

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 C / 321 333 5	(22)	02.11.88	(44)	07.03.90
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

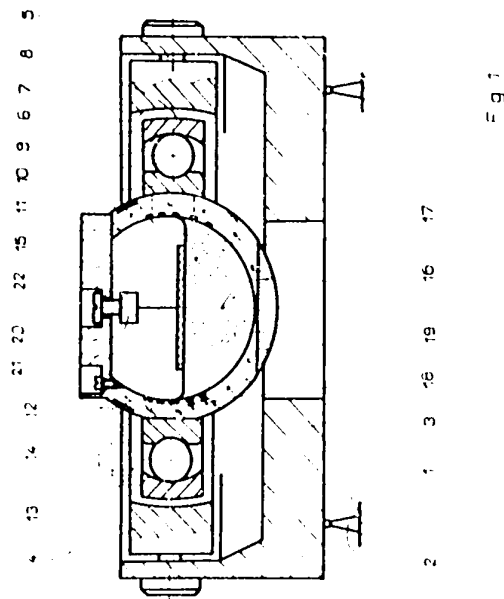
(72) Döhlert, Jürgen, Dipl.-Ing.; Kaschlik, Klaus, Dipl.-Phys.; Eleyer, Rainer, Dipl.-Ing.; Hesse, Volker, Dr.-Ing.; Eberhardt, Volker, Dr.-Ing.; Thonfeld, Wolfgang, Dipl.-Ing., DD

(54) Neigungsmeßanordnung

(55) Meßanordnung, Neigungsmessung, Winkelmessung, Sensor, Sensoreinheit, opto-elektronisches Bauelement, Messen, fluides Medium, Meßempfindlichkeit

(57) Die Erfindung betrifft eine Neigungsmeßanordnung zur Informationsgewinnung über die Neigung einer Linie bzw. Ebene gegenüber einer Bezugslinie oder -ebene. Die Erfindung besteht darin, daß bei einer Neigungsmeßanordnung, die zur Ermittlung der Neigung in allen Richtungen aus einem geschlossenen Flüssigkeitsbehälter in Form einer Dosenlibelle besteht, der Flüssigkeitsbehälter rotationssymmetrisch ausgeführt ist und in einer kardanischen Lagerung gelagert ist, wobei jeder Schwenkachse der kardanischen Lagerung eine eigene Klemmeinrichtung zugeordnet ist, und daß der Flüssigkeitsbehälter um eine Achse senkrecht zu den Schwenkachsen drehbar gelagert ist, wobei ein Antrieb in der inneren kardanischen Schwenkachse vorgesehen ist.

Fig. 1



Patentansprüche:

1. Neigungsmeßanordnung, bestehend aus einem geschlossenen Flüssigkeitsbehälter in Form einer Dosenlibelle zur Ermittlung der Neigung in allen Richtungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flüssigkeitsbehälter (12) rotationssymmetrisch ausgeführt ist und in einer kardanischen Lagerung gehalten ist, wobei jeder Schwenkachse der kardanischen Lagerung eine eigene Klemmeinrichtung zugeordnet ist, und daß der Flüssigkeitsbehälter (12) um eine Achse senkrecht zu den Schwenkachsen drehbar gelagert ist, wobei ein Antrieb in der inneren kardanischen Schwenkachse vorgesehen ist.
2. Neigungsmeßanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Eigengewicht des Flüssigkeitsbehälters (12) mit dem Schwerpunkt unterhalb der Schwenkachse verlagert ist.
3. Neigungsmeßanordnung nach Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flüssigkeit (19) elektrisch leitend ist.
4. Neigungssensor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß an der Innenwandung des Flüssigkeitsbehälters (12) um die Rotationsachse konzentrisch angeordnete Ringelektroden (17) vorgesehen sind, die voneinander elektrisch isoliert sind.
5. Neigungssensor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ringelektroden (17) auf ihrem Umfang segmentiert sind, wobei die einzelnen Elektrodensegmente durch Kontaktierungen sensibilisierbar ausgeführt sind.
6. Neigungssensor nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Flüssigkeitsbehälter (12) von außen wirkende optische Sende- (25) und Empfangselemente (26) vorgesehen sind, daß der Flüssigkeitsbehälter (12) an mindestens einer Ringzone (17), (18) optisch transparent ausgebildet ist, wodurch das Licht des Sendeelementes (25) durch den Flüssigkeitsbehälter (12) auf das Empfangselement (26) trifft, wobei die Flüssigkeit (19) nichttransparent ist.
7. Neigungssensor nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Flüssigkeitsbehälter (12) zusätzlich eine Gasfüllung eingebracht ist, deren Druck von außen steuerbar ist.
8. Neigungssensor nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Inneren des Flüssigkeitsbehälters (12) eine an einem Blattfedergelenk (20) pendelnd aufgehängte Scheibe vorgesehen ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist im Gerätebau, Vermessungswesen, Anlagenbau, Flugzeugbau, Fahrzeugbau, Prüf- und Justiermittelbau sowie in der Robotertechnik zur Messung der Neigung eines Objektes im Echtzeitregime anwendbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur Erfassung der relativen Lage einer Linie bzw. Ebene werden Neigungsmeßeinrichtungen eingesetzt, die prinzipiell darauf beruhen, zu einer fest vorhandenen oder definierten Bezugslinie oder -ebene berührend oder berührungslos anzutasten und mit einem geeigneten Winkelmeßprinzip die Neigung auszuwerten.

So ist in der Patentschrift EP 0 109 926 A 3 ein Meßsystem für ein Winkelmeßgerät mit einem Höhenkreis und digitaler Meßwertausgabe dargestellt, bei dem ein pendelnd aufgehängtes optisches System die relative Neigung der Anordnung charakterisiert. Mit der Anordnung können nur geringe Absolutbeträge der Winkelneigung erfaßt werden. Die Multivalenz des Einsatzes dieser Anordnung ist ebenfalls sehr eingeschränkt und auf einen stationären Einsatzfall beschränkt.

Anordnungen, wie z. B. in der Patentschrift DE 34 45 217 A 1 beschrieben, bei denen eine vollautomatische Nivellierung von rotationssymmetrischen Werkstücken auf einem Meßtisch ermöglicht wird, sind zur direkten Neigungsmessung, insbesondere für nichtstationäre Handhabung ebenfalls nicht geeignet. An die Meßbedingungen werden solche Anforderungen gestellt, daß eine Handhabung in sich bewegender Gegenstände beispielsweise nicht gegeben ist. Dies trifft auch für automatische Kompensationsanordnungen zur ein- bzw. zweidimensionalen Kompensation von Kollimationsfehlern zur Bestimmung der Neigung zu (Patentschrift EP 0 185 363 A 1).

Neigungsmeßanordnungen, die auf Basis von fluidgefüllten Libellenmeßeinrichtungen beruhen, wie z. B. in EP 0 185 354 A 1 angegeben, besitzen eine größere Einsatzbreite.

So ist beispielsweise in der Lösung nach EP 0 185 354 A 1 eine Libelle mit einem fluiden, elektrisch leitenden Medium eingesetzt, wobei die relative Stellung einer eingeschlossenen Luftblase in Verbindung mit kapazitiv arbeitenden Sensoren erfaßt und über eine Kapazitätsmessung die Neigung ausgewertet wird.

In der Patentschrift DE 36 09 274 A 1 ist ein Sensor beschrieben, der aus kugelformigen Elektroden besteht, zwischen denen ein viskoses Fluid eingefüllt ist, welches sich innerhalb der Elektroden bewegt. Je nach Winkelneigung wird die

Verlagerung des Fluides durch elektrostatische Kapazitätsmessung erfaßt. Diese Anordnungen sind für genaue Neigungsmessungen mit geringem Arbeits- bzw. Neigungsbereich vorgesehen, ein multivalenter Einsatz ist nicht gegeben. In der Patentschrift DE 31 25 510 C 1 ist weiterhin eine Nivelliereinrichtung auf Basis einer Dosenlibelle angegeben. Diese besitzt eine Kopplung verschiedener fluider bzw. gasförmiger Medien mit voneinander sich unterscheidender Dichte, wobei anstelle eines fluiden Mediums auch ein festes Medium, z. B. eine Stahlkugel, verwendet werden kann. Die Winkelerfassung beim Nivellieren geschieht auf Basis optischer visueller Erfassung der relativen Lage der Gasblase. Eine ähnliche Anordnung ist in der Patentschrift DE 32 38 915 A 1 angegeben. Eine elektrooptische Libelle besteht aus einer konkav ausgebildeten Führung, die elektrisch leitend ausgebildet ist, einem konzentrisch angeordneten kontaktierten Ring und einer elektrisch leitenden Kugel. Die Kugel stellt den Kontakt zwischen dem Ring und der Führung her, so daß beim Kontaktieren eine bestimmte Neigung ermittelt wird. Die relative Position der Kugel kann visuell erfaßt werden. Nachteilig bei den angegebenen Anordnungen ist die Tatsache, daß eine ambulante Messung von schnell wechselnden Neigungen, die größere Beträge und Azimute aufweisen und mit einer hohen Auflösung erfaßt werden müssen, nicht erreichbar ist. Ebenso ist eine Neigungserfassung unter extremen Bedingungen, wie z. B. hohe mechanische Belastungen durch Schwingungen, Stöße, Beschleunigung kompliziert bzw. unmöglich. Anordnungen, wie z. B. in der Patentschrift DD 245 045 A 1 angegeben, bei der ein opto-elektronischer Neigungswinkelmesser beschrieben ist, realisieren ein Meßprinzip, bei dem ein Pendelkörper in einer Kugel bewegt wird und die Strahlungsfläche einer optischen Strahlung, die sich auf dem Pendelkörper befindet, eine Fotodiodenanordnung aktivieren und somit die relative Position des rotationssymmetrischen Körpers erfassen. Diese Anordnungen sind für genaue Neigungsmessungen mit geringem Arbeitsbereich bzw. nur für relativ ungenaue Messungen mit größerem Arbeitsbereich geeignet. Die Realisierungsmöglichkeit eines Neigungsmessers auf Basis eines Pendelsensors mit fotoelektrischer Detektion der Auslenkung ist weiterhin in der Patentschrift WO 04 784 A 1 angegeben. Dieser Pendelsensor ermöglicht hochgenaue Neigungsmessungen, ist aber in seiner Anwendung auf solche Meßbedingungen abgestimmt, die einen geringen Arbeitsbereich mit hoher Auflösung beinhalten, beschränkt. Dies trifft auch für Pendelanordnungen zu, wie sie in der Patentschrift DD 253 080 B 1 beschrieben sind, bei der eine pendelnde lichtaussendende Anordnung über einer konkaven Kalotte so positioniert ist, daß der Lichtsender über eine Empfängeranordnung, die innerhalb der Kalotte integriert ist, in zwei Koordinaten eine Winkeldetektion bewirkt. Nachteilig ist ebenfalls, daß das Ansprechen der Empfängeranordnung bei geringsten Erschütterungen eine Interpolation der Meßergebnisse zwischen den Empfängerelementen erschwert bzw. nicht genau realisiert und aufwendige Dämpfungseinrichtungen erfordert. In der Patentschrift DD 247 063 B 1 ist eine Anordnung zum Kräfteausgleich für Präzisionsnivelliere beschrieben, bei dem zwei exzentrisch gelagerte und um einen Exzenterpunkt drehbare Scheiben mit einem Meßband verbunden sind und in der Patentschrift EP 201 089 A 1 ist eine vibrierende Aufhängung für ein Ringlasersinkelgeschwindigkeitsmesser angegeben. Weiterhin ist in der Patentschrift DE 34 38 728 C 1 eine Vorrichtung zum reproduzierbaren Aufsetzen von mobilen Neigungsmeßgeräten angegeben, bei der Anlagepunkte auf einer Basisplatte mittels dreier Präzisionskugellager realisiert sind. Nachteilig bei diesen Anordnungen ist der Umstand, daß diese Anordnungsmerkmale einen entsprechenden Aufwand, Präzisionsfertigung und damit relativ hohe Kosten verursachen. Ihre Anwendung ist daher nur für empfindliche hochgenaue Gerätekonfigurationen gegeben. Weiterhin sind Neigungsmeßanordnungen bekannt, wie z. B. in der Patentschrift DE 32 25 839 A 1 angegeben, die darauf beruhen, daß ein zu messender Gegenstand mit einem mechanischen Anlageelement berührend angetastet wird und die Neigung des Anlageelementes relativ zu einer Bezugsachse mit optischen, mechanischen oder elektromagnetischen Mitteln, wie z. B. Ultraschallsensoren erfaßt und ausgewertet wird. Nachteilig bei diesen Anordnungen ist die Tatsache, daß eine aufwendige Meßsignalverarbeitung und Auswertung notwendig ist und die Genauigkeit auf Grund des Meßverfahrens eingeschränkt ist. Für hochgenaue Neigungsmessungen bzw. Winkelmessungen sind weiterhin auch elektronische Libellen bekannt, die auf Basis von Differenzfotoelementen die Auslenkung der Aufhängung eines Pendels erfassen. Nachteilig ist der geringe Arbeitsbereich solcher Anordnungen und die Anforderungen an die Meßbedingungen – es dürfen z. B. keine Erschütterungen auftreten. Ein anderes bekanntes Prinzip stellt die Schlauchwaage dar, bei der die Meßwerterfassung mit Schwimmern erfolgt, die induktive Feinzeiger antreiben (DE 37 06 638 A 1). Damit können Höhenunterschiede an optisch in einer direkt erfaßbaren Richtung, einer kritischen Umgebung oder schwer zugänglichen Stelle ermittelt werden. Eine direkte Neigungsmessung ist nicht möglich bzw. nur über rechnerische Auswertung der gleichzeitigen Abstandsmessung. Nachteilig ist die Tatsache, daß zur Beibehaltung einer vorgegebenen Viskosität des fluiden Mediums, in welchem die Schwimmer sich bewegen, entsprechende Forderungen an das Medium gestellt werden bzw. das umgebende Medium, das Einschwingverhalten schnelle Meßwerterfassung bzw. Steuerung nicht gestattet und die gesamte Anordnung aufwendig ist. Es ist nur eine Vergleichsmessung sich in einer Ebene befindlicher Meßpunkte möglich. Eine direkte Neigungsmessung gestatten solche Anordnungen nicht.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Neigungsmeßanordnung zu schaffen, die eine hohe Flexibilität aufweist und die unter extremen Umweltbedingungen einsetzbar ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Neigungsmeßanordnung zu entwickeln, die auf der Wirkbasis eines sich örtlich bei Neigungsänderung verlagernden fluiden Mediums, welches unter einer dynamischen Beeinflussung steht, die Initiierung von gestellfesten Sensoren ermöglicht, wobei die Reaktionsträgheit einstellbar sein soll und in der Umgebung eines Neigungsnullniveaus eine hohe Empfindlichkeit und für eine größere Neigungsänderung eine verringerte Empfindlichkeit vorhanden sein soll.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei einer Neigungsmeßanordnung, die zur Ermittlung der Neigung in allen Richtungen aus einem geschlossenen Flüssigkeitsbehälter in Form einer Dosenlibelle besteht, der Flüssigkeitsbehälter

rotationssymmetrisch ausgeführt ist und in einer kardanischen Lagerung gehalten ist, wobei jeder Schwenkachse der kardanischen Lagerung eine eigene Klemmeinrichtung zugeordnet ist, und daß der Flüssigkeitsbehälter um eine Achse senkrecht zu den Schwenkachsen drehbar gelagert ist, wobei ein Antrieb in der inneren kardanischen Schwenkachse vorgesehen ist.

Aus Stabilitätsgründen ist es vorteilhaft, wenn das Eigengewicht des Flüssigkeitsbehälters mit dem Schwerpunkt unterhalb der Schwenkachse verlagert ist.

Zur Meßsignalgewinnung kann eine elektrisch leitende Flüssigkeit vorgesehen sein, wobei an der Innenwandung des Flüssigkeitsbehälters um die Rotationsachse konzentrisch angeordnete Ringelektroden vorgesehen sein sollten, die voneinander elektrisch isoliert sind. Die Ringelektroden können auf ihrem Umfang segmentiert sein, wobei die einzelnen Elektrodensegmente durch Kontaktierungen sensibilisierbar ausgeführt sind.

Eine weitere Möglichkeit zur Meßsignalgewinnung besteht darin, daß der Flüssigkeitsbehälter von außen wirkende optische Sende- und Empfangselemente vorgesehen sind, daß der Flüssigkeitsbehälter an mindestens einer Ringzone optisch transparent ausgebildet ist, wodurch das Licht des Sendeelementes durch den Flüssigkeitsbehälter auf das Empfangselement trifft, wobei die Flüssigkeit nichttransparent ist.

Zum Zweck der Dämpfungsbeeinflussung ist es vorteilhaft, wenn in dem Flüssigkeitsbehälter zusätzlich eine Gasfüllung eingebracht ist, deren Druck von außen steuerbar ist. Dem gleichen Zweck kann eine im Inneren des Flüssigkeitsbehälters an einem Blattfedergelenk pendelnd aufgehängte Scheibe dienen.

Ausführungsbeispiel

Die erfindungsgemäße Anordnung ist auf den Fig. 1 und 2 näher erläutert.

Auf Fig. 1 ist die Gesamtanordnung prinzipiell dargestellt.

Fig. 2 zeigt das zusätzliche optische Sensorprinzip.

Auf einer zu erfassenden Basis 1, die durch die Punktaufgaben 2 gestellfest einen Lagerring 3 positioniert, befindet sich die Meßanordnung. Diese besteht aus einem ersten kardanischen Lagerring 4, der über einen klemmbaren Schwenkbolzen 5 mit dem Lagerring 3 verbunden ist, wobei die Klemmung nicht dargestellt ist, und einem zweiten kardanischen Lagerring 6, der mit dem ersten kardanischen Lagerring 4 durch einen nicht dargestellten Schwenkbolzen schwenkbar gelagert ist. Der Schwenkbolzen besitzt eine ansteuerbare Klemmung, so daß zu wählbaren Momenten eine Klemmung und damit eine Verhinderung der Schwenkbewegung realisiert werden kann.

Die kardanischen Lagerringe 4, 6 besitzen sphärische Innenkonturen 7, 8. Der kardanische Lagerring 6 besitzt eine Innenkalotte 9, in der über Kugeln 10 ein Positionierring 11 drehbar gelagert ist. Der Positionierring 11 ist fest verbunden mit dem Rotationskörper 12, der als Kugelement ausgebildet ist. Der Rotationskörper 12 ist geteilt montiert.

Auf dem Lagerring 6 befindet sich gestellfest eine Haltevorrichtung 13, die den Stator eines elektromotorischen Antriebes 14 trägt.

Der Rotationskörper 12 besitzt in der oberen Hälfte eine zonenhaft ausgebildete Weicheisenkonfiguration 15.

Die untere Hälfte besteht aus einem Werkstoff einer solchen Dichte, daß das Gewicht der unteren Hälfte größer als das der oberen Hälfte ist und der Massenschwerpunkt 16 weit unterhalb des Mittelpunktes des Rotationskörpers 12 sich befindet.

Im Rotationskörper 12 sind an der Innenseite elektrisch leitfähige Ringzonen 17, die voneinander isoliert sind, angebracht. Die Ringzonen 17 besitzen, nicht dargestellt, Kontakte und elektrische Zuleitungen, die in dem Rotationskörper 12 verlegt sind und am äußeren Umfang über geeignete Schleifkontakte aktiviert werden können.

Der Rotationskörper 12 ist optisch transparent, zumindestens in einer Ringzone 18.

In dem Rotationskörper 12 befindet sich eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit 19, die etwa bis zur Hälfte reicht.

Im Rotationskörper ist an der Innenwandung über ein Federbandgelenk 20 und einen Drahtadapter 21 eine Planscheibe 22 befestigt.

Auf Fig. 2 ist auf dem Positionierring 11 über einen Adapter 23 zumindestens ein Ringelement 24 befestigt, welches an azimutal verteilten Stellen Lichtsendeelemente 25 und jeweils gegenliegende Empfänger 26 mit nicht dargestellter Signalaus- bzw. -ableitung beinhaltet. Der durch die Drehung des Rotationskörpers 12 sich ausbildende Flüssigkeitsspiegel mit Randerhöhung 27

kontaktiert Ringzonen 17 und gibt ein entsprechendes Signal in Verbindung mit den Ringzonen 28 sowie ein optisches Signal durch die Sende/Empfängerelemente 25, 26, so daß gleichzeitig eine Grob- bzw. Feinablesung oder Signalgewinnung realisiert wird oder aber eine Arbeitsbereichsfixierung mit entsprechend variierbarer Empfindlichkeit und Erfassung von diskreten Momentanwerten bzw. relativen Änderungen erreicht wird.

Mit der Planscheibe 22 wird eine Dämpfung der Flüssigkeit erreicht. Je nach auszuwertender Koordinate erfolgt eine Klemmung der Schwenkachsen und Signalauswertung. Dabei ist die Anordnung so ausgeführt, daß eine Erfassung vorzugsweise einer Koordinate vorgenommen wird. Die Erfassung der anderen Koordinate wird dadurch realisiert, daß ausgehend von einem Ausgangszustand, zuerst die eine Koordinate bzgl. Neigung mit geklemmter Schwenkachse eines Lagerringes detektiert wird, anschließend die Klemmung gelöst wird und die andere Koordinate erfaßt wird. Die Anordnung ist dabei so ausgeführt, daß die Schwenkachsen in der Ausgangsposition eine definierte azimutale Stellung einnehmen bzw. daß diese Stellung jederzeit wieder eingenommen werden kann. Hierfür ist ein nicht dargestellter Antrieb verantwortlich.

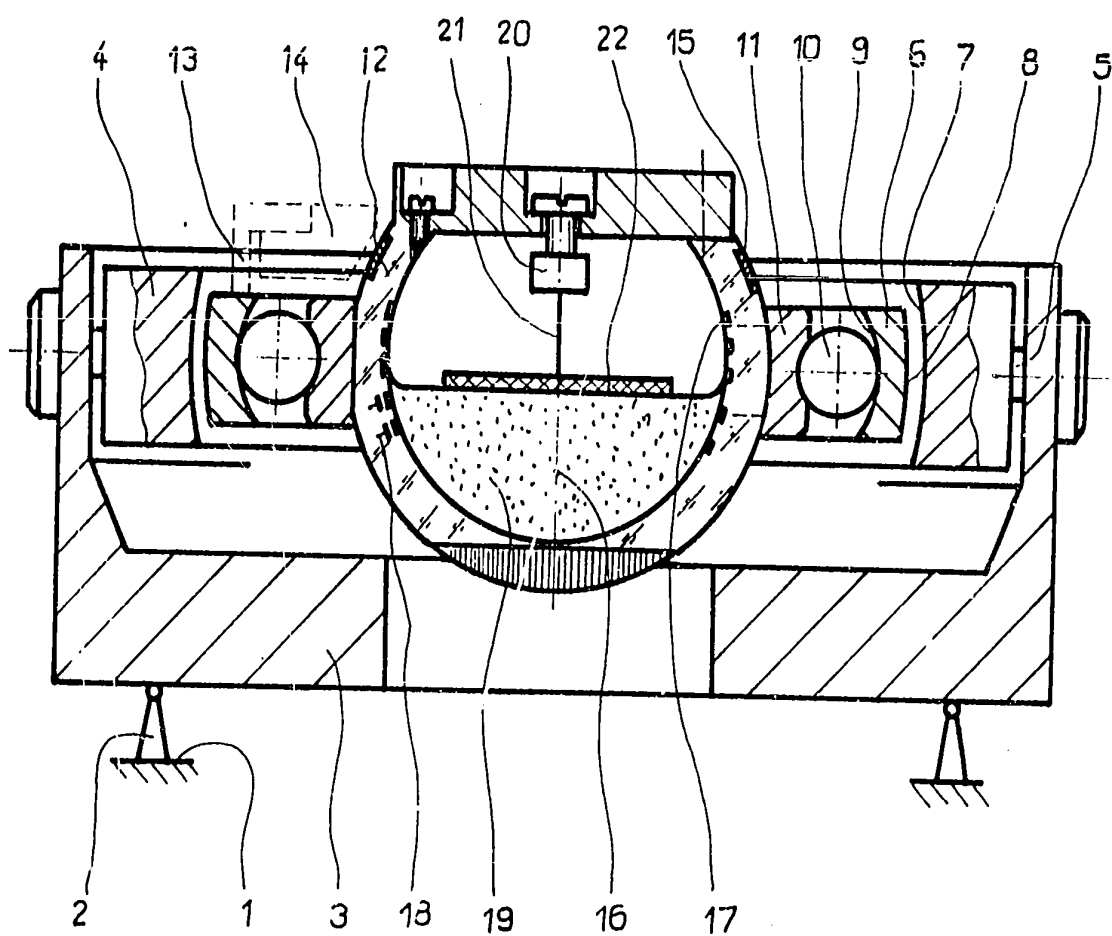


Fig.1

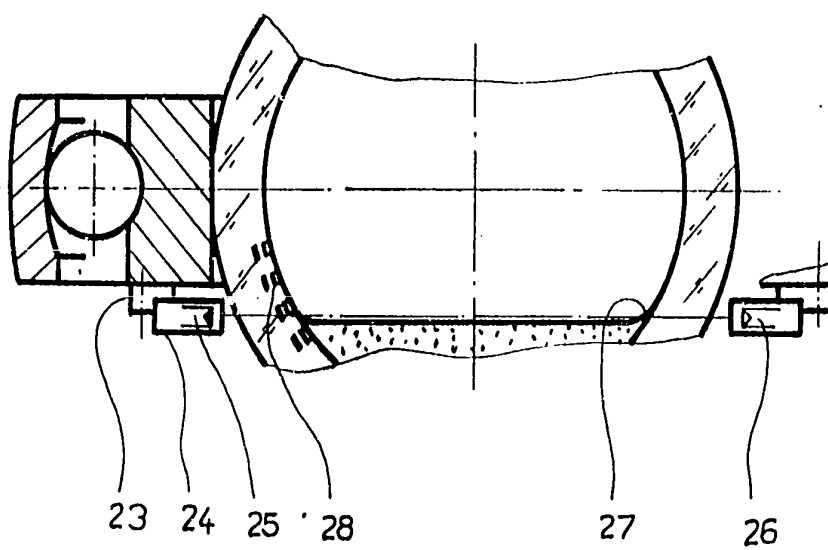


Fig.2