controllers (29) are proportional-derivative controllers. In one of the embodiments of the connection (31), the gain V_r is modified proportionally to the square of the speed n of the rotor (10) and its time constant T_r is modified in inverse proportion to the speed n of the rotor (10). The central bearing for the radial movement in the X/Y direction either acts passively as a permanent magnet, or actively as an electromagnet. In the latter case, the radial position controllers are proportional-derivative controllers, the parameters of which can be

switched from a "soft" to a "hard" operational mode and vice versa, in order either to prevent unbalance disturbances from affecting the stator (1) or to provide sufficient rigidity for the position control function even in the presence of external perturbational forces.

(57) Zusammenfassung

Lager zur radialen und axialen Lagerung eines Rotors (10) mit großer radialer Ausdehnung an einem Stator (1) mit einer Stabilisierung des Rotors (10) um seine Kippachsen X, Y. Zur Ermittlung der Kippwinkel sind den beiden Kippachsen X, Y jeweils zwei Abstandssensoren (22, 24; 23, 25) zugeordnet, denen Regler (29) nachgeschaltet sind. Die Regler (29) erzeugen in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der Abstandssensoren (22, 24; 23, 25) Steuerströme für auf dem Stator (1) angeordnete und den Kippachsen X, Y zugeordnete Regelspulen (17, 19; 18, 20) wodurch in Verbindung mit auf dem Rotor (10) angeordneten Permanentmagnetringen (21) Momente auf den Rotor (10) ausgeübt werden, die die Kippwinkel beeinflussen. Die Regler (29) weisen wechselseitige Verkopplungen (in 31) auf, die die durch die Kreiseleffekte verursachte Verkopplung der Kippachsen X, Y aufheben. Die Regler (29) sind Proportional-Differential-Regler. In einer der Ausgestaltung der Verkopplung (31) werden deren Verstärkung V_r proportional zum Quadrat der Drehzahl n des Rotors (10) und deren Zeitkonstante T_r umgekehrt proportional zur Drehzahl n des Rotors (10) geändert. Das Zentrallager für die radialen Bewegungen in X/Y-Richtung ist entweder permanentmagnetisch passiv oder elektromagnetisch aktiv. Im letzteren Fall sind die radialen Lageregler Proportional-Differential-Regler, deren Parameter zwischen einer "weichen" und einer "harten" Betriebsart umgeschaltet werden können, um entweder Unwuchtstörungen vom Stator (1) fernzuhalten oder um für die Lageregelungsfunktion auch bei Anwesenheit äußerer Störkräfte ausreichende Steifigkeit bereitzustellen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**MR**	Mauritanien
AU	Australien	**GA**	Gabun	**MW**	Malawi
BB	Barbados	**GB**	Vereinigtes Königreich	**NL**	Niederlande
BE	Belgien	**HU**	Ungarn	**NO**	Norwegen
BG	Bulgarien	**IT**	Italien	**RO**	Rumänien
BJ	Benin	**JP**	Japan	**SD**	Sudan
BR	Brasilien	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**SE**	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	**KR**	Republik Korea	**SN**	Senegal
CG	Kongo	**LI**	Liechtenstein	**SU**	Soviet Union
CH	Schweiz	**LK**	Sri Lanka	**TD**	Tschad
CM	Kamerun	**LU**	Luxemburg	**TG**	Togo
DE	Deutschland, Bundesrepublik	**MC**	Monaco	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	**MG**	Madagaskar		
FI	Finnland	**ML**	Mali		

Lager zur radialen und axialen Lagerung eines Rotors mit großer radialer Ausdehnung

Die Erfindung betrifft ein Lager zur radialen und axialen Lagerung eines Rotors mit großer radialer Ausdehnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1.

Aus der DE-OS 32 43 641 ist bekannt, daß für Rotoren großer radialer Ausdehnung mechanische Lager, aber auch elektrodynamische Magnetlager verwendbar sind.

Ebenfalls aus dieser Schrift ist bekannt, bei Rotoren großer radialer Ausdehnung auch die Kippachsen des Rotors zu regeln, um zum einen Störmomenten und Eigenfrequenzen wirksam begegnen zu können, zum anderen um bestimmte Momente zu erzeugen, die in der Art von Kreiselmomenten eine Verschwenkung des Systems bewirken.

Aus der DE-OS 32 40 809 ist ein Magnetlager bekannt, bei dem der Luftspaltdurchmesser groß gegenüber der axialen Länge des Lagers ist. Der Rotor ist durch Permanentmagnete zumindest auf der Rotorseite radial passiv gelagert, während die axiale Lage des Rotors durch eine Regeleinrichtung aktiv geregelt wird. Zur Bestimmung der axialen Lage des Rotors werden mehrere Sensoranordnungen sowie Regelverstärker und Wicklungen zur Ausübung von Kräften auf den Rotor verwendet. Vier Sensoranordnungen sind auf zueinander senkrechten und zur Drehachse senkrecht stehenden Achsen paarweise diamentral zur Drehachse liegend angeordnet. Es sind drei Regelverstärker vorgesehen, von denen dem ersten und zweiten jeweils die Differenz der Sensorsignale sich diametral gegenüberliegender Sensoranordnungen und dem dritten die Summe aller Sensorausgangssignale zugeführt werden. Die Ausgänge der Regelverstärker sind mit Wicklungen derart verbunden und die Wicklungen derart angeordnet, daß bei Ansteuerung des ersten und zweiten Verstärkers auf den Rotor Rückstellmomente um die zu der Achse, auf der die zugehörigen Sensoranordnungen liegen, jeweils senkrecht liegenden Achse einwirken und daß bei Ansteuerung des dritten Verstärkers eine axiale Rückstellkraft auf den Rotor einwirkt.

Weiter ist aus dieser Schrift bekannt, daß die Eingangssignale des ersten und zweiten Regelverstärkers kreuzgekoppelt sind, d.h., ein Teil des Eingangssignals des einen Verstärkers wird dem Eingangssignal des anderen Verstärkers überlagert.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Regelverfahren und ein Magnetlager zu schaffen, zur radialen und axialen Lagerung von Rotoren mit großer radialer Ausdehnung, die in einem weiten Drehzahlbereich arbeiten und auch für sogenannte "mikro-g"-Umgebungen ohne Probleme anwendbar sind.

Diese Aufgabe wird durch die im ersten Patentanspruch angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteile dieser Erfindung bestehen in der Möglichkeit des aktiven Verschwenkens der Kippachsen zur Erzeugung von Drehmomenten in der zur Drehachse und zur aktiv geschwenkten Kippachse senkrechten zweiten Kippachse ohne weiteren Aufwand durch das Regelprinzip sowie in der Verwendung des Lagers bei Rotoren geringer Höhe.

Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus der Beschreibung. So ergibt sich z.B. aus den Ansprüchen 8 bis 12 eine, im Zusammenhang mit der Regelung gemäß den Ansprüchen 1 bis 7, besonders günstiges Ausführungsbeispiel des Lagers, welches aber auch unabhängig von der erfindungsgemäßen Regelung mit anderen Regelungsprinzipien verwendbar ist. Aus den Ansprüchen 20 und 21 ergibt sich eine durch die Überwachungsschaltung mögliche Umschaltung bei einem fehlerhaften Abstandssensor oder bei einer fehlerhaften Reglerspule, so daß die Funktionsfähigkeit des Lagers auch nach deren Ausfall erhalten bleibt.

Der Vorteil einer besonderen Ausführung der Erfindung, gemäß Anspruch 26, besteht darin, daß die Regelung für das aktive Zentrallager umschaltbar ist. Sind starke radiale Störungen zu erwarten, wie sie bei Manövern des Raumflugkörpers auftreten können, so wird eine 'harte' Regelung verwendet.

Wird das Lager dagegen in "mikro-g"-Umgebung betrieben, so wird eine 'weiche' Regelung bevorzugt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine senkrechte Schnittdarstellung des Lagers mit Regel- und Steuereinheit,

Fig. 2 einen linken Ausschnitt aus der senkrechten Schnittdarstellung des Lagers nach Fig. 1 als Detaildarstellung,

Fig. 3 die Anordnung der vier Regelspulen,

Fig. 4 das detaillierte Regelprinzip in einem Blockschaltbild, mit nicht drehzahlabhängiger Änderung der Kippregler-Parameter,

Fig. 5 das detaillierte Regelprinzip einer Weiterbildung in einem Blockschaltbild mit drehzahlabhängiger Änderung der Kippregler-Parameter,

Fig. 6 eine Dämpferspule in einer Abwicklung,

Fig. 7 eine Weiterbildung des Lagers nach Fig. 1 mit aktivem Zentrallager,

Fig. 8 eine waagerechte Schnittdarstellung des aktiven Zentrallagers nach Fig. 7,

Fig. 9 das Regelprinzip einer Achse des aktiven radialen Zentrallagers.

In Fig. 1 ist mit 1 der Stator, mit 10 der Rotor und mit 26 die Steuer- und Regeleinheit bezeichnet.

Der Stator 1 trägt zentral axial versetzt jeweils zwei axial magnetisierte Permanentmagnetringe 2 bis 5 mit den zugehörigen ringförmigen Jochplatten 6, 7 aus weichmagnetischem, hochpermeablem Material. Auf dem Rotor 10 befinden sich dazugehörige Rückschlußringe 8, 9 ebenfalls aus weichmagnetischem, hochpermeablem Material. Die Permanentmagnetringe 2 bis 5 bilden zusammen mit den Jochplatten 6, 7 und den Rückschlußringen 8, 9 ein axial (in Z-Richtung) instabiles, radial (in X- und Y-Richtung) stabiles passives Magnetlager. Durch die Wahl geeigneter Verhältnisse von Durchmesser der Permanentmagnetringe 2 bis 5 und Abstand der Luftspalte wird die passive Kippsteifigkeit zu Null eingestellt.

Am äußeren Umfang des Rotors 10 befinden sich zwei ringförmige Luftspalte 14, 16.

Der äußere Rotorluftspalt 16 dient zur Erzeugung von axialen Kräften (in Z-Richtung) und Drehmomenten (im α- und ß- Drehsinn). Zu diesem Zweck befinden sich am äußeren Radius des Rotorluftspaltes 16 zwei entgegengesetzt radial magnetisierte Permanentmagnetringe 21, die einen magnetischen Fluß øR (siehe Fig. 2) in der dargestellten Weise erzeugen. Am Stator 1 sind vier Regelspulen 17 bis 20 (siehe auch Fig. 3) angeordnet, die in den äußeren Rotorluftspalt 16 so eintauchen, daß sie sich größtenteils im Feld der Permanentmagnetringe 21 befinden. Die Regelspulen 17 bis 20 erstrecken sich jeweils über 90 Grad des mittleren äußeren Rotorluftspaltumfanges.

Der innere Rotorluftspalt 14 dient zur Erzeugung von axialen Drehmomenten (um die Z-Achse) und von radialen Kräften (in X- und Y-Richtung). Zu diesem Zweck befindet sich am äußeren Radius des inneren Rotorluftspaltes 14 ein in Umfangsrichtung alternierend radial magnetisierter Permanentmagnetring 15. Am Stator 1 sind eine Dämpferspule 11 und eine Motorspule 12 angeordnet, die in den inneren Rotorluftspalt 14 so eintauchen, daß sich nur die in Z-Richtung verlaufenden Spulenteile im Feld des Permanentmagnetringes 15 befinden. Die Spulen 11, 12 erstrecken sich über den gesamten mittleren inneren Rotorluftspaltumfang. Zusammen mit dem Permanentmagnetring 15 bildet die Spule 12 einen eisenlosen, elektronisch zu kommutierenden Gleichstrommotor.

Die Dämpferspule 11 ist kurzgeschlossen und so verschaltet, daß bei Drehung des Rotors 10 um die Z-Achse kein bremsendes Drehmoment entsteht, jedoch bei einer translatorischen Bewegung des Rotors 10 in X- oder Y-Richtung jeweils in der Dämpferspule 11 durch das Feld des Permanentmagnetringes 15 Spannungen so induziert werden, daß Ströme und damit Kräfte entstehen, die der jeweiligen Bewegungsrichtung entgegenwirken. Die Dämpferspule 11 bildet daher zusammen mit dem Permanentmagnetring 15 eine passive radiale Dämpfungseinrichtung.

Die axiale Auslenkung des Rotors 10 in Z-Richtung wird von vier berührungslos arbeitenden Abstandssensoren 22 bis 25 erfasst, die in jeweils 90 Grad Abstand auf den X- und Y- Achsen des Stators 1 angeordnet sind.

Durch geeignete Verknüpfung der Signale der vier Abstandssensoren 22 bis 25 in der Additionseinheit 28 werden redundant die axiale Auslenkung z und beide Kippwinkel α und ß des Rotors 10 gewonnen. Durch ein Umschaltsignal UM, das in einer Plausibilitätskontrolle der vier Abstandssensorsignale in der Adaptions- und Überwachungseinheit 27 entsteht, wird im Falle einer Störung einer der vier Abstandssensoren 22 bis 25 auf eine Istwerterfassung mit den jeweils verbleibenden drei Abstandssensoren umgeschaltet, wobei die gleichen Eingangssignale α, β, z für die Regler 29, 30 erzeugt werden müssen.

Der axiale Istwert z wird einem Proportional-Differential-Regler mit überlagerter Zero-Power-Regelung 30 zugeführt, der daraus ein axiales Stellsignal zr erzeugt.

Die beiden Kippwinkelistwerte α, ß werden, mit den jeweiligen Sollwerten α_s, $ß_s$ verknüpft, den Proportional-Differential-Kippreglern 29 zugeführt, die daraus die Signale αr und ßr erzeugen.

Die Ausgangssignale αr und ßr der Kippregler 29 werden in einer Entkopplungseinrichtung 31, die die durch die Kreiseleffekte verursachte Verkopplung der Kippachsen X, Y des Rotors 10 aufhebt, zu den Signalen αrep und ßrep verarbeitet. Die Parameter dieser Entkopplungseinrichtung 31 werden abhängig von der Drehzahl n des Rotors 10 verändert.

Die Entkopplung kann in zwei unterschiedlichen Versionen ausgeführt werden. Eine Version bedingt, daß die Parameter der Kippregler 29 unabhängig von der Drehzahl n des Rotors 10 sind. Bei der anderen Version werden die Parameter der Kippregler 29 in Abhängigkeit von der Drehzahl n des Rotors 10 verändert. (In den Figuren 1 und 7 werden beide Versionen durch eine gestrichelte Linie vom Verzweigungspunkt n zu den Kippreglern 29 dargestellt.)

Durch eine geeignete Verknüpfung in der Additionseinheit 32 werden aus den drei Signalen zr, αrep und ßrep redundant Sollwerte für vier um 90 Grad versetzte Kräfte in Z-Richtung auf den Umfang des Rotors 10 berechnet.

Diese werden dann mit Hilfe von stromeinprägenden Leistungsverstärkern 33 bis 36, die Ströme in den Regelspulen 17 bis 20 erzeugen, in Kräfte umgesetzt, so daß die gewünschten Axialkräfte und Kippmomente entstehen. Durch ein Umschaltsignal US, das in einer Plausibilitätskontrolle der vier Spulenströme in der Adaptions- und Überwachungseinheit 27 entsteht, wird im Falle einer Störung in einem der vier Leistungsverstärker 33 bis 36 oder einer der vier Regelspulen 17 bis 20 auf eine Stromsteuerung mit den drei verbleibenden funktionsfähigen Leistungsverstärkern mit den zugehörigen Regelspulen umgeschaltet, wobei die Ströme nach dem Umschalten so bemessen sein müssen, daß die gleichen Kippmomente bzw. die gleichen axialen Kräfte auf den Rotor 10 ausgeübt werden. Zur Anpassung und Überwachung werden der Adaptions- und Überwachungseinheit 27 die Signale der Regelspulen 17 bis 20, der Abstandssensoren 22 bis 25 sowie die Sollwerte α_s, $ß_s$ zugeführt.

In Fig. 2 wird der linke Lagerteil der senkrechten Schnittdarstellung des Lagers nach Fig. 1 detailliert gezeigt. Mit 14 und 16 sind die beiden ringförmigen Rotorluftspalte bezeichnet. In den inneren Rotorluftspalt 14 ragt die am Stator 1 befestigte Dämpferspule 11 und die ebenfalls am Stator 1 befestigte Motorspule 12 hinein. Am äußeren Radius des inneren ringförmigen Rotorluftspalts 14 befindet sich ein in Umfangsrichtung alternierend radial magnetisierter Permanentmagnetring 15, dessen magnetischer Fluß von der Dämpferspule 11 und von der Motorspule 12 genutzt wird.

Im äußeren ringförmigen Rotorluftspalt 16 sind die Regelspulen 17 bis 20 untergebracht. Am äußeren Radius des äußeren Rotorluftspalts 16 sind übereinander zwei entgegengesetzt magnetisierte Permanentmagnetringe 21 angeordnet, die einen magnetischen Fluß øR erzeugen, der die Regelspulen 17 bis 20 durchsetzt.

Fig. 3 zeigt die vier Regelspulen 17 bis 20, die sich jeweils über 90° des mittleren äußeren Rotorluftspalts 16 erstrecken und so am Stator 1 befestigt sind, daß sich die Regelspulen 17 und 19 um 180° gegeneinander versetzt auf der X-Achse (siehe auch Fig. 1) und die Regelspulen 18 und 20 um 180° gegeneinander versetzt auf der Y-Achse (siehe auch Fig. 1) des Lagers befinden.

Fig. 4 zeigt das detaillierte Regelprinzip in einem Blockschaltbild mit nicht drehzahlabhängiger Änderung der Kippregler-Parameter. Die Signale der Abstandssensoren 22 bis 25 ergeben addiert die axiale Auslenkung z. Das Signal des Abstandssensors 24 minus dem Signal des Abstandssensors 22 ergibt den negativen Kippwinkel α (Additionspunkt b) und das Signal des Abstandssensors 23 minus dem Signal des Abstandssensors 25 ergibt den negativen Kippwinkel ß (Additionspunkt c).

Die Signale der Abstandssensoren 22 bis 25 werden addiert (Additionspunkt a) und als axiale Auslenkung z in einem Proportional-Differential-Regler mit zusätzlicher Zero-Power-Regelung 30 zu dem Ausgangssignal zr verarbeitet, das gleichzeitig auf alle vier Leistungsverstärker 33 bis 36 gegeben wird, deren Ausgangssignale zu den Regelspulen 17 bis 20 geführt werden. Die Regelabweichungen der α- und ß-Verschwenkungen werden von Proportional-Differential-Reglern 29 mit den Parametern V_r (Gesamt-Regler-Verstärkung) und T_r (Gesamt-Regler-Zeitkonstante) zu den Signalen αr und ßr verarbeitet.

Die Ausgangssignale der Kippregler 29 αr und ßr werden durch eine integrale, in ihrer Zeitkonstante T_n umgekehrt drehzahlproportional nachgeführte, wechselseitige Vorwärtsverkopplung miteinander verknüpft, die die durch die Kreiseleffekte verursachte Verkopplung der Kippachsen X und Y des Rotors 10 aufhebt. Damit wird eine Nutationsschwingung verhindert; $T_n = T_e/2\pi n$.

Die Integrationszeitkonstante T_e der Entkopplungseinrichtung 31 ist das Verhältnis von Axial- zu Kippträgheitsmoment des Rotors 10. Falls im Zentrallager (1 bis 10) eine passive Kippdämpfung existiert, so kann diese mit dem Faktor D berücksichtigt werden.

Das passive Kippmoment des Zentrallagers (1 bis 10) wird, soweit vorhanden, durch den Faktor Kp, der aus der Kippauslenkung ein entsprechendes Gegenmoment ableitet, neutralisiert. Damit wird eine Präzessionsschwingung verhindert. Eine nichtlineare Kippmomentencharakteristik kann durch eine inverse Kennlinie $K_p = f(\alpha)$ bzw. $K_p = f(\beta)$ kompensiert werden.

Über die Addtionspunkte d, f und e, g werden die Signale α_{rep} und β_{rep} den entsprechenden Leistungsverstärkern 34, 35; 33, 36 und den Regelspulen 17, 19; 18, 20 zugeführt.

Fig. 5 zeigt das detaillierte Regelprinzip einer Weiterbildung in einem Blockschaltbild mit drehzahlabhängiger Änderung der Kippregler-Parameter. Das Regelprinzip nach Figur 5 unterscheidet sich von dem Reglerprinzip nach Figur 4 nur im Bereich der Regler 29 und der Entkopplung 31, deswegen wird hier nur auf die Unterschiede zur Figur 4 eingegangen.

Die Regelabweichungen der α- und β-Verschwenkungen werden von nunmehr adaptiven Proportional-Differential-Reglern 29 zu den Signalen αr und βr verarbeitet. Die Verstärkung $V_r = V_o \cdot n^2$ dieser Kippregler wird proportional zum Quadrat der Drehzahl n verändert. Die Zeitkonstante $T_r = T_o/n$ der Kippregler 29 wird umgekehrt proportional zur Drehzahl n nachgeführt. Damit werden jetzt die Kippregler 29 an die sich mit der Drehzahl n ändernden Eigenschaften der jetzt rückwärts-entkoppelten Kippregelstrecken angepaßt.

Die Kippregleradaption wird unterhalb einer Minimaldrehzahl UB ausgesetzt, die Parameter bleiben in diesem Bereich konstant, $V_r = V_o$, $T_r = T_o$.

Die Ausgangssignale der Kippregler 29 αr und ßr werden durch eine integrale, in ihrer Zeitkonstante T_n umgekehrt drehzahlproportional nachgeführte, wechselseitige Rückwärtsverkopplung miteinander verknüpft, die die durch die Kreiseleffekte verursachte Verkopplung der Kippachsen X und Y des Rotors 10 aufhebt. Damit wird eine Nutationsschwingung verhindert; $T_n = T_e/2\pi n$. Die Integrationszeitkonstante T_e der Entkopplungseinrichtung 31 ist wiederum das Verhältnis von Axial- zu Kippträgheitsmoment des Rotors 10. Falls im Zentrallager (1 bis 10) eine passive Kippdämpfung existiert, so kann diese mit dem Faktor D berücksichtigt werden. Ein kleiner Anteil von D ist jedoch stets zur Vermeidung einer Dauerschwingung in der Entkopplung vorzusehen.

In Fig. 6 wird ein Ausführungsbeispiel einer Dämpferspule 11 in einer Abwicklung über 360° gezeigt. Mit 37 und 38 sind in diesem Beispiel zwei unabhängige mäanderförmige Drähte bezeichnet. Die Dämpferspule 11 kann auch aus jedem anderen geradzahligen Vielfachen von Drähten gebildet werden.

Die ansteigenden und abfallenden Anteile 40, 39 des Mäanders sind parallel zur Rotorachse ausgerichtet und im wesentlichen den alternierenden Permanentmagneten des Permanentmagnetrings 15 gegenüber angeordnet. Die dazu senkrechten Anteile 41 des Mäanders verlaufen axial versetzt außerhalb der Permanentmagnete. Die Breite 42 eines Mäanders entspricht einer Polbreite eines Magneten des Permanentmagnetrings 15.

Auf dem 360°-Umfang der Dämpferspule 11 sind für beide Drähte 37, 38 jeweils zwei um 180° versetzte Mäander doppelter Breite 43, 44 vorgesehen, die von Draht 37 zu Draht 38 außerdem noch einen Versatz von 90° aufweisen. Hierdurch wird erreicht, daß die Mäander von 0° bis 180° und von 180° bis 360° bei Draht 37 bzw. von 90° bis 270° und von 270° bis 90° bei Draht 38 unterschiedlichen Magnetpolen gegenüberstehen. Dadurch wird erreicht, daß die Dämpferspule 11 bei Drehung des Rotors 10 kein Bremsmoment, bei translatorischen Bewegungen des Rotors 10 jedoch eine Bremskraft erzeugt.

Fig. 7 zeigt eine Weiterbildung des Lagers nach Fig. 1 mit aktivem Zentrallager.

Der Stator ist mit 1, der Rotor mit 10 und die Steuer- und Regeleinheit mit 26 bezeichnet.

Der Stator 1 trägt zentral ein aktives radiales Lager 1, 10, 45 bis 52, welches in einem am Rotor 10 befestigten kugelsymmetrischen tonnenförmigen Körper 52, aus weichmagnetischem Material als magnetischen Rückschluß, untergebracht ist. Der tonnenförmige Körper 52 hat den Schwerpunkt 45 des Rotors 10 als Mittelpunkt.

Am Stator 1 sind am äußeren Umfang, gegenüber dem magnetischen Rückschluß 52 des Rotors 10, vier Elektroden 46a bis 46d auf der X- und auf der Y-Achse um jeweils 90° versetzt angeordnet, die zusammen mit dem Rotor 10 und den Jocheisen 47 bis 50 kapazitive Abstandssensoren bilden. Hierbei dienen die Jocheisen 47 bis 50 als Sendeelektroden, der Rotor 10 als Reflexionselektrode und die Elektroden 46a bis 46d als Empfangselektroden.

Ebenfalls auf der X- und auf der Y-Achse sind vier um jeweils 90° versetzte Spulen 51a bis 51d angeordnet. Die Jocheisen 47 bis 50, die Spulen 51a bis 51d und der kugelsymmetrische tonnenförmige Körper 52 bilden vier um 90° versetzte, magnetisch getrennte, Elektromagnet-Segmente, die paarweise gegenüberliegend und unabhängig voneinander aktiviert werden können. Die magnetische Trennung kann z. B. dadurch erreicht werden, daß die Elektromagnet-Segmente durch Luftpalte 55 (Fig. 8) voneinander getrennt sind und der Lagerdorn 56 (Fig. 8) aus einem niedrigpermeablen Material hergestellt wird.

Eine radiale Bewegung des Rotors 10 gegenüber dem Stator 1 entlang der X- und/oder der Y-Achse wird durch die kapazitiven Sensoren 10, 46a bis 46d, 47 bis 50 aufgenommen und durch die Elektromagnet-Segmente 47 bis 50, 51a bis 51d, 52 zurückgestellt. Selbstverständlich können auch induktive Sensoren, optische Sensoren oder Sensoren die auf einem anderen Meßprinzip beruhen, verwendet werden.

Die Fig. 8 zeigt eine waagerechte Schnittdarstellung des aktiven radialen Zentrallagers. Das am Stator 1 angebrachte ruhende Teil des Zentrallagers bestehend aus vier, z. B. durch Luftspalte 55, magnetisch voneinander getrennten 90° Elektromagnet-Segmenten aus Jocheisen 47 bis 50 mit den Spulen 51a bis 51d und einem sich im Zentrum des Rotors 10 befindlichen tonnenförmigen Körper 52 (Fig. 7) aus weichmagnetischem Material als magnetischem Rückschluß. Die Elektromagnet-Segmente 47, 51a, 52; 49, 51c, 52; 48, 51b, 52; 50, 51d, 52 sind ebenso wie die Elektroden 46a bis 46d symmetrisch in den X- und Y-Achsen angeordnet, wobei der Schwerpunkt 45 den Mittelpunkt bildet. Der Lagerdorn 56 ist zur magnetischen Trennung aus einem niedrigpermeablen Material, z. B. aus Aluminium, hergestellt.

Fig. 9 zeigt das Regelprinzip einer Achse des aktiven radialen Zentrallagers. Die Jocheisen 47, 49 werden von einem Oszillator 57 erregt. Die kapazitiven Sensoren 46a, 46c, 47, 49, 52, erfassen eine radiale Positionsänderung des Rotors 10 gegenüber dem Stator 1 als eine Kapazitätsänderung und führen sie der Sensor-Auswerteelektronik 70 zu.

Als Lageistwert 58 des Sensorpaares 46a, 46c gelangt das Ausgangssignal der Sensor-Auswerteelektronik 70 zu der Eingangsbeschaltung C, R_1, $3R_1$, S_1 des Proportional-Differential-Reglers 69. Die Reglerparameter des Proportional-Differential-Reglers 69 können von einer übergeordneten Überwachungs- und Steuereinheit 60 zwischen 'weicher' und 'harter' Regelung umgeschaltet werden. Dies ist dann von Vorteil, wenn starke radiale Störungen erwartet werden - hier wird ein 'hartes' Regelverhalten bevorzugt - oder wenn Unwuchtstörungen nur in möglichst geringem Umfang auf den Stator übertragen werden sollen - hier wird ein 'weiches' Regelverhalten bevorzugt-. Das 'harte' Regelverhalten wird dadurch erreicht, daß der Schalter S_1 geschlossen und der Schalter S_2 geöffnet wird. Das 'weiche' Regelverhalten wird dadurch erreicht, daß der Schalter S_1 geöffnet und der Schalter S_2 geschlossen wird. Das Ausgangssignal des Proportional-Differential-Reglers 69 wird über stromeinprägende Leistungs-verstärker 64, 65 alternativ in der Spule 51a oder 51c in radiale Kräfte auf den Rotor 10 umgesetzt.

Patentansprüche

1. Lager zur radialen und axialen Lagerung eines Rotors mit großer radialer Ausdehnung an einem Stator mit einer Stabilisierung des Rotors um dessen Kippachsen, enthaltend den beiden Kippachsen zugeordnete Sensoren zur Ermittlung der Kippwinkel und den Sensoren nachgeschaltete Regler, die Steuerströme für auf den Stator angeordnete den Kippachsen zugeordnete Spulen erzeugen, die in Verbindung mit Magneten auf dem Rotor Momente auf den Rotor im Sinne einer Beeinflussung der Kippwinkel ausüben, wobei die Regler wechselseitige Verkopplungen aufweisen, die die durch die Kreiseleffekte verursachte Verkopplung der Kippachsen aufheben, dadurch gekennzeichnet, daß die wechselseitigen Verkopplungen (in 31) den Reglern (29) nachgeschaltet sind und daß sie integralen Charakter mit zur Drehzahl n umgekehrt proportionalen Zeitkonstanten aufweisen.

2. Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Integrationszeitkonstante T_e der wechselseitigen Verkopplungen (in 31) dem Verhältnis von Axial- zu Kippträgheitsmoment des Rotors (10) proportional ist.

3. Lager nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regler Proportional-Differential-Regler (PD-Regler)(29) sind und die über die wechselseitigen Verkopplungen (in 31) geführten Signale zu den Ausgangssignalen der PD-Regler (29) addiert, bzw. von diesen subtrahiert werden und daß die Eingangssignale der wechselseitigen Verkopplungen (in 31) die Ausgangssignale der PD-Regler (29) sind.

4. Lager nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung V_r der PD-Regler (29) proportional zum Quadrat der Drehzahl n des Rotors 10 und deren Zeitkonstante T_r umgekehrt proportional zur Drehzahl n des Rotors 10 geändert wird und daß die PD-Regler (29) bis zu einer vorgegebenen Mindestdrehzahl eine konstante Verstärkung Vo und eine konstante Zeitkonstante To aufweisen und erst ab dieser Mindestdrehzahl drehzahlabhängig sind.

5. Lager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die über die wechselseitigen Verkopplungen (in 31) geführten Signale zu den Ausgangssignalen der PD-Regler (29) addiert, bzw. von diesen subtrahiert werden und daß die Eingangssignale der wechselseitigen Verkopplungen (in 31) die Ausgangssignale der durch die Addition bzw. Subtraktion entstehenden Signale sind.

6. Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kippachse X, Y zwei gegeneinander geschaltete Abstandssensoren (22, 24; 23, 25) auf dem Stator 1 zugeordnet sind.

7. Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kippachse X, Y zwei Regelspulen (17, 19; 18, 20) auf dem Stator (1) zugeordnet sind.

8. Lager insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Rotor (10) zwei axial gegeneinander versetzte Permanentmagnetringe (21) unterschiedlicher Polarität vorgesehen sind und daß diesen Permanentmagnetringen (21) vier gleichmäßig über den Umfang verteilte mit dem Stator (1) verbundene Regelspulen (17 bis 20) gegenüber stehen von denen jeweils gegenüberliegende Regelspulen (17, 19; 18, 20) mit einem der Kippregler (29) derart verbunden sind, daß sie bei einer Verkippung Rückstellmomente auf den Rotor (10) ausüben.

9. Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Rotor (10) parallel zur Drehachse eine Vielzahl von Permanentmagneten angeordnet sind, wobei jeweils benachbarte Permanentmagnete unterschiedliche Polarität aufweisen und daß diesen Permanentmagneten gegenüberliegend eine wenigstens zweiphasige Motorspule (12) auf dem Stator (1) angeordnet ist.

10. Lager nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jede Phase der Motorspule (12) aus einem mäanderförmig aufgebrachten Draht gebilder ist, wobei die ansteigenden und abfallenden Anteile des Mäanders parallel zur Rotorachse ausgerichtet sind und im wesentlichen den Permanentmagneten gegenüberliegen, während die dazu senkrechten Anteile (13) axial versetzt außerhalb der Permanentmagnete verlaufen und daß die Breite des Mäanders der Polteilung entspricht.

11. Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Rotor (10) parallel zur Drehachse eine Vielzahl von Permanentmagneten angeordnet sind, wobei jeweils benachbarte Permanentmagnete unterschiedliche Polarität aufweisen und daß den Permanentmagneten gegenüberliegend wenigstens eine Dämpferspule (11) angeordnet ist, die aus wenigstens zwei unabhängigen mäanderförmig aufgebrachten Drähten gebildet ist, wobei die ansteigenden und abfallenden Anteile des Mäanders parallel zur Rotorachse ausgerichtet sind und im wesentlichen den Permanentmagneten gegenüberliegen, während die dazu senkrechten Anteile (13) axial versetzt außerhalb der Permanentmagnete verlaufen, wobei die Breite des Mäanders einer Polteilung entspricht und daß diese teilweise derart versetzt angeordnet sind, daß die Drehung des Rotors (10) in diesen kein Bremsmoment erzeugt, jedoch bei translatorischen Bewegungen eine Dämpfungskraft für diese Bewegung entsteht.

12. Lager nach den Ansprüchen 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorspule (12) und die Dämpferspule (11) den gemeinsam genutzten Permanentmagneten gegenüberstehen.

13. Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Lagerung durch wenigstens ein Magnetlager gebildet wird.

14. Lager nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Lagerung durch ein passives Magnetlager bewirkt wird.

15. Lager nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine sensierte axiale Verschiebung des Rotors (10) über einen PD-Regler (30) parallel den zur Kippregelung vorgesehenen Regelspulen (17 bis 20) zugeführt wird.

16. Lager nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von den Kippachsen X, Y zugeordneten Paaren von Abstandssensoren (22, 24; 23, 25) zur Kippwinkelerfassung diese auch als Sensoren für die Axialregelung verwendet werden.

17. Lager nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die den Kippachsen X, Y zugeordneten verknüpften Sensorsignale mit einem Faktor Kp versehen den den entsprechenden Regelspulen (17,19; 18,20) zugeführten Signalen überlagert werden.

18. Lager nach den Ansprüchen 13 und 17, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Drehzahl n des Rotors (10) unabhängigen integralen wechselseitigen Verkopplungssignale mit dem Faktor D versehen auf den Eingang der zugehörigen Verkopplungssignale zurückgeführt werden.

19. Lager nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelspulen (17 bis 20) und die Permanentmagnetringe (21) zur Erzeugung des Kippmomentes am äußeren Umfang angebracht sind.

20. Lager nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur der Verknüpfung der vier Abstandssensorsignale durch eine Adaptions- und Überwachungseinheit (27) so umgeschaltet werden kann, daß bei einem Ausfall eines dieser vier Abstandssensoren (22 bis 25) mit den von der Adaptions- und Überwachungseinheit (27) zu ermittelnden verbleibenden drei funktionsfähigen Abstandssensoren die gleichen Eingangssignale für die drei Regler (29, 30) gebildet werden.

21. Lager nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur der Verknüpfung (in 32) der aus den Sensorsignalen gewonnenen Regelsignale (α_{rep}, β_{rep}, zr) durch eine Adaptions- und Überwachungseinheit (27) so umschaltbar ist, daß bei einem Ausfall einer der vier Leistungsverstärker (33 bis 36) und/oder Regelspulen (17 bis 20) mit den von der Adaptions- und Überwachungseinheit (27) zu ermittelnden drei verbleibenden funktionsfähigen Leistungsverstärkern mit den zugehörigen Regelspulen die gleichen axialen Kräfte und die gleichen Momente auf den Rotor (10) ausgeübt werden.

22. Lager nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (10) an dem Stator (1) mittels eines aktiven Zentrallagers (1, 10, 45 bis 52) gelagert ist, wobei wenigstens zwei der X- und Y-Achse zugeordnete Sensoren, bestehend aus Jocheisen (47 bis 50), magnetischem Rückschuß (52) und Elektroden (46), die radiale Position des Rotors (10) erfassen und ihr Ausgangssignal über Leistungsverstärker (64 bis 67) zur Ausregelung von vom Zentrum des Lagers radial abweichende Rotor-Positionen jeweils nur einer in jeder Achse angeordneten Spule (51) zur Bildung eines Magnetfeldes zugeführt werden.

23. Lager nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetische Rückschluß (52) des Rotors (10) tonnenförmig ausgebildet ist.

24. Lager nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (51a bis 51d) in magnetisch voneinander getrennten 90°-Sektoren angeordnet sind.

25. Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Sensoren (46 bis 50, 52) kapazitive Sensoren sind.

26. Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter Verstärkung und Zeitkonstante des Reglers (69) umschaltbar sind.

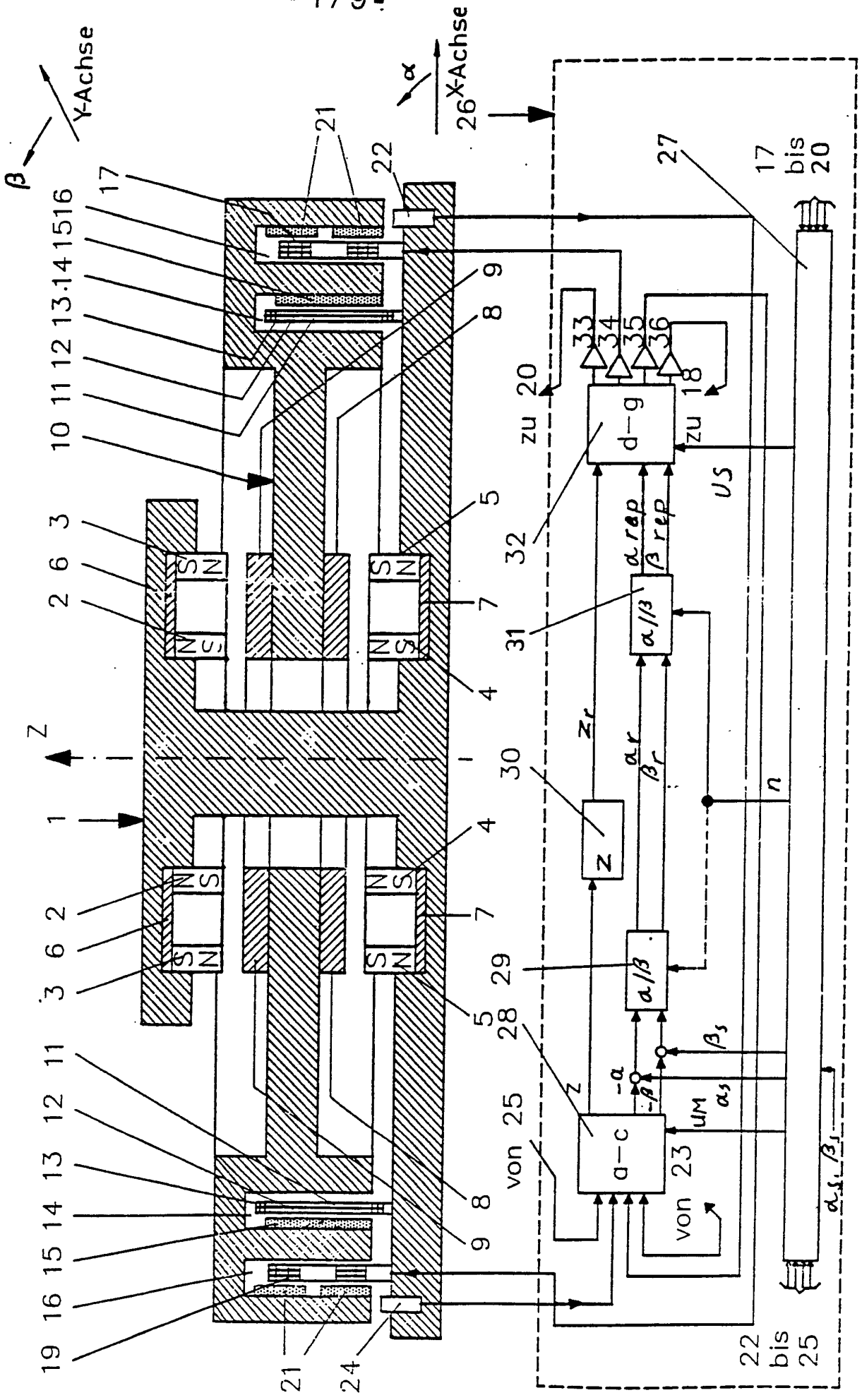


Fig. 1

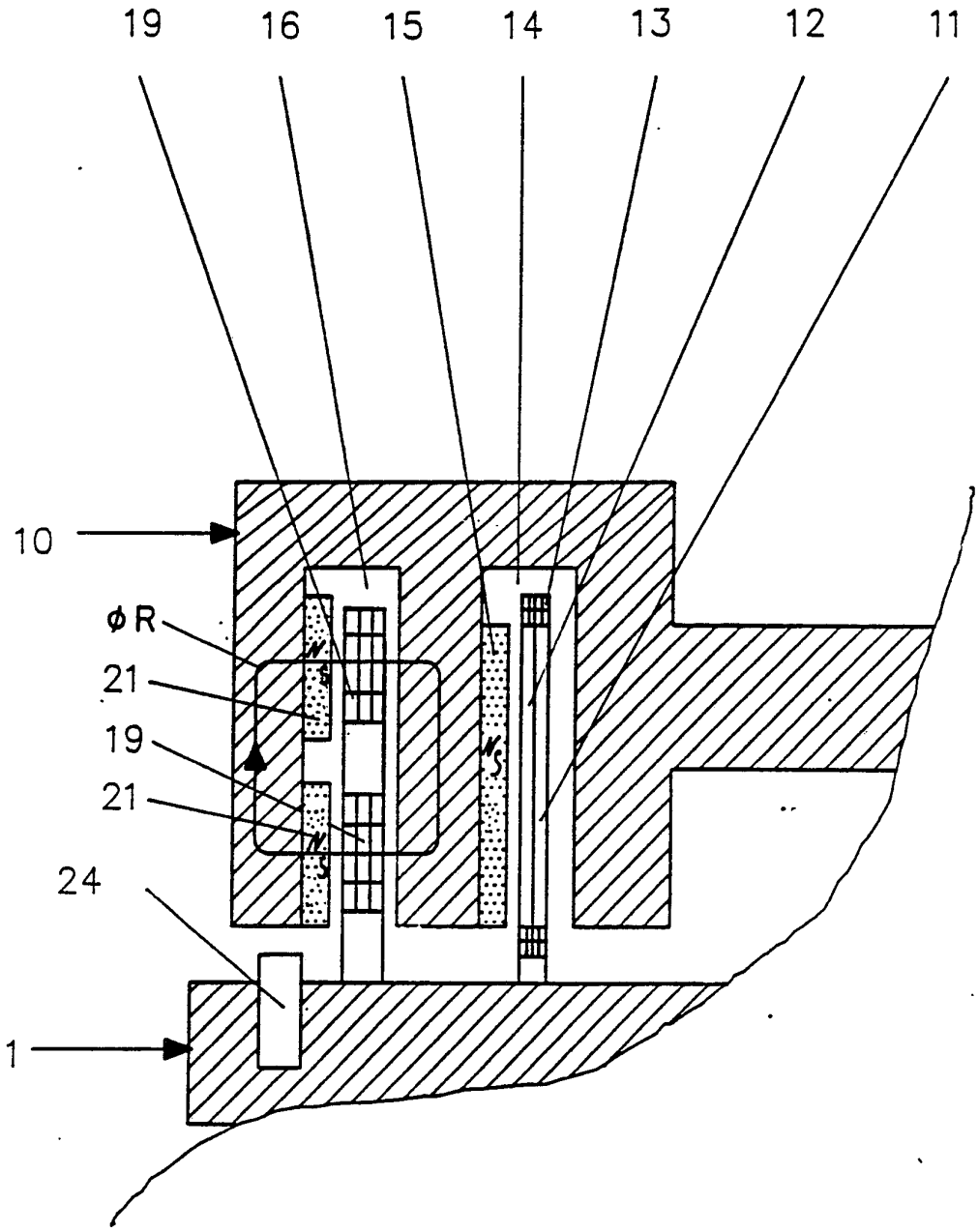


Fig.2

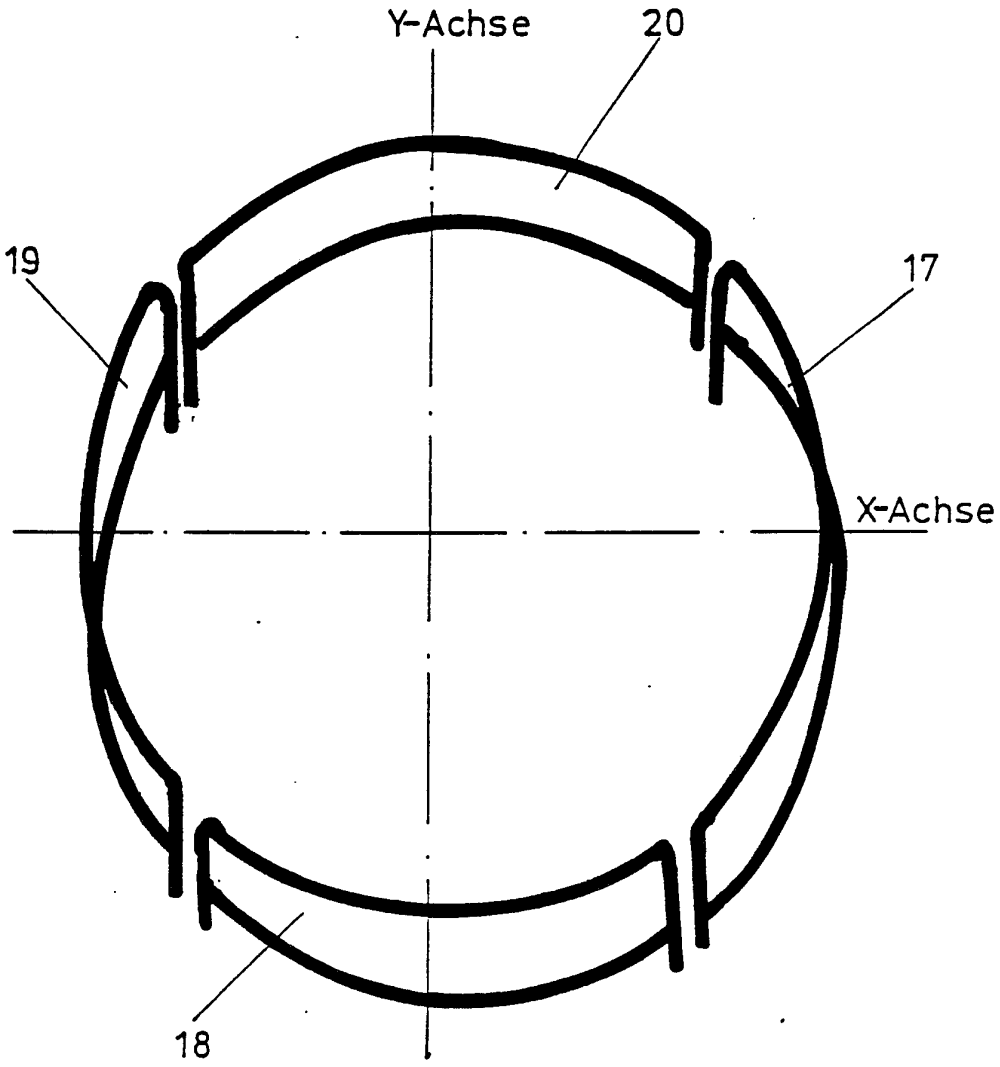


Fig. 3

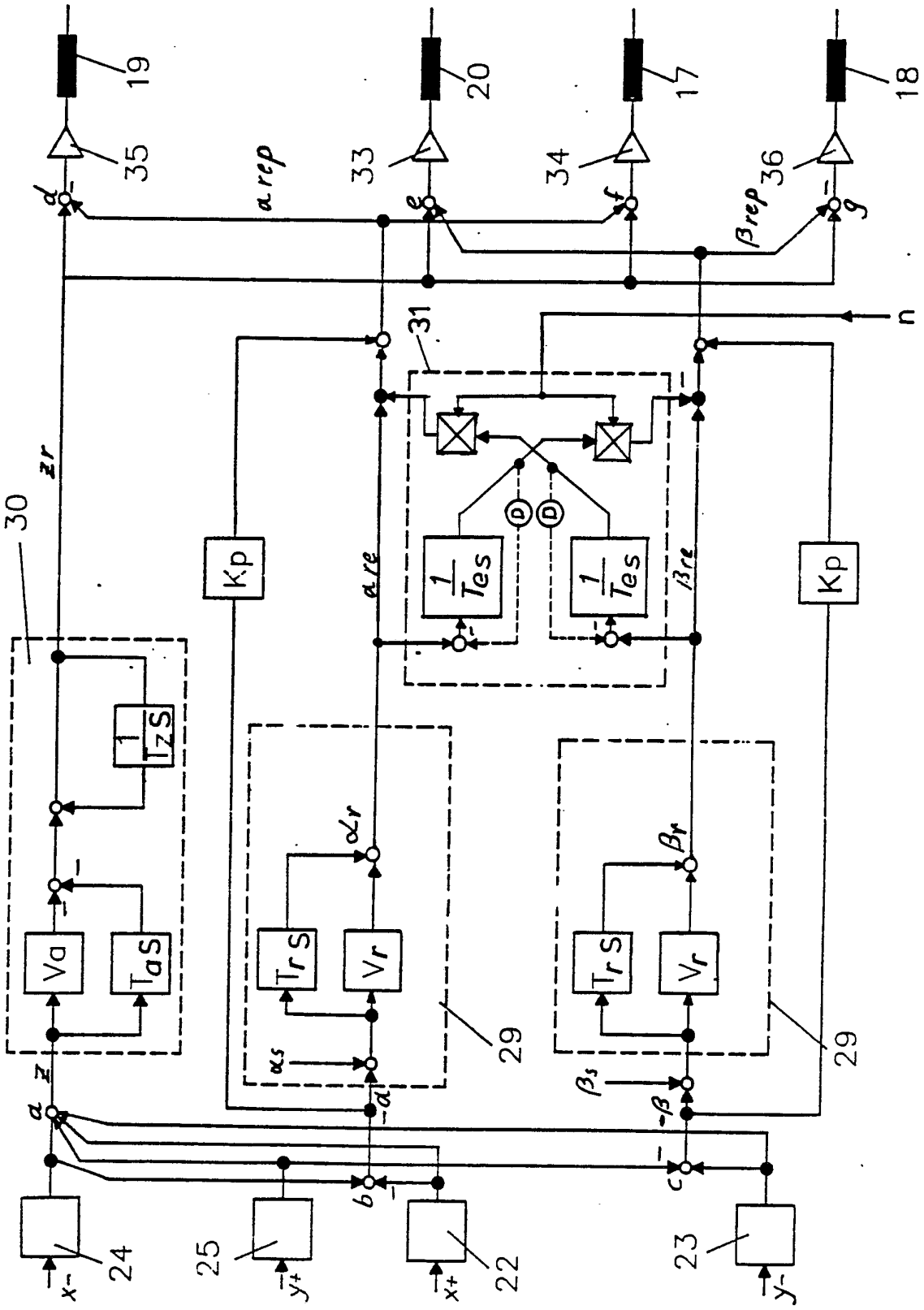

19
20
17
18
35
33
34
36
d
e
f
g
n
31
30
zr
Kp
Kp
1/Tes
1/Tes
1/TzS
Va
TaS
TrS
Vr
TrS
Vr
29
29
z
a
b
c
-d
-β
x-
y+
x+
y-
24
25
22
23

Fig.4

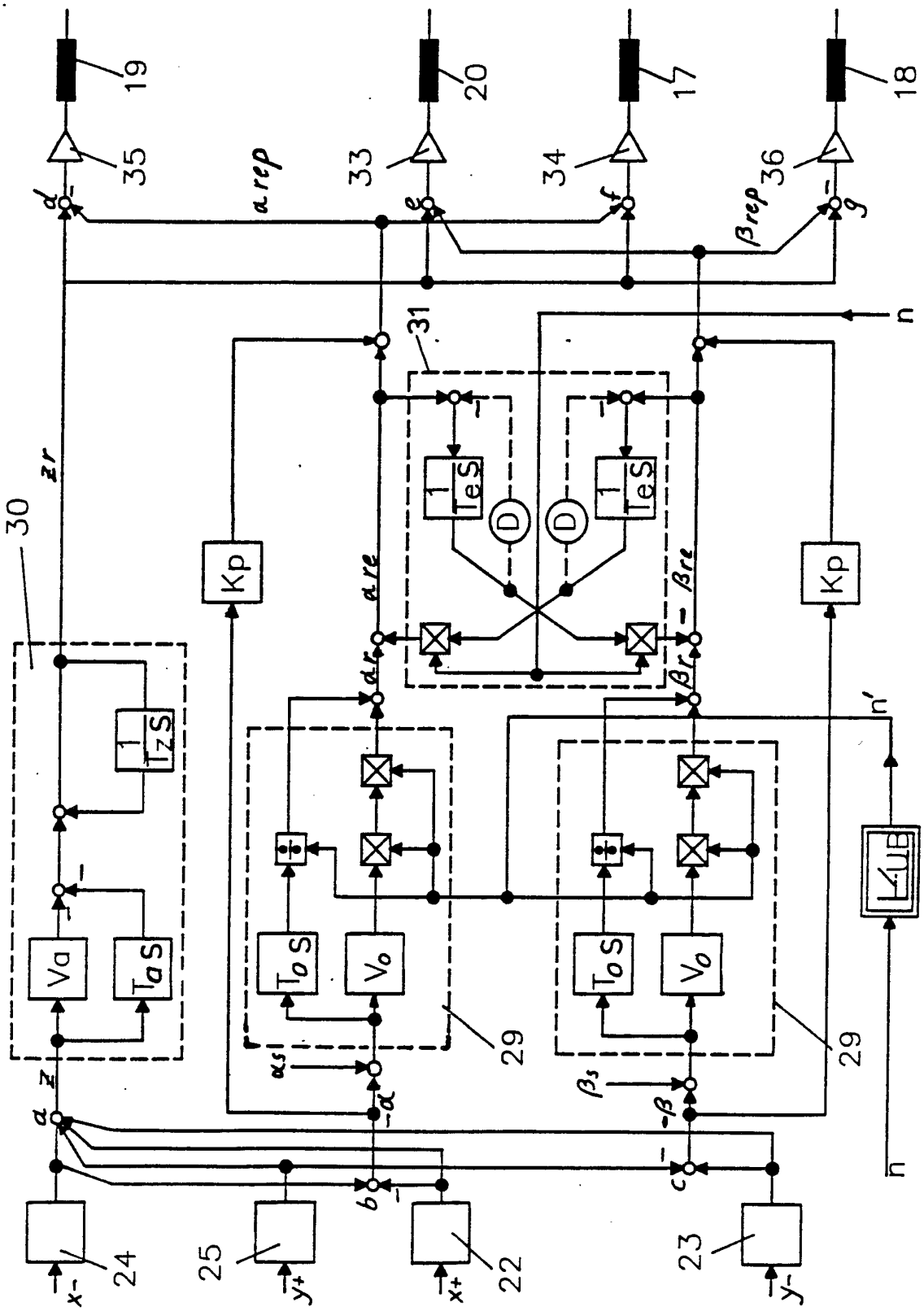

19
20
17
18
35
33
34
36
d
e
f
g
arep
βrep
n
31
30
zr
Kp
1
TeS
D
are
βre
drr
βrr
n'
1
TzS
Va
TaS
ToS
Vo
29
αs
βs
z
a
b
c
-α
-β
24
25
22
23
x-
y+
x+
y-

Fig.5

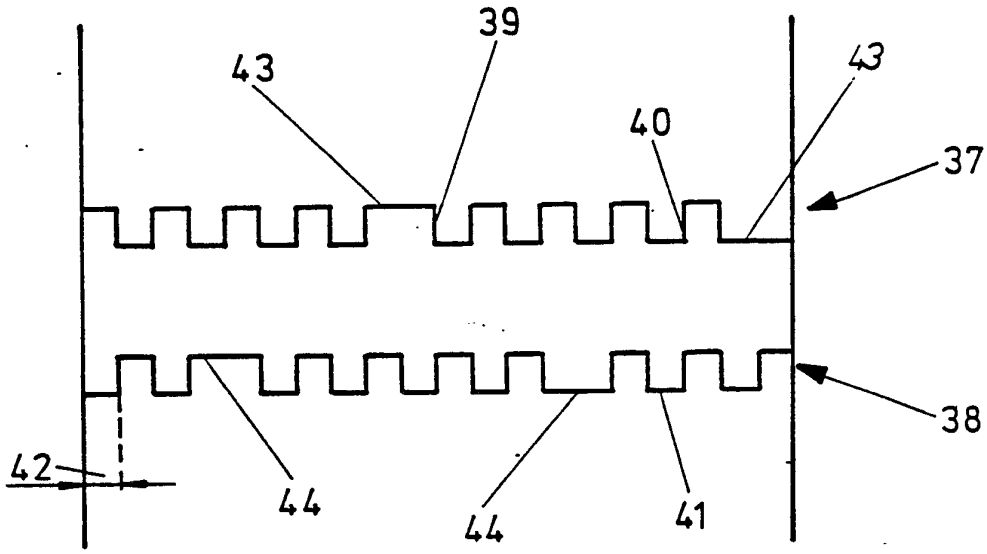


Fig.6

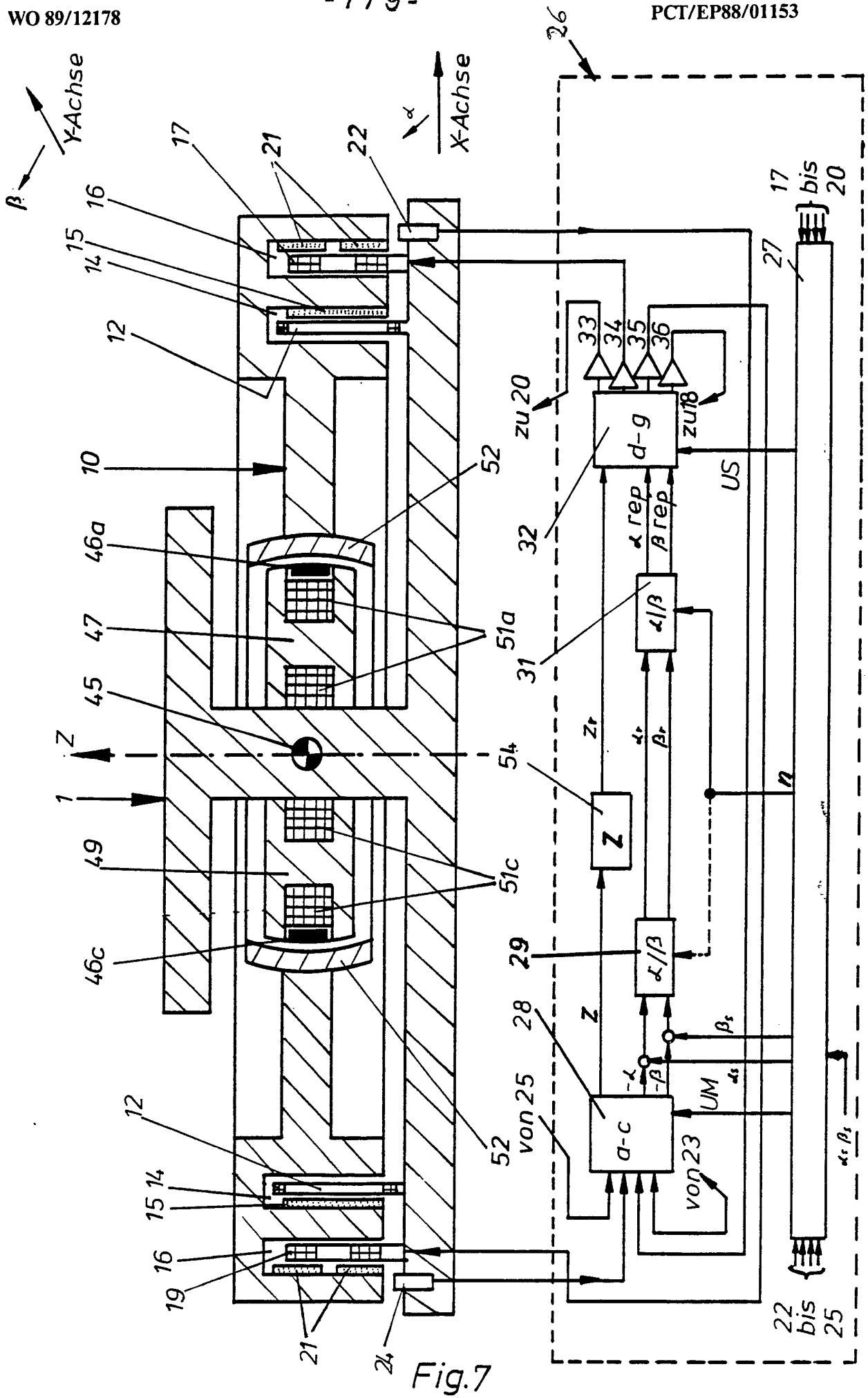

Y-Achse
X-Achse
β
α
26
17
21
22
16
15
14
12
10
52
46a
47
51a
45
Z
1
49
51c
46c
54
31
32
33
34
35
36
zu 20
zu 18
d-g
US
α rep
β rep
α/β
z
29
28
a-c
UM
von 25
von 23
17 bis 20
27
22 bis 25
24
19

Fig.7

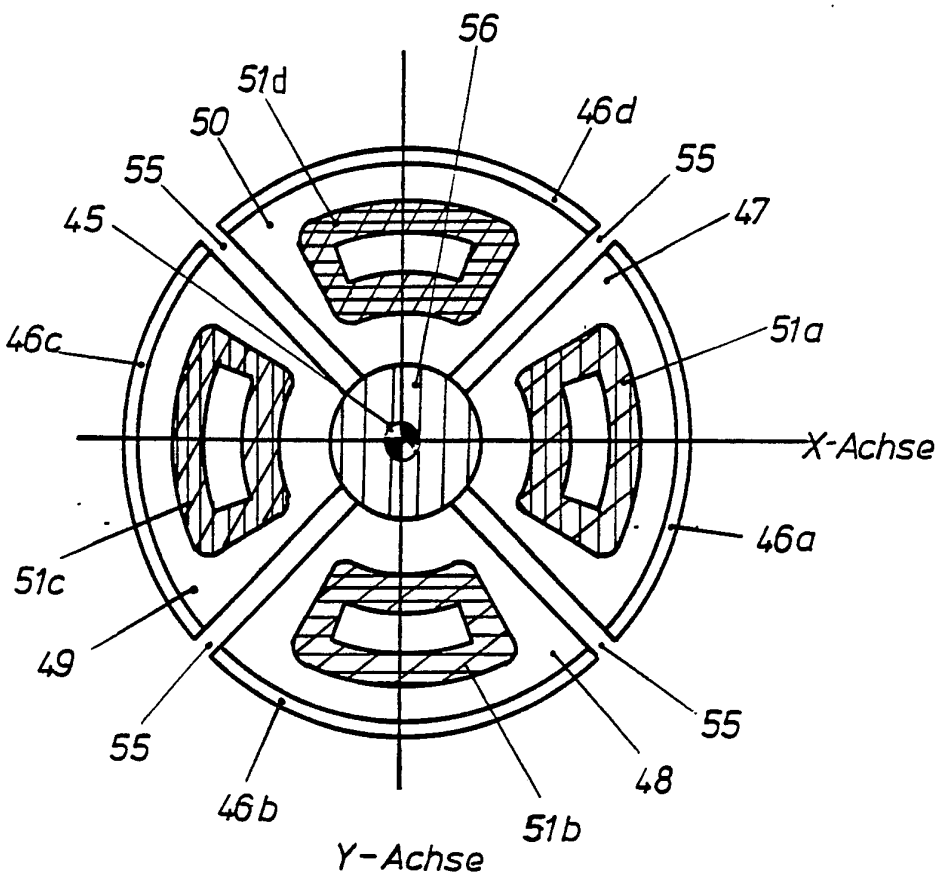

56
51d
50
46d
55
55
47
45
51a
46c
X-Achse
46a
51c
49
55
55
48
46b
51b
Y-Achse

Fig. 8

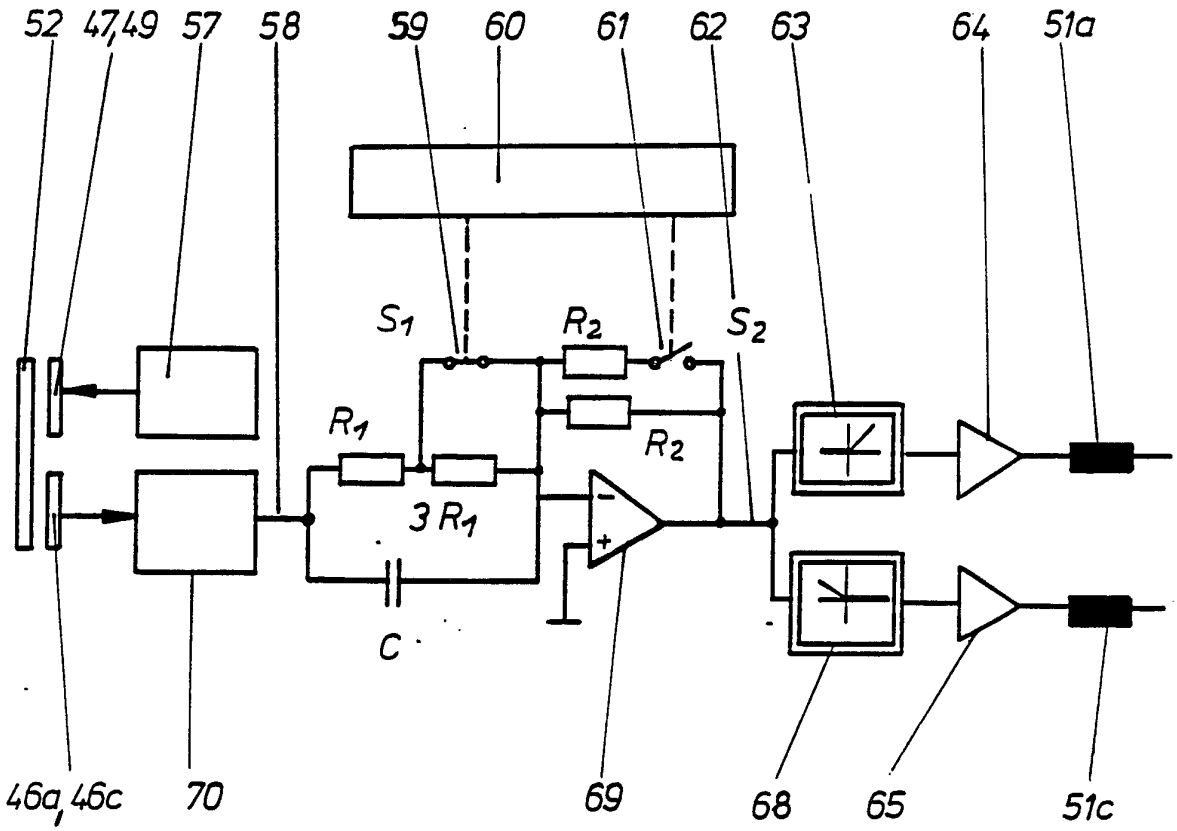

52
47,49
57
58
59
60
61
62
63
64
51a
S1
R2
S2
R1
R2
3 R1
C
46a, 46c
70
69
68
65
51c

Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 88/01153

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [6]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl[4]: F 16 C 39/06

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [7]

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl[4]	F 16 C; H 02 K

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched [8]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [9]

Category *	Citation of Document, [11] with indication, where appropriate, of the relevant passages [12]	Relevant to Claim No. [13]
A	GB,A,2129582 (SEIKO INSTRUMENTS & ELECTRONICS LTD) 16 May 1984, see the whole document	1-3,5-7,17
A	FR,A,2149644 (ETAT FRANCAIS-DELEGATION MINISTERIELLE POUR L'ARMEMENT DIRECTION TECHNIQUE DES ENGINS) 30 March 1973, see page 8, line 15 - page 9, line 2; page 14, lines 14-17	1-3,5-7,16, 24,25
A	GB,A,2011658 (SPERRY RAND CORP.) 11 July 1979, see figure 1	1,4
A	FR,A,2572141 (SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION) 25 April 1986, see figure 2; page 18, lines 1-32	1-3
A	EP,A,0201894 (HITACHI LTD) 20 November 1986, see figures 1-10	1-3
A	EP,A,0185765 (NTN TOYO BEARING CO.LTD) 02 July 1986 see figures 1,3	1-3
A	Patent Abstracts of Japan, Vol.8,No.234 (M-334)(1671) 26 October 1984, & JP,A,59113315 (YASUKAWA DENKI SEISAKUSHO K.K.) 30 June 1984;see the whole document	1

* Special categories of cited documents: [10]

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
31 March 1989 (31.03.89)	24 April 1989 (24.04.89)
International Searching Authority	**Signature of Authorized Officer**
EUROPEAN PATENT OFFICE	

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. EP 8801153 SA 25750

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 14/04/89
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A- 2129582	16-05-84	JP-A- 59089821	24-05-84
		FR-A- 2536138	18-05-84
		DE-A- 3340909	17-05-84
FR-A- 2149644	30-03-73		
GB-A- 2011658	11-07-79	FR-A- 2413578	27-07-79
		DE-A- 2856572	05-07-79
		US-A- 4167296	11-09-79
FR-A- 2572141	25-04-86		
EP-A- 0201894	20-11-86	JP-A- 61262225	20-11-86
		US-A- 4697128	29-09-87
EP-A- 0185765	02-07-86	JP-A- 60245443	05-12-85
		WO-A- 8505417	05-12-85
		GB-A,B 2171540	28-08-86
		US-A- 4686404	11-08-87

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 88/01153

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int. Cl 4. F 16 C 39/06

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff[7]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int. Cl.4	F 16 C; H 02 K

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen[8]

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN[9]

Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung[11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile[12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
A	GB, A, 2129582 (SEIKO INSTRUMENTS & ELECTRONICS LTD) 16. Mai 1984 siehe das ganze Dokument --	1-3,5-7, 17
A	FR, A, 2149644 (ETAT FRANCAIS-DELEGATION MINISTERIELLE POUR L'ARMEMENT DIRECTION TECHNIQUE DES ENGINS) 30. März 1973 siehe Seite 8, Zeile 15 - Seite 9, Zeile 2; Seite 14, Zeilen 14-17 --	1-3,5-7, 16,24,25
A	GB, A, 2011658 (SPERRY RAND CORP.) 11. Juli 1979 siehe Figur 1 --	1,4
A	FR, A, 2572141 (SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION) 25. April 1986 siehe Figur 2; Seite 18, Zeilen 1-32 ./.	1-3

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen[10]:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. März 1989	24. 04. 89
Internationale Recherchenbehörde	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
Europäisches Patentamt	P.C.G. VAN DER PUTTEN

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 88/01153

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP, A, 0201894 (HITACHI LTD) 20. November 1986 siehe Figuren 1-10 --	1-3
A	EP, A, 0185765 (NTN TOYO BEARING CO. LTD) 2. Juli 1986 siehe Figuren 1,3 --	1-3
A	Patent Abstracts of Japan, Band 8, Nr. 234 (M-334)(1671), 26. Oktober 1984, & JP, A, 59113315 (YASUKAWA DENKI SEISAKUSHO K.K.) 30. Juni 1984 siehe das ganze Dokument	1

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 8801153
SA 25750

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 14/04/89
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB-A- 2129582	16-05-84	JP-A- 59089821	24-05-84
		FR-A- 2536138	18-05-84
		DE-A- 3340909	17-05-84
FR-A- 2149644	30-03-73	Keine	
GB-A- 2011658	11-07-79	FR-A- 2413578	27-07-79
		DE-A- 2856572	05-07-79
		US-A- 4167296	11-09-79
FR-A- 2572141	25-04-86	Keine	
EP-A- 0201894	20-11-86	JP-A- 61262225	20-11-86
		US-A- 4697128	29-09-87
EP-A- 0185765	02-07-86	JP-A- 60245443	05-12-85
		WO-A- 8505417	05-12-85
		GB-A,B 2171540	28-08-86
		US-A- 4686404	11-08-87

EPO FORM P0473