



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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑬ Gesuchsnummer: 707/81

⑭ Anmeldungsdatum: 03.02.1981

⑮ Patent erteilt: 30.09.1985

⑯ Patentschrift veröffentlicht: 30.09.1985

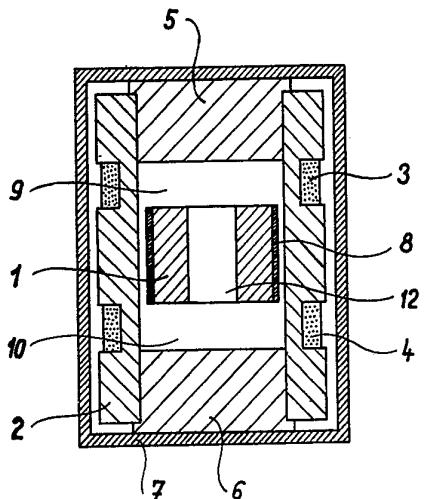
⑰ Inhaber:
Prvni brnenska strojirna narodni podnik, Brno
(CS)

⑱ Erfinder:
Sirokorad, Jurij, Brno (CS)
Vecera, Jiri, Brno (CS)

⑲ Vertreter:
Dr. A. R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑳ Elektromagnetisch wirkender Induktionsgeber zur Abtastung von Vibrationen.

㉑ Der axiale Hohlraum einer zylindrischen Hülse (2) ist durch einen ringförmigen Permanentmagneten (1) in je einen gegenpoligen Stirnraum (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 schnellaufenden 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, wogen 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 Schwingungsamplitude, die Membrane zerstört werden.

Ein weiterer vorbekannter 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 walzenförmigen 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 Schwingungsamplituden eine beträchtliche Nichtlinearität in Abhängigkeit der induzierten elektromotorischen Kraft von der relativen Geschwindigkeit der magnetischen Ringe aufweist. Die Benutzung des gerade beschriebenen Induktionsgebers ist daher aus angeführten Gründen nur auf die Messung in vertikaler Richtung beschränkt.

10 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 Druckfeder-element wirken und den verschiebbaren Magnet in einer Dauerschwebe 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

25 Drehmoments, das durch die Feder auf den permanenten Magnet entwickelt wird und das denselben an die Hülsenwände 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.

40 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

45 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.

50 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 60 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 Achsen-
schnitt.

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 gleichlau- fende Polorientierung der festen Magnete 5, 6 und die gegenüber diesen gegenlaufenden Polorientierung des beweglichen Per- manentmagneten 1 bilden im ersten Stirnraum 9 zwischen dem ersten festen Magnet 5 und dem beweglichen Permanentma- gnet 1, als auch in dem zweiten Stirnraum 10 zwischen dem zweiten festen Magnet 6 und dem beweglichen Permanentma- gnet 1 axiale Abstosskräfte, so dass die magnetischen Felder in erwähnten Stirnräumen 9, 10 als federnde Druckelemente mit einer sehr günstigen Charakteristik wirken.

Die eingeführten Abstosskräfte in beiden Stirnräumen 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 Antifrikionshülle 8 versehen. Das Material der Gleitfläche der Antifrikionshülle 8 und das Material der Hülse 2 sind mit Rücksicht auf den minimalen, gegenseitigen Reibungskoeffizien- ten gewählt. In der ersten beschriebenen Ausführung ist die Antifrikionshülle 8 aus Messing gebildet, das auf der Reibungs- fläche 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 pseudobilfilar 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 bezeichnet, 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 pseudobilfilar Ausgestaltung der Spulenwicklung die Aus- gestaltung beider Spulenleiterketten in zwei unabhängige Spulenräume. In der dargestellten Ausführung ist die erste Spulen- leiterkette der ersten Induktionsspule 4 angesichts der zweiten

Spulenleiterkette der zweiten Induktionsspule 5 axial versetzt, so dass in dieser pseudobilfilar Ausgestaltung, die bei dem Durch- fluss des elektrischen Stromes durch beide Leiterketten entste- henden magnetischen Felder nur teilweise kompensiert werden.

⁵ Demgegenüber ermöglicht aber die angeführte pseudobilfilar 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 Störungsein- fluss des äusseren magnetischen Feldes ab. Zu dieser Schwä- chung des Störungseinflusses des äusseren magnetischen Feldes trägt auch die Bildung des Körpers 7 aus ferromagnetischem Material bei.

Bei der zweiten Ausführungsform des Induktionsgebers, in ¹⁵ Abb. 2 ist die Hülse 2 in ihrer walzenförmigen Öffnung überdies mit einer dünnwandigen walzenförmigen Antifrikionseinlage 11 versehen. Die Hülse 2 ist in dieser zweiten Ausführungsform vorteilhafterweise aus einer keramischen Masse gefertigt und die Antifrikionseinlage 11 dagegen aus Teflon. Diese Ausgestaltung ²⁰ verhindert ein Verkanten des Permanentmagneten 1 in der walzenförmigen Öffnung der Hülse 2 und gewährleistet die Masshaltigkeit der Hülse 2 auch bei relativ hohen Temperaturän- derungen. Die Formgebung der anderen Teile des Induktionsge- bers gemäss der zweiten Ausführungsform ist praktisch dieselbe ²⁵ wie bei dem Induktionsgeber der ersten Ausführungsform. Auch die pseudobilfilar Ausgestaltung der Wicklung der Induktionsspulen 3, 4 ist bei beiden Ausführungen identisch.

Bei der Befestigung des Induktionsgebers auf einem schwin- gungserzeugenden Gegenstand, z. B. auf dem Lagerständer ³⁰ einer Turbine, kann sich der Permanentmagnet 1 gegenüber den anderen Teilen des Induktionsgebers zu bewegen, d. h. gegen- über 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 ³⁵ 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 pseudobilfilar Ausführung der Induktionsspulen 3, 4 ist diese resultierende elektromotorische Kraft die Summe ⁴⁰ 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 Vibra- tionsamplituden. Er ist anspruchslos, verträgt auch ein ungleich- ⁴⁵ mässiges 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 ⁵⁰ der elektromotorischen Ausgangskraft von der Geschwindigkeit verträglicher Temperaturen bis 250°C.

