



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 651 663 A5

⑤① Int. Cl.4: G 01 D 5/22
G 01 H 11/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 707/81

㉔ Anmeldungsdatum: 03.02.1981

㉔ Patent erteilt: 30.09.1985

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 30.09.1985

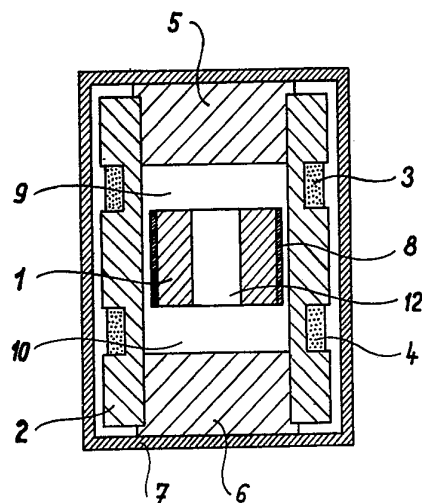
㉔ Inhaber:
První brněnská strojirna národní podnik, Brno
(CS)

㉔ Erfinder:
Sirokorad, Jurij, Brno (CS)
Vecera, Jiri, Brno (CS)

㉔ Vertreter:
Dr. A. R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑤④ **Elektromagnetisch wirkender Induktionsgeber zur Abtastung von Vibrationen.**

⑤⑦ Der axiale Hohlraum einer zylindrischen Hülse (2) ist durch einen ringförmigen Permanentmagneten (1) in je einen gegenpoligen Stirnpolraum (9, 10) aufgeteilt. Fest angeordnete Magnete (5, 6) schliessen die Stirnräume ab. Die Stirnräume (9, 10) liegen ihrerseits innerhalb von Induktionsspulen (3, 4). Vorzugsweise werden die Induktionsspulen in pseudobifilarer Wicklung angefertigt. Der Induktionsgeber besitzt eine sehr gute Empfindlichkeit für Vibrationen und ist gegenüber anderen physikalischen, zum Teil störenden Einflüssen unempfindlich und robust.



PATENTANSPRÜCHE

1. Induktionsgeber zum Abtasten von Vibrationen und Schwingungen mit einem permanenten, wenigstens gegenüber einer Induktionsspule beweglich gelagerten Magnet, dadurch gekennzeichnet, dass in einem axialen Hohlraum einer Hülse (2) mit frontal angebrachten, festen Magneten (5, 6), deren Pole gleichlaufend orientiert sind und in einem gemeinsamen Stirnraum ein axial beweglicher permanenter Magnet (1) angeordnet ist, dessen Pole gegenlaufend orientiert sind, wobei in der Hülse (2) rund um diesen gemeinsamen Stirnraum Induktionsspulen (3, 4) aufgewickelt sind.

2. Induktionsgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Hülse (2) rund um den gemeinsamen Stirnraum der festen Magnete (5, 6) an den Stellen der Polräume (9, 10), die Induktionsspulen (3, 4) pseudobifilar aufgewickelt sind.

3. Induktionsgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem axialen Hohlraum der Hülse (2) eine Antifriktionseinlage (11) angeordnet ist.

4. Induktionsgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der permanente Magnet (1) mit einer Antifriktionshülle (8) versehen ist.

Die Erfindung betrifft einen Induktionsgeber zum Abtasten von Vibrationen und Schwingungen mit einem permanenten, wenigstens gegenüber einer Induktionsspule beweglich gelagerten Magnet.

Die Vibrationen gehören zu den wichtigsten, den Betriebszustand und den Arbeitsvorgang einer Maschine charakterisierenden physikalischen Erscheinungen. Das Messen und die Auswertung derartiger Vibrationen ist ausserordentlich wichtig, insbesondere bei schnelllaufenden Rotationsmaschinen und bei den Einrichtungen, die im langdauernden Betrieb arbeiten, z. B. bei Dampf- und Gasturbinen.

Bei den genannten energieumsetzenden Einrichtungen sind die Vibrationsgeber oft hohen Temperaturen ausgesetzt, aber auch grossen Beschleunigungen und beträchtlichen Schwingungsamplituden, die in gewissen Phasen eines Arbeitsganges Werte von bis zu einigen Hundert Mikrometern erreicht, wegen im gewöhnlichen Betrieb die Schwingungsamplitude nur einige Mikrometer beträgt. Weitere, an die Vibrationsgeber gestellte Anforderungen sind: kleine Abmessungen und ein kleines Gewicht, eine lineare Charakteristik im ganzen Messbereich und eine elektromagnetische Störstabilität.

Gegenwärtig werden häufig Induktionsgeber zum Abtasten von Vibrationen benutzt, bei denen ein permanenter Magnet auf einer elastischen Membrane zwischen zwei fest befestigten Spulen aufgehängt ist. Bei der Bewegung des Gebers wird in diesen Spulen eine elektromotorische Kraft induziert, die mit geeigneten Mitteln verstärkt und gemessen wird. Der Nachteil der genannten Induktionsgeber besteht darin, dass unter harten Bedingungen, insbesondere bei einer beträchtlichen Erhöhung der Vibrationsamplitude, die Membrane zerstört werden.

Ein weiterer vorkannter Induktionsgeber zum Abtasten von Vibrationen besteht aus einer Abtastspule und zwei magnetischen Ringen, von denen ein innerer beweglicher magnetischer Ring mit Spiel in einem walzenförmigen Hohlraum eines äusseren, festen magnetischen Ringes gelagert ist und in einem engen walzförmigen Zwischenraum zwischen den beiden magnetischen Ringen auf einer Führungsbüchse eine dünne Abtastspule angeordnet ist. Durch die Schwingung des inneren, beweglichen magnetischen Ringes wird in der Abtastspule eine elektromotorische Kraft induziert, die in geeigneter Weise verstärkt und gemessen wird. Der Nachteil eines solchen Induktionsgebers besteht in einem relativ schwachen Signal und einer mangelhaften Führung des inneren, beweglichen Ringes innerhalb des

äusseren festen magnetischen Ringes, die im Betrieb zu einer erhöhten Reibung und einer Schiefstellung der einander beweglichen Teile führt, und damit vor allem bei kleinen Vibrationsamplituden eine beträchtliche Nichtlinearität in Abhängigkeit der induzierten elektromotorischen Kraft von der relativen Geschwindigkeit der magnetischen Ringe aufweist. Die Benützung des gerade beschriebenen Induktionsgebers ist daher aus angeführten Gründen nur auf die Messung in vertikaler Richtung beschränkt.

Bei einer anderen bekannten Ausführung eines Induktionsgebers ist im Leitprofil über einem unbeweglich gelagerten festen Magneten eine dünne scheibenförmige Abtastspule konzentrisch angeordnet, über welcher Spule dann ein axial verschiebbarer Magnet angeordnet ist. Angesichts der gegenlaufenden Polorientierung der erwähnten Magneten werden in ihrem gemeinsamen Stirnraum axiale Abstosskräfte gebildet, die als ein Druckfederelement wirken und den verschiebbaren Magnet in einer Dauerschwebelage über dem festen Magnet halten. Diese Ausführung des Induktionsgebers ermöglicht die Schwingungsmessungen ebenfalls nur in der vertikalen Richtung.

Es ist auch ein durch einen verschiebbaren permanenten Magnet gebildeter Induktionsgeber bekannt. Dieser Magnet ist in einer Hülse angeordnet und beiderseitig mit zwei Federn befestigt. Rund um die Hülse ist eine Induktionsspule angeordnet. Bei der Bewegung des verschiebbaren Magneten in der Spule wird eine elektromotorische Kraft induziert, die in geeigneter Weise verstärkt, gemessen und ausgewertet wird. Der Nachteil dieses Gebers besteht in einer niedrigen Empfindlichkeit unter Einfluss der Reibung in der Hülse und infolge des Drehmoments, das durch die Feder auf den permanenten Magnet entwickelt wird und das denselben an die Hülswände drückt. Ausserdem begrenzt die Masse und die eigene Federfrequenz die Anwendung dieser Geber auf den verhältnismässig engen Frequenz- und Beschleunigungsbereich. Ausserdem ist die Herstellung von Federn mit einer genauen Charakteristik und mit genauen Abmessungen schwierig und kostspielig.

Ein weiteres Vorgehen zur Schwingungsmessung, insbesondere bei den erwähnten thermischen energetischen Anlagen liegt in der Anwendung von piezoelektrischen Schwingungsgebern. Bei den angeführten Gebern wird die Fähigkeit einiger Kristalle, mechanische Kräfte in die elektrische Spannung umzusetzen, ausgenutzt. Diese Spannung ist proportional der bei der Schwingung entstehenden Beschleunigung der Masse des piezoelektrischen Gebers. Die so entstehende, elektrische Spannung wird dann mit einer geeigneten Apparatur wieder verstärkt, gemessen und ausgewertet. Der Vorteil des piezoelektrischen Gebers besteht einerseits in ihrer Fähigkeit, grosse Beschleunigungen und Schwingungsamplituden zu ertragen, andererseits in den kleinen notwendigen Abmessungen. Wenig geeignet sind sie dagegen für die Übermittlung von schwachen Signalen. Aus diesem Grunde müssen die Verstärkungsmittel von dem piezoelektrischen Geber in einer verhältnismässig kleinen Entfernung angeordnet sein. Weiterhin sind die piezoelektrischen Geber sehr empfindlich gegenüber einem ungleichmässigen Temperaturfeld ihrer Umgebung.

Die Erfindung setzt sich die Aufgabe, den grössten Teil der genannten Nachteile von gegenwärtig verwendeten Induktionsgebern zu beseitigen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass in einem axialen Hohlraum einer Hülse mit frontal angebrachten, festen Magneten, deren Pole gleichlaufend orientiert sind und in einem gemeinsamen Stirnraum ein axial beweglicher permanenter Magnet angeordnet ist, dessen Pole gegenlaufend orientiert sind, wobei in der Hülse rund um diesen gemeinsamen Stirnraum Induktionsspulen aufgewickelt sind.

Zwei Ausführungsbeispiele des Induktionsgebers gemäss der Erfindung sind in der beigelegten Zeichnung veranschaulicht und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform im Achsenschnitt;
Fig. 2 eine zweite Ausführungsform wiederum im Achsenschnitt.

In der ersten Ausführungsform nach Fig. 1 besteht der Induktionsgeber aus einem geschlossenen walzenförmigen Körper 7, in dessen Hohlraum eine Hülse 2 mit im Stirnraum konzentrisch angebrachten festen Magneten 5, 6, zwischen denen im gemeinsamen Stirnraum in einer walzenförmigen Öffnung dieser Hülse 2 ein walzenförmiger, axial beweglicher konzentrisch gelagerter Permanentmagnet 1 angeordnet ist. Die gegenseitige gleichlaufende Polorientierung der festen Magnete 5, 6 und die gegenüber diesen gegenlaufenden Polorientierung des beweglichen Permanentmagneten 1 bilden im ersten Stirnpolraum 9 zwischen dem ersten festen Magnet 5 und dem beweglichen Permanentmagnet 1, als auch in dem zweiten Stirnpolraum 10 zwischen dem zweiten festen Magnet 6 und dem beweglichen Permanentmagnet 1 axiale Abstosskräfte, so dass die magnetischen Felder in erwähnten Stirnpolräumen 9, 10 als federnde Druckelemente mit einer sehr günstigen Charakteristik wirken.

Die eingeführten Abstosskräfte in beiden Stirnpolräumen 9, 10 verhindern in beliebiger Ruhelage des Induktionsgebers eine unmittelbare Berührung des beweglichen Magneten 1 mit irgendwelchen festen Magneten 5, 6. Der bewegliche permanente Magnet 1, in dem eine axiale durchgehende Lüftungsöffnung 12 ausgebildet ist, ist auf seiner äusseren Oberfläche mit einer Antifrikctionshülle 8 versehen. Das Material der Gleitfläche der Antifrikctionshülle 8 und das Material der Hülse 2 sind mit Rücksicht auf den minimalen, gegenseitigen Reibungskoeffizienten gewählt. In der ersten beschriebenen Ausführung ist die Antifrikctionshülle 8 aus Messing gebildet, das auf der Reibungsfläche mit einer Chromschicht versehen ist, die Hülse 2 ist dann in dieser ersten Ausführungsform aus Teflon hergestellt. In der äusseren walzenförmigen Oberfläche der Hülse 2 sind zwei Umfangsaussparungen angebracht, in denen pseudobifilar gewickelte Induktionsspulen 3, 4 angeordnet sind. Wie bekannt, besteht die Spulenwicklung in der Bifilarausgestaltung aus zwei Spulenleiterketten, die in einem Spulenraum angeordnet oder durch zwei Leiter mit ungefähr gleicher Länge gebildet sind. Der Leiter einer Kette ist gegenläufig gegenüber dem Leiter der zweiten Kette aufgewickelt und beide Leiter sind abwechselnd in der unmittelbaren Nähe aufgewickelt und in der Mitte der Gesamtlänge dieser Spulenwicklung sind sie miteinander leitend verbunden. Die Bifilarausgestaltung der Spulenwicklung bezweckt, die bei dem Durchfluss des elektrischen Stromes durch beide Spulenleiterketten entstehenden, magnetischen Felder gegenseitig zu kompensieren.

Im Sinne dieser Beschreibung versteht man unter dem Begriff der pseudobifilaren Ausgestaltung der Spulenwicklung die Ausgestaltung beider Spulenleiterketten in zwei unabhängige Spulenräume. In der dargestellten Ausführung ist die erste Spulenleiterkette der ersten Induktionsspule 4 angesichts der zweiten

Spulenleiterkette der zweiten Induktionsspule 5 axial versetzt, so dass in dieser pseudobifilaren Ausgestaltung, die bei dem Durchfluss des elektrischen Stromes durch beide Leiterketten entstehenden magnetischen Felder nur teilweise kompensiert werden.

Demgegenüber ermöglicht aber die angeführte pseudobifilare Ausgestaltung, die gesamte elektromotorische Kraft, die bei der gegebenen axialen Bewegung des permanenten Magneten 1 in der Öffnung der Hülse 2 induziert wird, zu erhöhen, und ferner schwächt diese Art Ausgestaltung den eventuellen Störungseinfluss des äusseren magnetischen Feldes ab. Zu dieser Schwächung des Störungseinflusses des äusseren magnetischen Feldes trägt auch die Bildung des Körpers 7 aus ferromagnetischem Material bei.

Bei der zweiten Ausführungsform des Induktionsgebers, in Abb. 2 ist die Hülse 2 in ihrer walzförmigen Öffnung überdies mit einer dünnwandigen walzenförmigen Antifrikctionseinlage 11 versehen. Die Hülse 2 ist in dieser zweiten Ausführungsform vorteilhafterweise aus einer keramischen Masse gefertigt und die Antifrikctionseinlage 11 dagegen aus Teflon. Diese Ausgestaltung verhindert ein Verkatzen des Permanentmagneten 1 in der walzenförmigen Öffnung der Hülse 2 und gewährleistet die Masshaltigkeit der Hülse 2 auch bei relativ hohen Temperaturänderungen. Die Formgebung der anderen Teile des Induktionsgebers gemäss der zweiten Ausführungsform ist praktisch dieselbe wie bei dem Induktionsgeber der ersten Ausführungsform. Auch die pseudobifilare Ausgestaltung der Wicklung der Induktionsspulen 3, 4 ist bei beiden Ausführungen identisch.

Bei der Befestigung des Induktionsgebers auf einem schwingungserzeugenden Gegenstand, z. B. auf dem Lagerständer einer Turbine, kann sich der Permanentmagnet 1 gegenüber den anderen Teilen des Induktionsgebers zu bewegen, d. h. gegenüber seinem Körper 7 mit der Hülse 2, der festen Magneten 5, 6 und den Induktionsspulen 3, 4. Während dieser Bewegung überschneiden die Kraftlinien des Permanentmagneten 1 die Wicklung der Induktionsspulen 3, 4, in denen eine resultierende elektromotorische Kraft induziert wird, die dann mit geeigneten Mitteln verstärkt und gemessen wird. Bei der beschriebenen vorteilhaften pseudobifilaren Ausführung der Induktionsspulen 3, 4 ist diese resultierende elektromotorische Kraft die Summe der elektromotorischen Kräfte, die separat in der ersten Induktionsspule 4 entstehen und daher gross.

Der hiermit beschriebene Induktionsgeber hat relativ kleine Abmessungen und beträchtliche Beschleunigungen und Vibrationsamplituden. Er ist anspruchslos, verträgt auch ein ungleichmässiges Temperaturfeld und vermittelt ein verhältnismässig starkes Ausgangssignal, womit die Anbringung der Verstärker- und Messapparatur in einer grösseren Entfernung ermöglicht wird. Der Induktionsgeber besitzt eine sehr gute Empfindlichkeit bei der Erhaltung einer linearen Charakteristik der Abhängigkeit der elektromotorischen Ausgangskraft von der Geschwindigkeit verträgter Temperaturen bis 250° C.

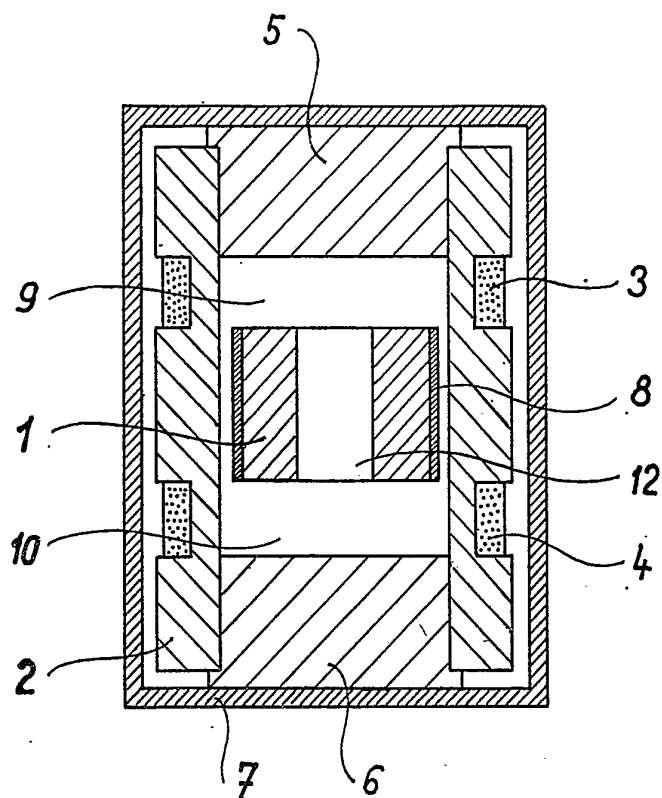


FIG. 1

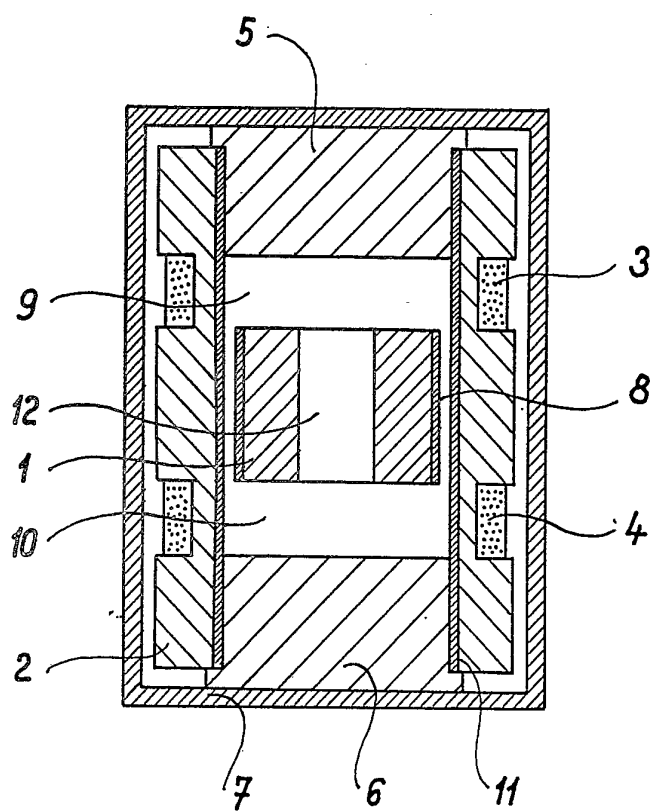


FIG. 2