

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Dezember 2006 (21.12.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/134092 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01H 11/02 (2006.01) G01H 11/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/063101

(22) Internationales Anmeldedatum:

12. Juni 2006 (12.06.2006)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2005 028 214.8 17. Juni 2005 (17.06.2005) DE

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

(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]; Reichen-
hainer Str. 64, 09126 Chemnitz (DE).

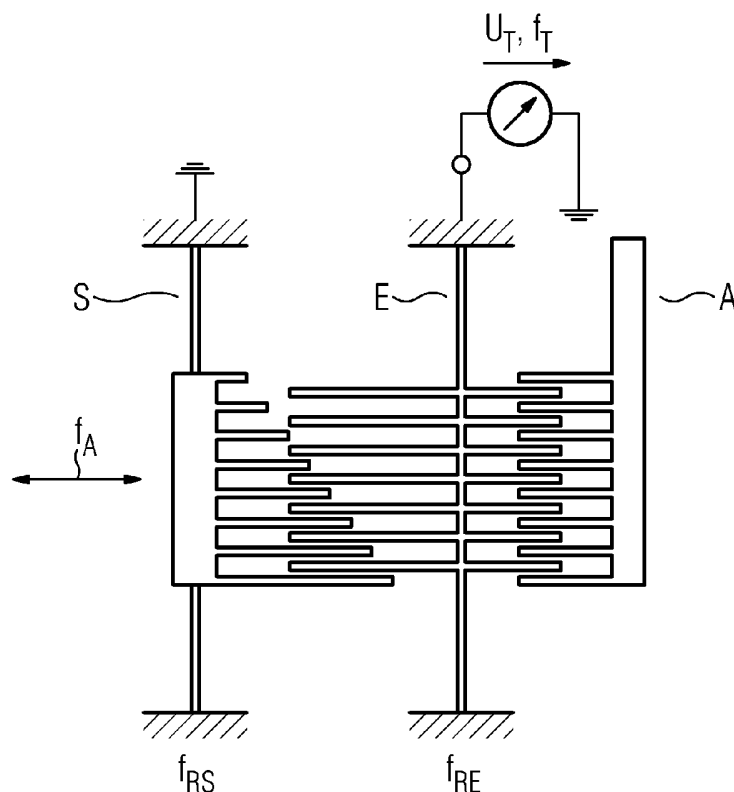
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(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]



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.

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

(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,

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.

mit einer Empfängerstruktur zu koppeln. Durch diese Kraftkopplung kommt es zu einer Amplitudenmodulation eines die Empfängerstruktur anregenden Tragersignals. Aus dem Spektrum des amplitudenmodulierten Tragersignals lässt sich das eigentliche Anregungssignal z.B. durch eine geeignete Wahl der Frequenz des Tragersignals extrahieren.

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.

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 kHz) analysieren. Niederfrequente Schwingungen (< 1 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.

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

Diese Aufgabe wird durch ein Vibrationsmesssystem gelöst mit einer schwingfähigen Senderstruktur, die von einem Anregungssignal zu einer mechanischen Schwingung einer Anregungsfrequenz anregbar ist und derartig in Bezug auf eine von einem Trägersignal mit einer Trägerfrequenz anregbaren schwingfähigen Empfängerstruktur angeordnet ist, dass die Senderstruktur in einem angeregten Zustand eine das Trägersignal amplitudenmodulierende, von der Auslenkung der Senderstruktur abhängige Kraft auf die Empfängerstruktur ausübt.

15
20

Das erfindungsgemäße Vibrationsmesssystem nutzt zwei schwingfähige Strukturen. Die schwingfähige Senderstruktur wird direkt von dem Anregungssignal angeregt, dessen Amplitude durch das System bestimmt werden soll. Im Verhältnis zur Empfängerstruktur besitzt die Senderstruktur eine relativ geringe Resonanzfrequenz und arbeitet als breitbandiger Beschleunigungssensor. Der Erfindung liegt nun die Erkenntnis zugrunde, dass das zu bestimmende Anregungssignal durch eine geeignete Kopplung der Sender- und Empfängerstruktur in einen höheren Frequenzbereich transferiert werden kann. In dem höheren Frequenzbereich kann eine frequenzselektive Messung der Amplitude des Anregungssignals mit einfachen Mitteln kostengünstig realisiert werden. Sender- und Empfängerstruktur werden hierbei derart zueinander angeordnet, dass sich hinsichtlich der Frequenzen eine multiplikative Kopplung zwischen diesen beiden Strukturen ergibt. Auf eine sehr rechenaufwendige Fou-

25
30
35

riertransformation des Zeitsignals zur spektralen Auswertung kann hierdurch verzichtet werden.

Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Vibrationssystems 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 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 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 Anregungsfrequenz ist, kann das eigentlich zu bestimmende Anregungssignal in einen höheren Frequenzbereich transferiert werden, in dem eine frequenzselektive Erfassung mit geringem Aufwand möglich ist.

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 Anregungssignal im Frequenzspektrum als linkes und rechtes Seitenband des amplitudenmodulierten Trägersignals zur Verfügung. Eine einfache Auswertung dieses Frequenzspektrums bzw. eine kostengünstige Extraktion des Anregungssignals kann da-
10 durch realisiert werden, dass die Empfängerstruktur eine Resonanzfrequenz aufweist, die im Wesentlichen einem Seitenband des amplitudenmodulierten Trägersignals entspricht. Durch eine derartige Wahl der Resonanzfrequenz werden das entsprechende 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 Resonanzfrequenz der Empfängerstruktur einstellbar ist. Die Überlappung eines Seitenbandes des Trägersignals kann also alternativ 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 Empfängerstruktur eine kapazitive Kopplung zur Senderstruktur auf-
30 weist und eine Wechselspannung mit der Trägerfrequenz zwischen 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 auszuführen, dass sie zusammen eine Kapazität erzeugen, die eine quadratische Abhängigkeit von der der Auslenkung der Senderstruktur aufweist. Eine solche Kapazitätsauslenkungscharakteristik lässt sich beispielsweise dadurch erzeugen, dass Empfänger- und Senderstruktur jeweils eine kammartige 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 Hilfe des Auswertekanals kann das Messsignal bzw. das transferierte Anregungssignal der Empfängerstruktur einfach entnommen werden.

Eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen 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 einprägbare ist. Darüber hinaus kann die Senderstruktur auch einen Permanentmagneten 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.

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 Vibrationsmesssystem 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
25 quadratisch von der Auslenkung x der Senderstruktur S abhängt. Es gilt also:

$$C \sim x^2$$

Eine Ableitung dieser Beziehung ergibt:

30
$$\frac{dC}{dx} \sim 2x$$

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

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

35 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 Kapazitätsverlaufs 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 über den entsprechenden Frequenzanteilen F . Durch die
15 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 Resonanzerhöhung, wodurch das linke Seitenband verstärkt zur Auswertung zur Verfügung steht. Die eigentliche
35

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
30 Quadrierung der Trägerfrequenz, sondern eine einfache Multiplikation vorliegt.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Schwingungsmessung insbesondere
35 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 einen multiplikativ wirkenden Mechanismus, z.B. elektrostatische oder induktive Kräfte, mit einer Empfängerstruktur zu koppeln. Durch diese Kraftkopplung kommt es zu einer Amplitudenmodulation eines die Empfängerstruktur anregenden Trägersignals. Aus dem Spektrum des amplitudenmodulierten Trägersignals lässt sich das eigentliche Anregungssignal z.B. durch eine geeignete Wahl der Resonanzfrequenz der Empfängerstruktur und der Frequenz des Trägersignals extrahieren.

Patentansprüche

1. Vibrationsmesssystem mit einer schwingfähigen Senderstruktur (S), die von einem Anregungssignal zu einer mechanischen
5 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
10 auf die Empfängerstruktur (E) ausübt.
2. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 1,
wobei das Vibrationsmesssystem zur frequenzselektiven Bestimmung mechanischer Schwingungen vorgesehen ist, deren Frequenzen insbesondere kleiner als 1 Kilohertz sind.
3. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die Trägerfrequenz (f_T) größer als die Anregungsfrequenz (f_A) ist.
20
4. Vibrationsmesssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei das Vibrationsmesssystem eine Vorrichtung zur Einstellung der Trägerfrequenz (f_T) aufweist.
25
5. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Empfängerstruktur eine Resonanzfrequenz (f_{RE}) aufweist, die im Wesentlichen einem Seitenband des amplitudenmodulierten Trägersignals entspricht.
30
6. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 5,
wobei die Resonanzfrequenz (f_{RE}) der Empfängerstruktur (E) einstellbar ist.
35
7. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

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,

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

15

10. Vibrationsmesssystem nach Anspruch 9,

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

20

11. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

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) einprägbare ist.

25

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.

30

35

13. Vibrationsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Vibrationsmesssystem eine Auswerteeinrichtung zur
Filterung und/oder Demodulation des amplitudenmodulierten
5 Trägersignals aufweist.

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

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

FIG 1

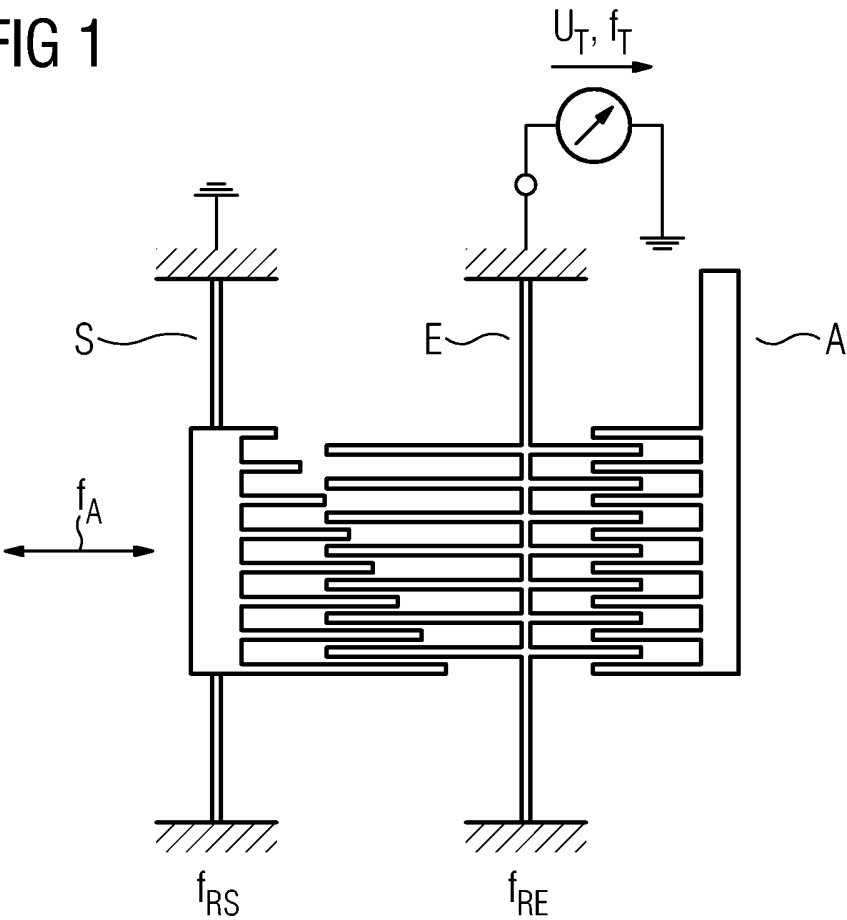


FIG 2

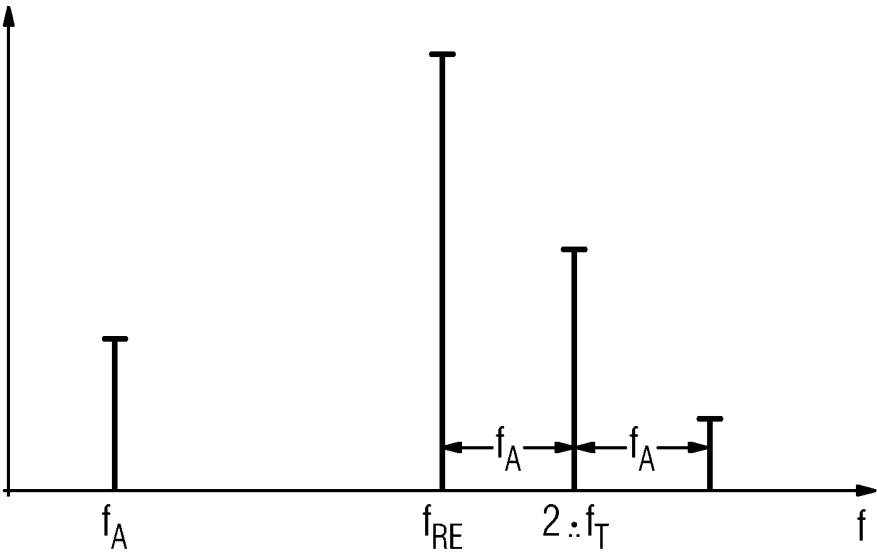
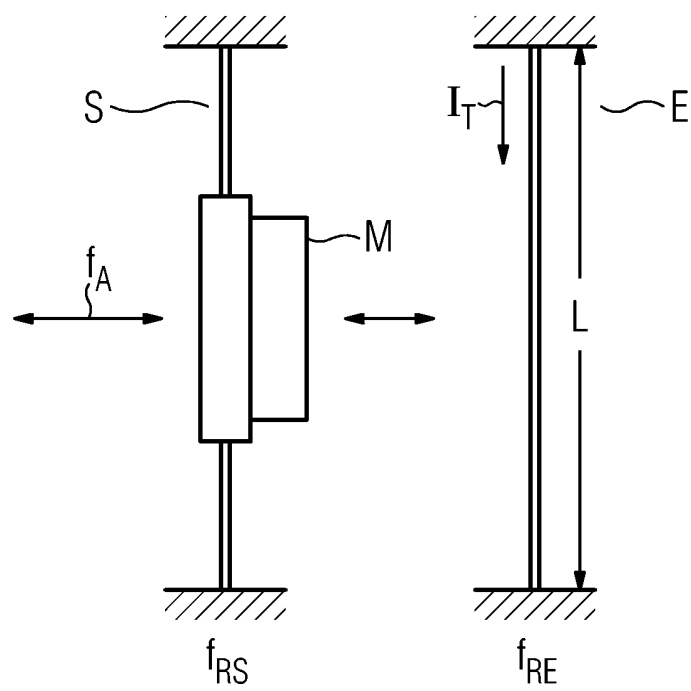


FIG 3



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.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 September 2006

Date of mailing of the international search report

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. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter 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.
NICHT EINGERECHT AM ANMELDEDATUM		

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☐ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

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

„E“ frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden 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)

„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 zu Grunde liegenden Prinzips oder der ihr zu Grunde liegenden Theorie angegeben ist

„X“ Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

„&“ Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Bevollmächtigter Bediensteter

Telefaxnr.

Telefonnr.