

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2006/134092 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01H 11/02** (2006.01)    **G01H 11/06** (2006.01)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEHNER, Jan [DE/DE]; Hauptstr. 130, 09221 Neukirchen (DE). MAKUTH, Jens [DE/DE]; Sandäckerstr. 14, 90537 Feucht (DE). SCHEIBNER, Dirk [DE/DE]; Reichenhainer Str. 64, 09126 Chemnitz (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/063101

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. Juni 2006 (12.06.2006)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

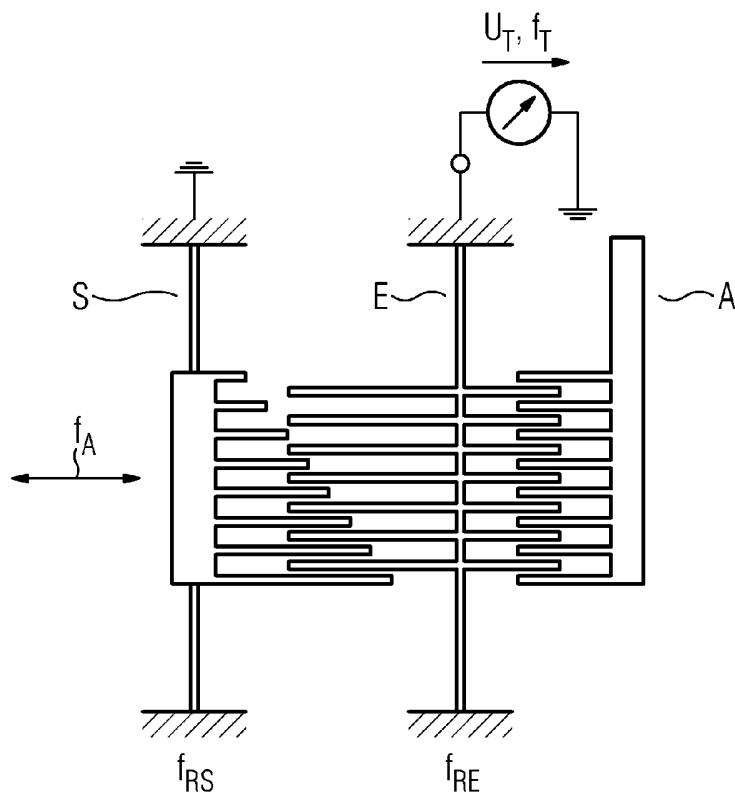
(30) Angaben zur Priorität:  
10 2005 028 214.8    17. Juni 2005 (17.06.2005) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(54) Title: VIBRATION MEASURING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VIBRATIONSMESSSYSTEM



**(57) Abstract:** The invention relates to a vibration measuring system for the frequency-selective measuring of especially low-frequency vibrations such as they are relevant in the area of automation and motive power engineering. The aim of the invention is to provide a system which allows an economical vibration analysis of frequencies in the range of from 0 to 1 kHz. For this purpose, a broad-band transmitting structure which is directly induced by the excitation signal to be determined is coupled to a receiving structure by means of an electrostatic or inductive force. This force coupling brings about an amplitude modulation of a carrier signal inducing the receiving structure. The spectrum of the amplitude-modulated carrier signal can then be used to extract the actual excitation signal, e.g. by suitably choosing the frequency of the carrier signal.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Schwingungsmessung insbesondere niedriger Frequenzen wie sie im Bereich der Automatisierungs- und Antriebstechnik relevant sind. Um eine kostengünstige Schwingungsanalyse von Frequenzen im Bereich von 0 bis 1 kHz realisieren zu können, wird vorgeschlagen, eine breitbandige Senderstruktur, die

direkt von dem zu bestimmenden Anregungssignal angeregt wird, über eine elektrostatische oder induktive Kraft

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/134092 A1



KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Beschreibung

### Vibrationsmesssystem

- 5 Die Erfindung betrifft ein Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Schwingungsmessung.

Ein derartiges System kommt zum Beispiel in der Automatisierungs- und Antriebstechnik zum Einsatz und kann dort insbesondere zur Zustandsüberwachung verschleißbehafteter Komponenten eingesetzt werden. Darüber hinaus kann die Erfindung zur Überwachung von Fertigungsprozessen eingesetzt werden, die durch eine schwingende Umgebung gestört werden können.

Ferner kann die Erfindung zur Charakterisierung schwingender Systeme und Komponenten eingesetzt werden.

Produktionsausfälle durch unerwartete Maschinendefekte können je nach Branche und Art des Prozesses direkte Schäden und Folgeschäden in erheblicher Höhe verursachen. Um die Zuverlässigkeit von Produktions- und Werkzeugmaschinen, verfahrenstechnischer Anlagen, Transportsystemen u. ä. zu erhöhen und somit Ausfallzeiten dieser Produktionsmittel zu reduzieren wird daher einer frühzeitigen Verschleiß- und Defekterkennung immer mehr Bedeutung beigemessen.

25 Beispielsweise bei elektrischen Maschinen kündigt sich ein Ausfall des Produktionsmittels oder einer seiner Komponenten (z. B. der Lager) häufig durch eine Veränderung des Schwingungsverhaltens an. Durch eine Vibrationsanalyse können diese Veränderungen detektiert werden. Auf diese Weise können betroffene Komponenten vorzeitig ausgetauscht werden, bevor es zum Ausfall des Gesamtsystems und somit zu einem längeren Produktionsstillstand kommt.

35 Je nach Frequenzbereich der relevanten Schwingungen können die Frequenzen selektiv gemessen werden oder breitbandig mit einer nachgeschalteten Fourieranalyse ermittelt werden. Mit

frequenzselektiven Sensoren lassen sich aus technischen Gründen eher höherfrequente Schwingungen ( $> 1 \text{ kHz}$ ) analysieren.

Niederfrequente Schwingungen ( $< 1\text{kHz}$ ) werden heute in der Regel mit einem breitbandigen piezokeramischen Sensor erfasst.

- 5 Die einzelnen Frequenzanteile werden anschließend mittels einer in Software oder Hardware ausgeführten Fast Fourier Transformation (FFT) aus dem Messsignal ermittelt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine kostengünstige Schwingungsanalyse zu ermöglichen.

10 Diese Aufgabe wird durch ein Vibrationsmesssystem gelöst mit einer schwingfähigen Senderstruktur, die von einem Anregungs-

signal zu einer mechanischen Schwingung einer Anregungsfre-

- 15 quenz anregbar ist und derartig in Bezug auf eine von einem Trägersignal mit einer Trägerfrequenz anregbaren schwingfähig-  
gen Empfängerstruktur angeordnet ist, dass die Senderstruktur in einem angeregten Zustand eine das Trägersignal amplituden-  
modulierende, von der Auslenkung der Senderstruktur abhängige Kraft auf die Empfängerstruktur ausübt.

Das erfindungsgemäße Vibrationsmesssystem nutzt zwei schwing-  
fähige Strukturen. Die schwingfähige Senderstruktur wird di-

rekt von dem Anregungssignal angeregt, dessen Amplitude durch  
25 das System bestimmt werden soll. Im Verhältnis zur Empfänger-

struktur besitzt die Senderstruktur eine relativ geringe Re-  
sonanzfrequenz und arbeitet als breitbandiger Beschleuni-

gungssensor. Der Erfindung liegt nun die Erkenntnis zugrunde,  
dass das zu bestimmende Anregungssignal durch eine geeignete  
30 Kopplung der Sender- und Empfängerstruktur in einen höheren

Frequenzbereich transferiert werden kann. In dem höheren Fre-  
quenzbereich kann eine frequenzselektive Messung der Amplitu-  
de des Anregungssignals mit einfachen Mitteln kostengünstig  
realisiert werden. Sender- und Empfängerstruktur werden hier-

- 35 bei derart zueinander angeordnet, dass sich hinsichtlich der Frequenzen eine multiplikative Kopplung zwischen diesen bei-  
den Strukturen ergibt. Auf eine sehr rechenaufwendige Fou-

riertransformation des Zeitsignals zur spektralen Auswertung kann hierdurch verzichtet werden.

Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Vibrationssystems  
5 lässt sich wie folgt erläutern. Die Empfängerstruktur wird mit einem in der Regel hochfrequenten Trägersignal angeregt. Durch die Kopplung der Senderstruktur mit der Empfängerstruktur wird das Trägersignal mit dem Anregungssignal amplitudenmoduliert. Dies geschieht dadurch, dass die Senderstruktur  
10 auf die Empfängerstruktur eine Kraft ausübt, die abhängig von der Auslenkung der Senderstruktur in Relation zu ihrem Ruhezustand ist.

Durch die Modulation des Trägersignals mit dem Anregungssignal ist das Anregungssignal im Frequenzspektrum des Empfängers als linkes und rechtes Seitenband des Trägersignals wieder zu finden.

Insbesondere zur Zustandsüberwachung im Bereich der Automatisierungs- und Antriebstechnik liegen die relevanten Frequenzen im Bereich von wenigen Hertz bis hin zu 1 kHz. Daher ist es vorteilhaft, das Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Bestimmung mechanischer Schwingungen vorzusehen, deren Frequenzen insbesondere kleiner als 1 kHz sind. Derartige  
25 Frequenzen sind mit herkömmlichen frequenzselektiven Messsystemen nicht bzw. nur mit sehr großem Aufwand erfassbar.

Durch eine vorteilhafte Ausführung des erfindungsgemäßen Vibrationsmesssystems, bei der die Trägerfrequenz größer als die  
30 Anregungsfrequenz ist, kann das eigentlich zu bestimmende Anregungssignal in einen höheren Frequenzbereich transferiert werden, in dem eine frequenzselektive Erfassung mit geringem Aufwand möglich ist.

35 Zweckmäßigerweise weist das Vibrationsmesssystem eine Vorrichtung zur Einstellung der Trägerfrequenz auf. Hierdurch kann der Spektralbereich, der zur Auswertung zur Verfügung

steht, frei gewählt werden. Die Frequenz des Trägers wird zweckmäßiger Weise so gewählt, dass das linke oder rechte Seitenband auf einer Resonanzstelle des Empfängers liegt.

- 5 Durch die Amplitudenmodulation steht das auszuwertende Anre-  
gungssignal im Frequenzspektrum als linkes und rechtes Sei-  
tenband des amplitudenmodulierten Trägersignals zur Verfü-  
gung. Eine einfache Auswertung dieses Frequenzspektrums bzw.  
eine kostengünstige Extraktion des Anregungssignals kann da-  
10 durch realisiert werden, dass die Empfängerstruktur eine Re-  
sonanzfrequenz aufweist, die im Wesentlichen einem Seitenband  
des amplitudenmodulierten Trägersignals entspricht. Durch ei-  
ne derartige Wahl der Resonanzfrequenz werden das entspre-  
chende Seitenband und damit das transferierte Anregungssignal  
15 frequenzselektiv gefiltert. Die Frequenz des Trägers wird  
zweckmäßiger Weise hierbei so gewählt, dass das linke oder  
rechte Seitenband auf der Resonanzstelle des Empfängers  
liegt.
- 20 Um verschiedene Anregungsfrequenzen mit dem Vibrationssystem  
bestimmen zu können, ist es vorteilhaft, dass die Resonanz-  
frequenz der Empfängerstruktur einstellbar ist. Die Überlap-  
pung eines Seitenbandes des Trägersignals kann also alterna-  
tiv durch ein Einstellen der Resonanzfrequenz des Empfängers  
25 oder durch ein Einstellen der Trägerfrequenz bewirkt werden.

Die Kopplung zwischen Empfängerstruktur und Senderstruktur  
kann auf verschiedene Art und Weise realisiert werden. Eine  
erste Ausführungsform ist derart gestaltet, dass die Empfän-  
gerstruktur eine kapazitive Kopplung zur Senderstruktur auf-  
30 weist und eine Wechselspannung mit der Trägerfrequenz zwi-  
schen der Empfängerstruktur und der Senderstruktur anlegbar  
ist. Hierbei wird die für die Amplitudenmodulation benötigte  
Kraftkopplung auf elektrostatischem Wege erreicht.

35 Besonders wünschenswert ist hierbei eine Elektrodenanordnung,  
bei der die Kopplung der schwingfähigen Strukturen eine line-

ar veränderliche Kraft erzeugt; d.h., dass die Kraft, die die Senderstruktur auf die Empfängerstruktur ausübt, linear von der Auslenkung der Senderstruktur abhängen soll. Um dies zu realisieren, sind die Empfänger- und Senderstruktur derartig 5 auszuführen, dass sie zusammen eine Kapazität erzeugen, die eine quadratische Abhängigkeit von der Auslenkung der Senderstruktur aufweist. Eine solche Kapazitätsauslenkungscharakteristik lässt sich beispielsweise dadurch erzeugen, dass Empfänger- und Senderstruktur jeweils eine kammartige 10 Struktur aufweisen, wobei die kammartigen Strukturen zumindest teilweise ineinander greifend angeordnet sind. Bei einer derartigen Ausführung ist es ferner zweckmäßig, eine Auswertekamm vorzusehen, der zumindest teilweise in die kammartige Struktur der Empfängerstruktur greifend angeordnet ist. Mit 15 Hilfe des Auswertekanals kann das Messsignal bzw. das transferierte Anregungssignal der Empfängerstruktur einfach entnommen werden.

Eine zweite Ausführungsform des erfundungsgemäßen Vibrationsmesssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängerstruktur eine induktive Kopplung zur Senderstruktur aufweist und ein Wechselstrom mit der Trägerfrequenz in die Empfängerstruktur und/oder die Senderstruktur einprägbar ist. Darüber hinaus kann die Senderstruktur auch einen Permanentmagneten 25 umfassen, der eine Kraftwirkung auf die stromdurchflossene Empfängerstruktur ausübt. Ebenso ist es möglich, dass die Empfängerstruktur einen Permanentmagneten aufweist, der eine Kraftwirkung auf die stromdurchflossene Senderstruktur aufweist.

30 Unabhängig von der Art der Kraftkopplung zwischen Senderstruktur und Empfängerstruktur ist es zur Verbesserung des Signalrauschabstandes zweckmäßig, dass das Vibrationsmesssystem einen Verstärker zur Verstärkung eines Anteils im Spektrum des amplitudenmodulierten Trägersignals aufweist, wobei der Anteil im Wesentlichen mit der Resonanzfrequenz der Empfängerstruktur schwingt.

Zu Auswertungszwecken ist es vorteilhaft, wenn das Vibrationsmesssystem eine Auswerteeinrichtung zur Filterung und/oder Demodulation des amplitudenmodulierten Trägersignals aufweist.

Auf Grund der kostengünstigen Realisierbarkeit des Vibrationsmesssystems im Vergleich zu heutigen Vibrationsmesssystemen kann das Vibrationsmesssystem zur insbesondere permanenten Zustandsüberwachung von Produktionsmitteln vorgesehen werden. Da das Vibrationsmesssystem frequenzselektiv arbeitet, kann auf den erheblichen Hardware- bzw. Softwareaufwand zur Realisierung einer FFT, die bei breitbandigen Sensoren benötigt wird, verzichtet werden.

Eine alternative Anwendung des Vibrationsmesssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass das Vibrationsmesssystem zur Überwachung eines vibrationsempfindlichen Produktionsprozesses vorgesehen ist. Auch hier kann eine permanente Überwachung von Schwingung mit Hilfe des Systems durchgeführt werden, die den korrekten Ablauf des Prozesses gefährden könnten.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

FIG 1 ein Vibrationsmesssystem mit kapazitiver Kopplung

FIG 2 ein Frequenzspektrum des Vibrationsmesssystems mit kapazitiver Kopplung

FIG 3 ein Vibrationsmesssystem mit induktiver Kopplung.

FIG 1 zeigt ein Vibrationsmesssystem mit kapazitiver Kopplung. Das Vibrationsmesssystem besteht aus drei kammartigen Strukturen S,E,A, die miteinander über elektrostatische Kräfte gekoppelt sind. Es sei angenommen, dass das dargestellte

System zur Bestimmung von Vibrationen an elektrischen Antrieben vorgesehen ist, wobei sich die relevanten Schwingungen im Bereich von wenigen Hertz bis zu 1 kHz befinden.

5 Das Vibrationsmesssystem umfasst eine breitbandige Senderstruktur S mit einer Resonanzfrequenz  $f_{RS}$  von 3 kHz. Der lineare Messbereich der Senderstruktur S reicht damit bis etwa 1 kHz. Diese Senderstruktur S wird direkt von einem mechanischen Anregungssignal, welches von dem elektrischen Antrieb 10 ausgeht und mit der Frequenz  $f_A$  schwingt, angeregt. Die kammartige Struktur der Senderstruktur S greift teilweise in eine ebenfalls kammartig ausgeführte Empfängerstruktur E, deren Resonanzfrequenz beispielsweise eine Dekade höher als die Anregungsfrequenz  $f_A$ , also bei 10 kHz, liegt.

15 Zwischen Empfängerstruktur E und Senderstruktur S ist eine Wechselspannung mit der Amplitude  $U_T$  und der Frequenz  $f_T$  angelegt. Diese Wechselspannung stellt das Trägersignal zur Verfügung, dass durch das Anregungssignal mit der Anregungsfrequenz  $f_A$  moduliert wird.

20 Senderstruktur S und Empfängerstruktur E bilden also zusammen einen Kondensator an den die Spannung  $U_T$  angelegt ist. Durch die dargestellte kammartige Ausführung dieser beiden Strukturen, wird erreicht, dass die Kapazität C dieses Kondensators quadratisch von der Auslenkung x der Senderstruktur S abhängt. Es gilt also:

$$C \sim x^2$$

Eine Ableitung dieser Beziehung ergibt:

$$\frac{dC}{dx} \sim 2x$$

25 Die Änderung der im Kondensator gespeicherten Energie W in Abhängigkeit der Auslenkung lässt sich mittels einer Energiebilanz ermitteln:

$$dW = \frac{1}{2} U_r^2 dC = F dx$$

30 Schließlich ergibt sich ein Zusammenhang zwischen der elektrostatischen Kraft F und der Auslenkung x gemäß:

$$F = \frac{U_T^2}{2} \frac{dC}{dx} \sim U_T^2 \cdot x$$

Die quadratische Abhängigkeit des Kapazitatsverlaufs bewirkt also, dass eine multiplikative Kopplung zwischen dem Träger-  
5 signal und der Auslenkung x der Senderstruktur auftritt.

Das amplitudenmodulierte Trägersignal wird mit Hilfe eines Auswertekamms A ausgelesen und kann dort schließlich zu Verbesserung des Signal-Rausch Abstandes elektronisch verstärkt  
10 werden.

FIG 2 zeigt ein Frequenzspektrum des Vibrationsmesssystems mit kapazitiver Kopplung. Dargestellt sind Schwingungsamplituden 15 über den entsprechenden Frequenzanteilen F. Durch die in FIG 1 dargestellte Kammstruktur kommt es zunächst zu einer Verdopplung der Trägerfrequenz. Wird beispielsweise eine Spannung mit der Trägerfrequenz f\_T an die Empfängerstruktur E angelegt, so wird dieses Signal durch die Quadrierung der Spannung bei elektrostatischer Kraftwirkung auf eine Frequenz 20 2 f\_T transferiert. Die Anregungsfrequenz f\_A des eigentlich relevanten Anregungssignals wird im Amplitudenspektrum auf das linke und rechte Seitenband des um die doppelte Trägerfrequenz ausgeprägten Spektrums abgebildet. Wurde beispielsweise eine Spannung mit der Trägerfrequenz f\_T von 5,1 kHz an 25 die Empfängerstruktur E angelegt, und beträgt die Frequenz f\_A des Anregungssignals 200 Hz, so bildet sich ein Frequenzspektrum des Empfängers um 10,2 kHz aus mit einem linken Seitenband bei 10 kHz und einem rechten Seitenband bei 10,4 kHz. Um die Amplitude des mit 200 Hz schwingenden Anregungssignals 30 zu bestimmen, wird nun die Resonanzfrequenz f\_{RE} der Empfängerstruktur E auf 10 kHz gelegt. Somit entspricht die Resonanzfrequenz f\_{RE} der Empfängerstruktur E dem linken Seitenband des dargestellten Frequenzspektrums. Hierdurch kommt es zu einer Resonanzerhohung, wodurch das linke Seitenband verstärkt 35 zur Auswertung zur Verfügung steht. Die eigentliche

Auswertung des Signals erfolgt anschließend durch Filterung oder Demodulation dieses Seitenbandes.

FIG 3 zeigt ein Vibrationsmesssystem mit induktiver Kopplung.

5 In dem dargestellten Fall ist eine Senderstruktur S, die direkt von dem Anregungssignal mit einer Frequenz  $f_A$  angeregt wird, mit einem Dauermagneten M ausgeführt. Die Senderstruktur S fungiert wiederum als breitbandiger Beschleunigungssensor und besitzt eine relativ niedrige Resonanzfrequenz  $f_{RS}$ .

10 Eine Empfängerstruktur E des Vibrationsmesssystems mit einer um mindestens eine Dekade höher liegenden Resonanzfrequenz  $f_{RE}$  ist als elektrischer Leiter der Länge L ausgeführt. In diesem elektrischen Leiter des Empfängers E wird ein Wechselstrom  $I_T$  mit einer Trägerfrequenz  $f_T$  eingeprägt. Durch das

15 magnetische Feld des Dauermagneten M und das magnetische Feld, das der Trägerstrom  $I_T$  innerhalb der Empfängerstruktur E erzeugt, wird eine elektromagnetische Koppelkraft der Größe  $F = I \cdot L \cdot B$  zwischen Senderstruktur S und Empfängerstruktur E erzeugt. Hierbei bezeichnet B die magnetische Feldstärke.

20 Alternativ zu der dargestellten Ausführungsform ist es natürlich auch denkbar und von der Erfindung umfasst, die Empfängerstruktur mit dem Permanentmagneten M auszuführen und den Trägerstrom  $I_T$  in die Senderstruktur einzuprägen.

25 Die Wirkungsweise des dargestellten Vibrationsmesssystems mit induktiver Kopplung ist ähnlich zu der in FIG 1 dargestellten Struktur mit kapazitiver Kopplung. Es tritt jedoch im Vergleich zu der elektrostatischen Kopplung keine Frequenzverdopplung des Trägers auf, da bei der Kraftkopplung keine Quadrierung der Trägerfrequenz, sondern eine einfache Multiplikation vorliegt.

30 Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Schwingungsmessung insbesondere niedriger Frequenzen wie sie im Bereich der Automatisierungs- und Antriebstechnik relevant sind. Um eine kostengünstige

Schwingungsanalyse von Frequenzen im Bereich von 0 bis 1 kHz realisieren zu können, wird vorgeschlagen, eine breitbandige Senderstruktur, die direkt von dem zu bestimmenden Anregungs-  
signal angeregt wird, über einen multiplikativ wirkenden Me-  
chanismus, z.B. elektrostatische oder induktive Kräfte, mit  
einer Empfängerstruktur zu koppeln. Durch diese Kraftkopplung  
kommt es zu einer Amplitudenmodulation eines die Empfänger-  
struktur anregenden Trägersignals. Aus dem Spektrum des amp-  
litudenmodulierten Trägersignals lässt sich das eigentliche  
Anregungssignal z.B. durch eine geeignete Wahl der Resonanz-  
frequenz der Empfängerstruktur und der Frequenz des Träger-  
signals extrahieren.

## Patentansprüche

1. Vibrationsmesssystem mit einer schwingfähigen Senderstruktur (S), die von einem Anregungssignal zu einer mechanischen Schwingung einer Anregungsfrequenz ( $f_A$ ) anregbar ist und derartig in Bezug auf eine von einem Trägersignal mit einer Trägerfrequenz ( $f_T$ ) anregbaren schwingfähigen Empfängerstruktur (E) angeordnet ist, dass die Senderstruktur (S) in einem angeregten Zustand eine das Trägersignal amplitudenmodulierende, von der Auslenkung der Senderstruktur (S) abhängige Kraft auf die Empfängerstruktur (E) ausübt.  
5
2. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 1,  
wobei das Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Bestim-  
15 mung mechanischer Schwingungen vorgesehen ist, deren Frequen-  
zen insbesondere kleiner als 1 Kilohertz sind.
3. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 1 oder 2,  
wobei die Trägerfrequenz ( $f_T$ ) größer als die Anregungsfre-  
20 quenz ( $f_A$ ) ist.
4. Vibrationsmesssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
wobei das Vibrationsmesssystem eine Vorrichtung zur Einstel-  
25 lung der Trägerfrequenz ( $f_T$ ) aufweist.
5. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
wobei die Empfängerstruktur eine Resonanzfrequenz ( $f_{RE}$ ) auf-  
30 weist, die im Wesentlichen einem Seitenband des amplitudenmo-  
dulierten Trägersignals entspricht.
6. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 5,  
wobei die Resonanzfrequenz ( $f_{RE}$ ) der Empfängerstruktur (E)  
einstellbar ist.  
35
7. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,

wobei die Empfängerstruktur (E) eine kapazitive Kopplung zur Senderstruktur (S) aufweist und eine Wechselspannung ( $U_T$ ) mit der Trägerfrequenz ( $f_T$ ) zwischen der Empfängerstruktur (E) und der Senderstruktur (S) anlegbar ist.

5

8. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 7,

wobei Empfänger- und Senderstruktur (E,S) derartig ausgeführt sind, dass sie zusammen eine Kapazität erzeugen, die eine quadratische Abhängigkeit von der Auslenkung der Senderstruktur (S) aufweist.

10

9. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

wobei Empfänger- und Senderstruktur (E,S) jeweils eine kammartige Struktur aufweisen, wobei die kammartigen Strukturen zumindest teilweise ineinander greifend angeordnet sind.

20

10. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 9,

wobei ein Auswertekamm (A) vorgesehen ist, der zumindest teilweise in die kammartige Struktur der Empfängerstruktur (E) greifend angeordnet ist.

25

11. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30

wobei die Empfängerstruktur (E) eine induktive Kopplung zur Senderstruktur (S) aufweist und ein Wechselstrom mit der Trägerfrequenz ( $f_T$ ) in die Empfängerstruktur (E) und/oder die Senderstruktur (S) einprägbar ist.

35

12. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei das Vibrationsmesssystem einen Verstärker zur Verstärkung eines Anteils im Spektrum des amplitudenmodulierten Trägersignals aufweist, wobei der Anteil im Wesentlichen mit der Resonanzfrequenz ( $f_{RE}$ ) der Empfängerstruktur (E) schwingt.

13. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei das Vibrationsmesssystem eine Auswerteeinrichtung zur Filterung und/oder Demodulation des amplitudenmodulierten Trägersignals aufweist.

14. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Vibrationsmesssystem zur insbesondere permanenten Zustandsüberwachung von Produktionsmitteln vorgesehen ist.

15. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Vibrationsmesssystem zur Überwachung eines vibrationsempfindlichen Produktionsprozesses vorgesehen ist.

FIG 1

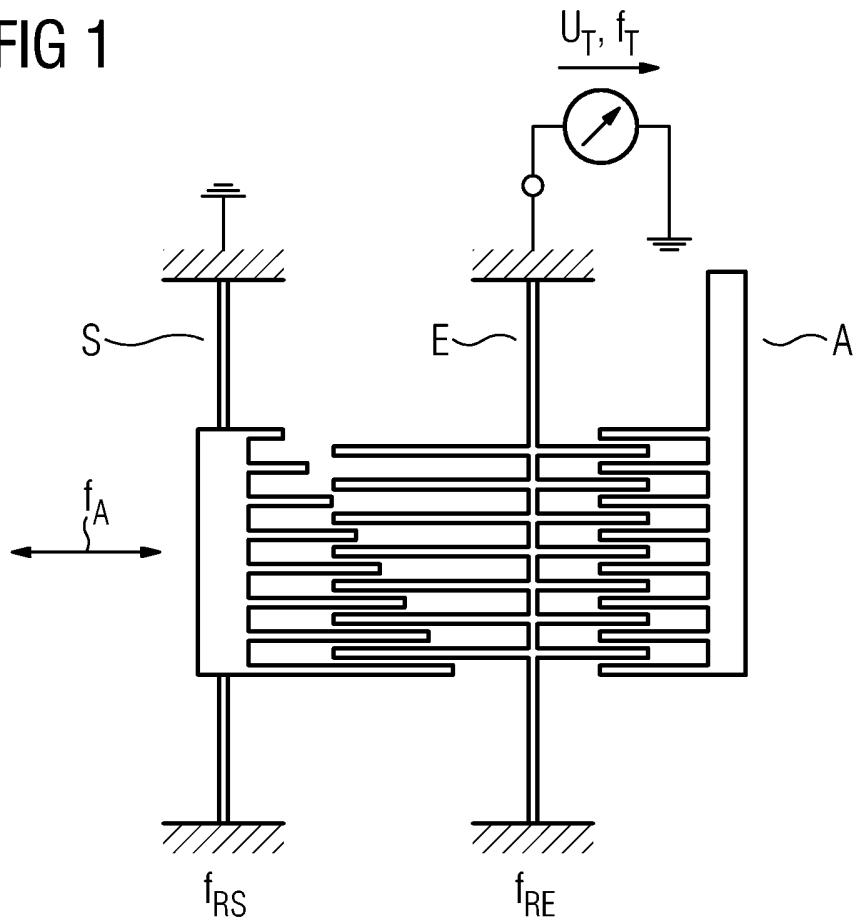


FIG 2

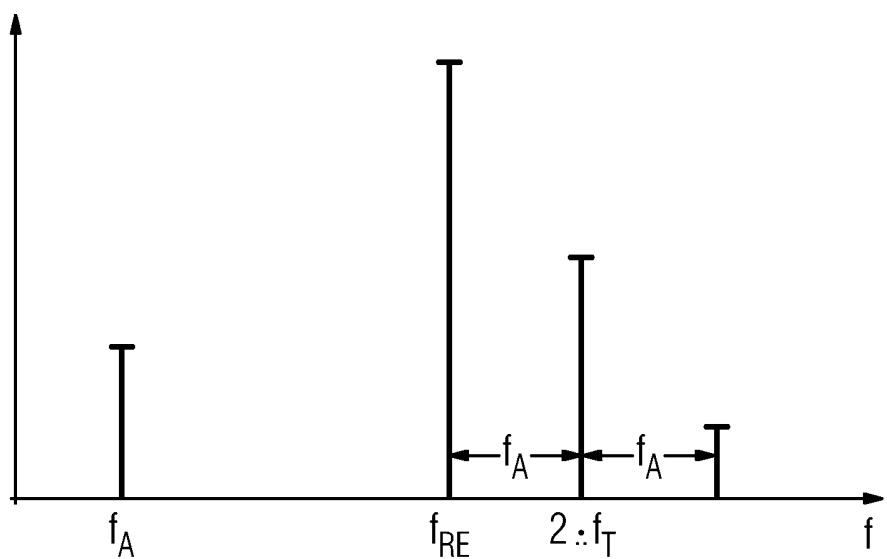
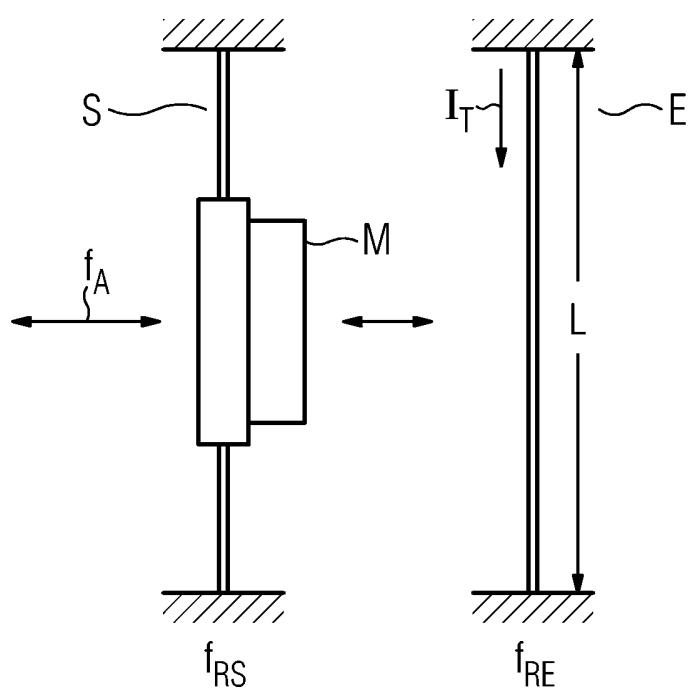


FIG 3



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/063101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. G01H11/02 G01H11/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 199 874 B1 (GALVIN GREGORY J ET AL) 13 March 2001 (2001-03-13) column 17, line 57 - column 22, line 55; figure 9 -----	1-4,6,7, 9,10
X	US 3 930 405 A (RENKEN, JR. ET AL) 6 January 1976 (1976-01-06) column 2, line 34 - line 48; figure 1 column 3, line 3 - line 16; figure 4 -----	1
X	GB 938 385 A (THE WAYNE KERR LABORATORIES LIMITED; RAYMOND CALVERT) 2 October 1963 (1963-10-02) the whole document -----	1,2,7,13 -/-

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "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 when the document is taken alone
- "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

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

4 September 2006

29/09/2006

Name and mailing address of the ISA/  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Trique, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/063101

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 512 402 A (GEORGE B. FOSTER) 19 May 1970 (1970-05-19) column 6, line 52 – column 8, line 75; figures 1,3,4 abstract -----	1,2,11, 13
X	US 2 979 959 A (CLURMAN STANLEY P) 18 April 1961 (1961-04-18) column 2, line 49 – column 3, line 23; figure 6 -----	1,11

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/063101

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6199874	B1	13-03-2001		NONE
US 3930405	A	06-01-1976		NONE
GB 938385	A	02-10-1963		NONE
US 3512402	A	19-05-1970	GB 1170450 A	12-11-1969
US 2979959	A	18-04-1961	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
	<b>NICHT EINGERECHT AM ANMELDEDATUM</b>	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:	„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 zu Grunde liegenden Prinzips oder der ihr zu Grunde liegenden Theorie angegeben ist
„A“ Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	„X“ Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
„E“ frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	„Y“ Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
„L“ Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	„&“ Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
„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	

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Telefaxnr.	Telefonnr.