



(11) **EP 1 815 979 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.08.2007 Patentblatt 2007/32

(51) Int Cl.:
B41F 13/004^(2006.01) B41F 33/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07100795.9**

(22) Anmeldetag: **19.01.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Dr. Buck, Bernhard**
69126, Heidelberg (DE)
• **Dr. Knopf, Eric**
69123, Heidelberg (DE)
• **Dr. Nöll, Matthias**
64331, Weiterstadt (DE)
• **Dr. Seidler, Malte**
69123, Heidelberg (DE)
• **Strunk, Detlef**
69120, Heidelberg (DE)
• **Dr. Tessmann, Uwe**
68723, Schwetzingen (DE)

(30) Priorität: **01.02.2006 DE 102006004967**

(71) Anmelder: **Heidelberger Druckmaschinen AG**
69115 Heidelberg (DE)

(54) **Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen in einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine und Bedruckstoff verarbeitende Maschine**

(57) Es wird ein Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen in einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine (1) beschrieben, in welchem wenigstens ein Signal, welches eine Schwingung der Maschine oder eines Teils der Maschine enthält, gemessen wird und wenigstens ein Gegenmoment (13) zur Reduktion der Schwingung in die Maschine (1) eingebracht wird. Wenigstens ein Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments (13) wird mit einem Schwellwert (15) verglichen und das einzubringende Gegenmoment (13) wird in einem ersten funktionellen Zusammenhang mit

der Schwingung bestimmt, wenn das Maß größer als der Schwellwert (15) ist, und das einzubringende Gegenmoments (13) wird in einem zweiten funktionellen Zusammenhang mit der Schwingung, der vom ersten funktionellen Zusammenhang verschieden ist, bestimmt, wenn das Maß kleiner als der Schwellwert (15) ist. In einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine (1) ist eine Regelungseinrichtung in einer ersten Betriebsart betreibbar, wenn das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments (13) größer als der Schwellwert (15) ist, und in einer zweiten Betriebsart betreibbar, wenn das Maß kleiner als der Schwellwert (15) ist.

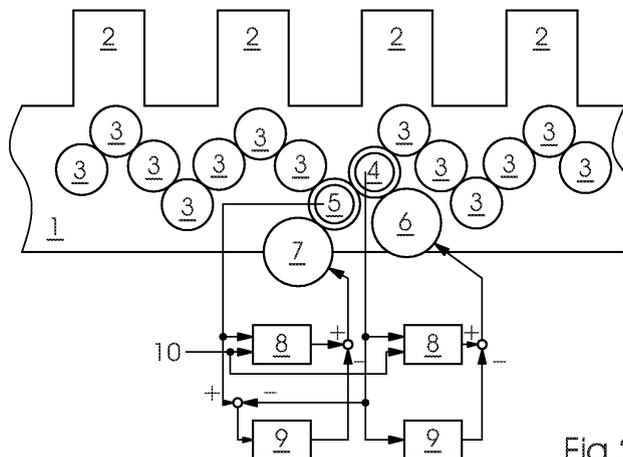


Fig.2

EP 1 815 979 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen in einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine, insbesondere in einer Druckmaschine, in welchem wenigstens ein Signal, welches eine Schwingung der Maschine oder eines Teils der Maschine enthält, gemessen wird und wenigstens ein Gegenmoment zur Reduktion der Schwingung in die Maschine eingebracht wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Bedruckstoff verarbeitende Maschine mit einer Regelungseinrichtung zur aktiven Kompensation von Schwingungen in der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine.

[0002] In Bedruckstoff verarbeitenden Maschinen (auch als Bedruckstoff bearbeitende Maschinen bezeichnet), insbesondere Druckmaschinen, sind auftretende Schwingungen, insbesondere nichtganzzahliger Ordnung in Bezug auf die Betriebsfrequenz der Maschine, unerwünscht und müssen, da sie Auswirkungen auf die Qualität der hergestellten Produkte haben, bekämpft werden. Unerwünschte Schwingungen werden häufig auf aktive Weise kompensiert, indem ein geeignetes Gegenmoment in die Bedruckstoff verarbeitenden Maschine eingebracht wird, um der gemessenen Schwingung entgegenzuwirken.

[0003] Aus dem Dokument DE 101 49 525 A1 beziehungsweise dem Dokument US 6,796,183 B2 sowie aus dem Dokument US 5,596,931 sind aktive Schwingungskompensationen für Bedruckstoff verarbeitende Maschinen bekannt, in welcher Amplituden und Phasen diskreter Schwingungen verschiedener Frequenz gemessen und in einem Regelkreis verarbeitet werden, um adäquate Gegenmomente für die Kompensation zu bestimmen. Aus dem Dokument DE 102 17 707 A1 beziehungsweise dem Dokument US 2003/0230205 A1 geht hervor, dass eine auf eine Antriebsregelung für eine Bedruckstoff verarbeitende Maschine eine aktive Schwingungskompensation aufgeschaltet werden kann, wobei die Berechnung der Kompensationsschwingung mittels eines Filters mit deren Frequenzparametern erfolgt.

[0004] Zur Kompensation von periodischen Störungen ist des Weiteren beispielsweise aus dem Dokument DE 197 40 153 A1 sowie aus dem Dokument DE 103 55 122 A1 bekannt, einen Beobachter oder einen periodischen Kompensationsregler in einem Antriebsregelkreis vorzusehen, um Eingangswerte für ein Stellglied beziehungsweise ein Sollmoment zu gewinnen.

[0005] In der Praxis bei Bedruckstoff verarbeitenden Maschinen, insbesondere Druckmaschinen, hat sich gezeigt, dass bei bestimmten Parametern, beispielsweise der Anregungsfrequenz für ein einzubringendes Gegenmoment, oder Parameterkombinationen bei bestimmten Kompensationszielen, beispielsweise der Reduktion einer Zylinderschwingung oder einer Schwingung einer Zylinderkombination, mit einer bestimmten Schwingungsfrequenz der Einsatz einer aktiven Schwingungskompensation zu einer unerwarteten Erhöhung oder Ver-

stärkung von Schwingungen an einigen Messstellen in der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine führt.

[0006] Insbesondere bei einer ungünstigen Lage der Stelle, an welcher das Gegenmoment in die Bedruckstoff verarbeitende Maschine, insbesondere in die Druckmaschine, eingebracht wird, in Bezug auf die Schwingungsform einer Störung mit bestimmter Frequenz, sowie in Bezug auf die Antriebspositionen (Motorpositionen) und/oder Messpositionen (Geberpositionen) kann zwar für ein überwacht Kompensationsziel die zu kompensierende Schwingung zu Null geregelt werden, an anderen Messstellen in der Maschine kann die Schwingungsamplitude durch die aktive Schwingungskompensation jedoch ansteigen. In einem ungünstigen Fall bedeutet dies, dass die aktive Schwingungskompensation die Verarbeitungsqualität, insbesondere die Druckqualität, verschlechtern kann. Auch durch eine geschickte Auswahl von möglichen Stellen zum Einbringen eines Gegenmoments, von Antriebspositionen und Messpositionen ist das Problem nicht vollständig vermeidbar. Häufig ist ohnehin eine freie Auswahl der Positionen und/oder der Anzahl von Antriebspositionen und Messpositionen nicht möglich, da viele Randbedingungen, beispielsweise eine obere Grenze für die mögliche Räderzugbelastung, einzuhalten sind.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, unerwünschte Schwingungsverstärkungen bei einer aktiven Schwingungskompensation einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine zu verringern oder sogar zu vermeiden.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen in einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen charakterisiert.

[0009] Im erfindungsgemäßen Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen (auch als aktive Schwingungsdämpfung, Schwingungsminderung oder Schwingungsreduktion bezeichnet) in einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine, insbesondere in einer Druckmaschine, wird wenigstens ein Signal, welches eine Schwingung der Maschine oder eines Teils der Maschine, insbesondere bei einer ersten Frequenz, enthält, gemessen (auch detektiert oder aufgenommen). Wenigstens ein Gegenmoment (auch als Kompensationsmoment bezeichnet) zur Reduktion der Schwingung, insbesondere bei der ersten Frequenz, wird in die Maschine eingebracht. Wenigstens ein Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments (auch als Übertragungsverhalten des Prozesses oder als Empfindlichkeit der Maschine oder als Response der Maschine bezeichnet) wird mit einem Schwellwert verglichen. Das Gegenmoment, insbesondere der Wert und/oder die Phase des einzubringenden Gegenmoments, wird in einem ersten funktionellen Zusammenhang mit der Schwingung, ins-

besondere deren Amplitude und Phase, bestimmt, wenn das Maß größer als der Schwellwert ist, und das einzubringende Gegenmoment wird in einem zweiten funktionellen Zusammenhang mit der Schwingung, der vom ersten funktionellen Zusammenhang verschieden ist, bestimmt, wenn das Maß kleiner als der Schwellwert ist. Anders ausgedrückt, über dem Schwellwert erfolgt die Kompensation mit einem einwirkenden Gegenmoment in einer ersten Betriebsart und unter dem Schwellwert in einer zweiten Betriebsart. Die Errechnung, Festlegung oder Feststellung des einwirkenden Gegenmoments erfolgt über der Schwelle auf eine erste Weise (nach einer ersten Regel) und unter der Schwelle auf eine zweite Weise (nach einer zweiten Regel).

[0010] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann in vorteilhafter Weise als Kompensationsziel insbesondere eine vollständige Schwingungskompensation, das heißt eine Kompensation bis unter ein gewünschtes minimales Limit, erreicht werden. Auf erfinderische Weise kann ungünstigen Parametern oder Parameterkombinationen durch eine Änderung der Parameter der aktiven Schwingungskompensation begegnet werden, so dass eine weniger starke, nur eine ausreichend kleine oder sogar keine unerwünschte Anregung resultiert. Es sind in vorteilhafter Weise ungünstige Konstellationen vermeidbar, bei denen Schwingungen der Maschine durch eine aktive Kompensation verstärkt werden. Es erfolgt nur ein möglichst geringer Eingriff in die Maschinendynamik. Für den hier angesprochenen Fachmann ist klar, dass das einzubringende und einwirkende Gegenmoment einen zeitlichen Verlauf, einen Signalverlauf, aufweist. Insbesondere kann es ein Frequenzspektrum um eine erste Frequenz oder Hauptfrequenz aufweisen. Der Wert oder Betrag des einzubringenden Gegenmoments kann insbesondere der maximale oder absolute Wert der Amplitude sein. Die Phasenlage des Gegenmoments kann insbesondere der Phasenlage der zu kompensierenden Schwingung entgegenwirken.

[0011] In vorteilhafter Weise ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreichbar, dass wenn bei Änderung eines Betriebsparameters der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine, beispielsweise der Maschinegeschwindigkeit, insbesondere der Druckmaschine, beispielsweise deren Druckgeschwindigkeit, von diesem Betriebsparameter abhängige Anregungsfrequenzen in einem Frequenzintervall liegen, in welchem das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments oberhalb des Schwellwertes liegt, der Wert des einzubringenden Gegenmoments im ersten funktionellen Zusammenhang mit der Stärke der Schwingung bestimmt wird, während ansonsten der Wert des Gegenmoments im zweiten funktionellen Zusammenhang bestimmt wird. Bei einer monotonen Änderung des Betriebsparameters der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine, beispielsweise einer monotonen Erhöhung der Druckgeschwindigkeit der Druckmaschine, kann ein sukzessives Wechseln oder

Umschalten zwischen den Einbringen des Gegenmoments gemäß dem ersten funktionellen Zusammenhang und dem Einbringen gemäß dem zweiten funktionellen Zusammenhang resultieren.

[0012] Das Kompensationsziel kann die Regelung einer Schwingung der gesamten Maschine oder einer Schwingung eines Teils der Maschine, insbesondere eines einzelnen Bauteils der Maschine, im Wesentlichen auf Null, bevorzugt genau auf Null, insbesondere im Rahmen von Toleranzgrenzen, sein. Die zu kompensierende Schwingung kann insbesondere eine Rotationsschwingung sein. Das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments kann die Stärke der Schwingung, der absolute Betrag der Amplitude der Schwingung oder die Amplitude der Übertragungsfunktion zwischen dem von einem Aktuator eingebrachten Gegenmoment und der zu kompensierenden Schwingung sein. Das Gegenmoment kann die erste Frequenz oder eine zweite Frequenz, die von der ersten verschieden ist, haben. Das Gegenmoment kann auf ein Antriebsmoment der Maschine, insbesondere des Hauptantriebs der Maschine, aufgeschaltet werden. Das Gegenmoment kann eine feste Frequenz aufweisen. Wenn das Maß gleich dem Schwellwert ist, kann je nach Ausführungsform im erfindungsgemäßen Verfahren festgelegt sein, dass das einzubringende Gegenmoment entweder im ersten funktionellen Zusammenhang mit der Schwingung oder im zweiten funktionellen Zusammenhang bestimmt wird.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur aktiven Kompensation von Schwingungen ist das einzubringende Gegenmoment im zweiten funktionellen Zusammenhang im wesentlichen Null oder nahe an Null, bevorzugt genau Null. Mit anderen Worten, unter dem Schwellwert, also nach einem festgelegten Kriterium, ist in dieser Ausführungsform die aktive Schwingungskompensation ausgeschaltet, während sie über dem Schwellwert eingeschaltet ist. Die aktive Schwingungskompensation arbeitet nur dann, wenn sie tatsächlich gebraucht wird.

[0014] Es ist des Weiteren vorteilhaft, wenn im erfindungsgemäßen Verfahren als Maß die Amplitude der Übertragungsfunktion (auch als Frequenzgang bezeichnet) zwischen dem Gegenmoment und der Schwingung dient und verglichen wird, ob die Übertragungsfunktion den Schwellwert an wenigstens einer Frequenz überschreitet, also die Übertragungsfunktion einen festgelegten oder ausgewählten Betrag überschreitet. Insbesondere kann die Überschreitung des Betrages durch die Übertragungsfunktion ein Kriterium für das Ein- und Ausschalten der aktiven Schwingungskompensation bilden. Mit anderen Worten, die aktive Kompensation kann nur dann eingeschaltet sein, wenn die Amplitude der Übertragungsfunktion bei der aktuellen Schwingungsfrequenz (der zu kompensierenden Schwingung) eine festgelegte Schwelle überschreitet. Das vorteilhafte Kriterium kann die Übertragungsfunktion zwischen Motormo-

ment und Kompensationsziel sein. Aus dieser Weise kann vorteilhaft vermieden oder verringert werden, dass eine unerwünschte Erhöhung oder Verstärkung von Schwingungen an einigen der Messstellen in der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine erfolgt, wenn der Wert der Übertragungsfunktion zwischen dem Gegenmoment, insbesondere dem Antriebsmoment, und dem Kompensationsziel klein ist.

[0015] Die aktive Schwingungskompensation kann in konkreten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens nur dann eingeschaltet werden, wenn die überwachte Schwingungsordnung der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine, insbesondere Druckmaschine, bei der aktuellen Betriebsgeschwindigkeit, insbesondere Druckgeschwindigkeit, in der Nähe einer Resonanzfrequenz liegt. Für die Bedruckstoff verarbeitende Maschine werden die Resonanzfrequenzen und die Schwellwerte für den erfindungsgemäßen Vergleich mit dem Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments in Funktion der Betriebsgeschwindigkeit bestimmt.

[0016] Des Weiteren oder alternativ dazu kann im erfindungsgemäßen Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen vorgesehen sein, dass zur Initialisierung die Übertragungsfunktion zwischen dem Gegenmoment und der Schwingung gemessen wird. Auf diese Weise kann mit geringem Programmier- oder Pflegeaufwand automatisiert in der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine der notwendige Schwellwert bestimmt werden, so dass die Bereiche für die erste Betriebsart und die zweite Betriebsart festgelegt werden.

[0017] In konkreten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens können die Stelle der Messung der Schwingung der Maschine oder eines Teils der Maschine bei der ersten Frequenz und die Stelle des Einbringens des Gegenmoments zur Reduktion der Schwingung nicht zusammenfallen. Mit anderen Worten, Messeinrichtungen, wie Sensoren, Drehgeber, Encoder oder dergleichen, können an Messstellen positioniert sein, während das Gegenmoment über einen Aktuator, beispielsweise einen Antrieb oder Motor, an einer anderen Stelle auf die Maschine übertragen wird.

[0018] Es ist besonders bevorzugt, wenn in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Bedruckstoff verarbeitende Maschine auf eine Betriebsfrequenz gesteuert oder geregelt angetrieben wird. Mit anderen Worten, das Verfahren zur Kompensation von Schwingungen beseitigt unerwünschte Störungen in einer Steuerung oder Regelung der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine, insbesondere in der Steuerung oder Regelung des Hauptantriebs der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren kann derart ausgeführt sein, dass die Amplitude und die Phase der Schwingung aus der Messung bestimmt werden. Insbesondere kann eine Ausführungsform des erfindungsge-

mäßen Verfahrens auch Merkmale oder Merkmalskombinationen der aktiven Schwingungskompensation aufweisen, die im Dokument DE 101 49 525 A1 beziehungsweise im Dokument US 6,796,183 B2 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden sind. Der Offenbarungsgehalt des Dokument DE 101 49 525 A1 beziehungsweise des Dokuments US 6,796,183 B2 wird durch explizite Bezugnahme in diese Offenbarung aufgenommen.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren kann des Weiteren oder alternativ dazu derart ausgeführt sein, dass das wenigstens eine Gegenmoment mittels eines Filters, der eine Transferfunktion mit einem Frequenzparameter, welcher der Frequenz der zu kompensierenden Schwingung entspricht, bestimmt wird. Insbesondere kann eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens auch Merkmale oder Merkmalskombinationen der aktiven Schwingungskompensation aufweisen, die im Dokument DE 102 17 707 A1 beziehungsweise im Dokument US 2003/0230205 A1 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden sind. Der Offenbarungsgehalt des Dokuments DE 102 17 707 A1 beziehungsweise des Dokuments US 2003/0230205 A1 wird durch explizite Bezugnahme in diese Offenbarung aufgenommen.

[0021] Im erfindungsgemäßen Verfahren kann die zu kompensierende Schwingung eine Schwingung einer Maschinenwelle oder einer Signalwertdifferenz von zwei oder von mehr als zwei Maschinenwellen oder einer Eigenmode der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine oder einer Eigenmode eines Teils der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine sein.

[0022] Des Weiteren oder alternativ dazu kann die Frequenz der Schwingung ein nichtganzzahliges Vielfaches einer Betriebsfrequenz der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine sein.

[0023] In konkreten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es besonders bevorzugt, wenn das Verfahren für eine Mehrzahl von Schwingungen unterschiedlicher Frequenz, insbesondere gleichzeitig, angewendet wird. Es können insbesondere mehrere Schwingungseigenformen der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine kompensiert werden.

[0024] Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren steht auch eine Bedruckstoff verarbeitende Maschine, insbesondere eine Druckmaschine, mit einer Regelungseinrichtung zur aktiven Kompensation von Schwingungen in der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine. Erfindungsgemäß ist die Regelungseinrichtung der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine zur Durchführung eines Verfahrens mit Merkmalen oder Merkmalskombinationen gemäß dieser Darstellung ausgeprägt und ist, wenn das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments für die Empfindlichkeit der Maschine größer als der Schwellwert ist, in einer ersten Betriebsart betreibbar und, wenn das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompen-

sation notwendigen Gegenmoments für die Empfindlichkeit der Maschine kleiner als der Schwellwert ist, in einer zweiten Betriebsart betreibbar.

[0025] Die erfindungsgemäße Bedruckstoff verarbeitende Maschine kann insbesondere eine Druckmaschine (beispielsweise eine Offsetdruckmaschine oder eine Mehrfarbendruckmaschine oder eine Verpackungsdruckmaschine oder eine Etikettendruckmaschine), ein Druckformbelichter (beispielsweise ein Außentrommelbelichter für Offsetdruckplatten) oder eine Druckweiterverarbeitungsmaschine (beispielsweise eine Stanzmaschine oder eine Falzmaschine oder ein Sammelhefter) sein.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren gelangt besonders bevorzugt in Druckmaschinen mit einer hohen Anzahl von Druckwerken, das heißt mit acht oder mehr Druckwerken, insbesondere Offsetdruckwerken, zum Einsatz.

[0027] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Figuren sowie deren Beschreibungen dargestellt. Es zeigt im Einzelnen:

Figur 1 ein Schema einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bedruckstoff verarbeitenden Maschine mit einer Regelungseinrichtung ausgeprägt zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 2 ein Schema einer alternativen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bedruckstoff verarbeitenden Maschine mit einer Regelungseinrichtung ausgeprägt zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Figur 3 eine graphische Darstellung der Bedeutung des erfindungsgemäßen Schwellwerts für das Ein- und Ausschalten der aktiven Schwingungskompensation in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0028] Bevor auf Merkmale und Details vorteilhafter Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Bedruckstoff verarbeitenden Maschinen mit Bezug auf die Darstellung in den Figuren 1 und 2 eingegangen wird, sei an dieser Stelle zunächst die Abfolge der Bereitstellung und Durchführung eine bevorzugten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

[0029] Für die aktive Kompensation einer Schwingung werden Sensoren zum Messen der Schwingungsamplitude und ein Motor zum Aufbringen des Kompensationsmoments oder Gegenmoments benötigt. Zum Aufbringen der Kompensationsmomente kann der ohnehin vorhandene Hauptantrieb der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine benutzt werden. Es hat sich herausgestellt, dass es sinnvoll ist, zwei Drehgeber als Sensoren zu

verwenden, wobei sich einer der Drehgeber eher am Maschinenanfang und der andere eher am Maschinenende befindet. Dabei kann der ohnehin vorhandene Maschinentacho als ein Geber oder Sensor zum Einsatz gelangen, so dass nur ein zusätzlicher Geber benötigt wird.

[0030] Mit Simulationsrechnungen lassen sich Motorpositionen finden, die für eine aktive Schwingungskompensation besonders vorteilhaft sind. Allerdings gibt es verschiedene Restriktionen, da für die Position des Hauptantriebs und des Maschinentachos weitere Kriterien zu beachten sind, so dass meist nicht die für die aktive Schwingungskompensation günstigste Konfiguration realisierbar ist. Beispielsweise darf der Motor zum Aufbringen der Kompensationsmomente nicht in einem Schwingungsknoten liegen. Der Schwingungsknoten befindet sich häufig etwa in der Maschinenmitte. Gleichzeitig wird die Antriebsposition bei Druckmaschinen derart gewählt, dass die Räderzugbelastung und der statische Druckversatz möglichst gering sind. Für eine konkrete Maschinenauslegung oder ein konkretes Maschinenmodell werden die Motorpositionen daher als ein Kompromiss aus den Anforderungen für die aktive Schwingungskompensation und den sonstigen Restriktionen festgelegt.

[0031] Das Kompensationsziel ist das Schwingungsmaß, das die aktive Schwingungskompensation durch Einleitung von Gegenmomenten auf Null bringt. Ein mögliches Kompensationsziel für eine Druckmaschine ist zum Beispiel die Abweichung der Drehgeschwindigkeit des ersten Druckzylinders von einer Sollgeschwindigkeit. Bei eingeschalteter Schwingungskompensation wäre dieses Schwingungsmaß für die bekämpfte Ordnung nahezu Null. Die zugrunde liegende Theorie besagt, dass mit einem einzigen Motor nur ein Kompensationsziel erreicht werden kann. Es hat sich herausgestellt, dass ein besonders vorteilhaftes Kompensationsziel der Differenzweg zwischen oder die Differenz der Amplituden an den beiden oben angesprochenen Messstellen ist. Das heißt, die aktive Schwingungskompensation leitet Gegenmomente derart ein, dass der Differenzweg zwischen oder die Differenz der Amplituden an den beiden Messstellen gegen Null geht.

[0032] Für die bevorzugte Ausführung der erfindungsgemäßen aktiven Schwingungskompensation in einer einzelnen Maschine wird die Übertragungsfunktion (auch als Frequenzgang bezeichnet) zwischen Motormoment und Kompensationsziel in einem einmaligen Initialisierungslauf gemessen. Die Übertragungsfunktion steht daher nach dieser Messung in der Maschinensoftware zur Verfügung.

[0033] Während des Betriebes der Maschine, insbesondere Druckbetriebes, überwacht die aktive Schwingungskompensation bestimmte Frequenzanteile oder Ordnungsanteile des als Kompensationsziel definierten Schwingungssignals. Ein Algorithmus berechnet das Gegenmoment derart, dass das Kompensationsziel zu Null geht. Derartige Algorithmen, die besonders vorteilhaft sind, sind beispielsweise im Dokument DE 101 49

525 A1 beziehungsweise im Dokument US 6,796,183 B2 sowie im Dokument DE 102 17 707 A1 beziehungsweise im Dokument US 2003/0230205 A1 dem Fachmann zugänglich. Bei ungünstigen Konstellationen aus Angriffsstelle und Frequenz der Störung, sowie Motorpositionen und Sensorpositionen wird zwar das überwachte Kompensationsziel zu Null geregelt, an anderen Messstellen in der Maschine steigen die Schwingungsamplituden durch die aktive Schwingungskompensation jedoch an. Erfindungsgemäß ist deshalb in diesen Ausführungsformen vorgesehen, die aktive Schwingungskompensation gezielt einzuschalten und auszuschalten.

[0034] Das Einschalten und Ausschalten kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Es hat sich gezeigt, dass ein besonders vorteilhaftes Kriterium über die gemessene Übertragungsfunktion zwischen Motormoment und Kompensationsziel formuliert werden kann. Die aktive Kompensation wird demnach nur dann eingeschaltet, wenn die Amplitude der Übertragungsfunktion bei der aktuellen Schwingungsfrequenz eine festgesetzte Schwelle, beispielsweise 10 %, 30 % oder 50 % ihres Maximalwertes, überschreitet.

[0035] Die Figur 1 zeigt schematisch einen Ausschnitt einer Ausführungsform einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine 1, insbesondere eine Druckmaschine mit mehreren Druckwerken 2 und Zylindern 3, mit einer Regelungseinrichtung und einer erfindungsgemäßen aktiven Schwingungskompensation für einen Zylinder. Die Bedruckstoff verarbeitende Maschine 1 dieser Ausführungsform kann entweder einen durchgehenden Räderzug oder einen unterbrochenen Räderzug aufweisen. Der Einsatz einer erfindungsgemäßen Kompensationseinrichtung 9 und der Einsatz einer erfindungsgemäßen Regelungseinrichtung mit Regelement 8 und Kompensationseinrichtung 9 ist nicht auf die Verringerung von Schwingungen an Übergabepunkten zwischen bogenführenden Zylindern begrenzt, sondern kann im allgemeinen zu einer verbesserten Regelung beziehungsweise Kompensation von Schwingungen von Zylindern, beispielsweise Druckformzylinder, Übertragungs- oder Gummituchzylinder oder Gegendruckzylinder, sowie Walzen und Rollen in Farb- und/oder Feuchtwerken genutzt werden. In der Figur 1 ist ein Beispiel einer Regelung mit paralleler Kompensation für einen ersten Zylinder 4 gezeigt: Mittels eines Winkellagegebers wird ein repräsentatives Signal für den Verlauf der Winkelgröße (zeitlicher Verlauf des Wertes der Winkelgröße) erzeugt und dem Regelement 8 gemeinsam mit einem Winkelgrößenollwert 10 zugeführt. Das Regelement 8 kann ein einfacher Differenzregler oder auch ein Regler, welcher komplizierte Transformationen (Integrationen, Differentiationen und dergleichen) umfasst, sein. Das für den Verlauf der Winkelgröße repräsentative Signal wird parallel auch dem Kompensationselement 9 zugeführt. Dessen Ausgangssignal wird dem Ausgangssignal des Regelements 8 am Subtraktionspunkt nach dem Regelement 8 überlagert. Das überlagerte Signal wird dem ersten Aktuator 6 zugeführt. Da die zu kompensie-

rende Frequenz beziehungsweise die zu kompensierenden Frequenzen des Kompensationselementes 9 einstellbar sind, können neben Schwingungen nichtganzzahliger Ordnung im Vergleich zur Maschinenfrequenz auch Schwingungen ganzzahliger Ordnung kompensiert werden. Erfindungsgemäß ist nunmehr das Kompensationselement 9 der Regelungseinrichtung derart ausgeführt, dass es in Abhängigkeit des Ergebnisses des Vergleichs des Maßes für die Empfindlichkeit der Maschine mit dem Schwellwert eingeschaltet oder ausgeschaltet ist oder wird.

[0036] Die Figur 2 ist ein schematischer Ausschnitt einer alternativen Ausführungsform einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine 1, insbesondere eine Druckmaschine, welche mehrere Druckwerke 2 und Zylinder 3 umfasst, mit getrenntem Räderzug, zwei Regelungseinrichtungen und zwei erfindungsgemäßen Schwingungskompensationen. In dieser Ausführungsform zur Kompensation von Schwingungen an einer Übergabestelle zwischen zwei bogenführenden Zylindern erfolgt einerseits eine separate Kompensation für den ersten Zylinder 4 und für den zweiten Zylinder 5, andererseits wird aber auch eine relative Kompensation für die Winkeldifferenz, hier beispielhaft für den zweiten Zylinder 5 gezeigt, durchgeführt. Diese Ausführungsform verbindet in vorteilhafter Weise eine absolute Verringerung der Schwingungen mit der relativen Verringerung der Schwingungen (relevante Winkelgröße für die Bogenübergabe). Dem ersten Zylinder 4 ist ein Regelement 8 zugeordnet, dem ein repräsentatives Signal für die Winkelgröße des ersten Zylinders 4 (Wert der Winkelgröße) und ein Winkelgrößenollwert 10 zugeführt werden. Parallel zum Regelement 8 ist ein Kompensationselement 9 vorgesehen, dessen Ausgangssignal dem Ausgangssignal des Regelements 8 am Subtraktionspunkt nach dem Regelement 8 überlagert wird. Das überlagerte Signal wird dem ersten Aktuator 6 zugeführt. Dem zweiten Zylinder 5 ist auch ein Regelement 8 zugeordnet, dem ein repräsentatives Signal für die Winkelgröße des zweiten Zylinders 5 (Wert der Winkelgröße) und ein Winkelgrößenollwert 10 zugeführt werden. Der Differenzwinkel zwischen Zylinder 4 und Zylinder 5 oder eine davon linear abhängige Größe, ein Maß für den Differenzwinkel, wird dem Kompensationselement 9 an einem Subtraktionspunkt zugeführt. Das Ausgangssignal des Kompensationselements 9 wird dem Ausgangssignal des Regelements 8 an einem Subtraktionspunkt nach dem Regelement 8 des zweiten Zylinders 5 überlagert. Das überlagerte Signal wird dem zweiten Aktuator 7 zugeführt. Erfindungsgemäß sind nunmehr die Kompensationselemente 9 der Regelungseinrichtung derart ausgeführt, dass sie in Abhängigkeit des Ergebnisses des Vergleichs des Maßes für die Empfindlichkeit der Maschine mit dem Schwellwert eingeschaltet oder ausgeschaltet sind oder werden.

[0037] In der Figur 3 ist schematisch die Bedeutung des erfindungsgemäßen Schwellwerts für das Ein- und Ausschalten der aktiven Schwingungskompensation in

einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt.

[0038] Im Teilbild A der Figur 3 sind in anwendbarer Einheiten (applicable units, a.u.) Schwingungsamplituden als Funktion der Frequenz aufgetragen. Zum einen sind Schwingungsamplituden 11 gezeigt, welche ohne Kompensation, das heißt, bei ausgeschalteter aktiver Schwingungskompensation, bei einer bestimmten Frequenz, die insbesondere bei einem bestimmten Wert eines Betriebsparameters, wie beispielsweise der Druckgeschwindigkeit, gemessen werden. Diese weisen bei einer bestimmten ersten Frequenz ein Maximum auf, Zum anderen sind Schwingungsamplituden 12 gezeigt, welche mit Kompensation, das heißt, bei eingeschalteter aktiver Schwingungskompensation, gemessen werden. Es ist deutlich erkennbar, dass diese Schwingungsamplituden nunmehr ein Maximum bei einer bestimmten zweiten Frequenz, die höher als die erste ist, aufweisen. Gleichzeitig sind die Schwingungsamplituden 12 bei der ersten Frequenz signifikant reduziert im Vergleich zu den Schwingungsamplituden 11. Während also einerseits das Kompensationsziel erfüllt werden kann, schwingt andererseits die Bedruckstoff verarbeitende Maschine mit einer anderen Frequenz, allerdings mit geringerer Amplitude, insbesondere wenn die Bedruckstoff verarbeitende Maschine bei einem anderen Wert der Druckgeschwindigkeit betrieben wird.

[0039] Im Teilbild B der Figur 3 ist der Betrag der Amplitude des benötigten Gegenmoments 13 oder Kompensationsmoments in anwendbarer Einheiten (applicable units, a.u.) in Funktion der Frequenz aufgetragen. Es ist erkennbar, dass das erforderliche Gegenmoment 13 im Bereich der zweiten Frequenz besonders groß ist, so dass eine Anregung der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine stattfinden kann.

[0040] Im Teilbild C der Figur 3 ist in anwendbarer Einheiten (applicable units, a.u.) die Übertragungsfunktion 14 oder der Frequenzgang vom Kompensationsmoment auf die Kompensationsgröße, das Kompensationsziel gezeigt. Es ist ein Schwellwert 15 festgelegt.

[0041] Nun wenn die Amplitude der Übertragungsfunktion 14 diesen Schwellwert 15, insbesondere an wenigstens einer Frequenz übersteigt, wird in dieser Ausführungsform die aktive Schwingungskompensation eingeschaltet. Die Überschreitung findet in einem Kompensationsfenster 16, in einem Frequenzintervall statt, welches, wie aus dem Teilbild A ersichtlich ist, die an der ersten Frequenz auftretenden Maxima einschließt.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0042]

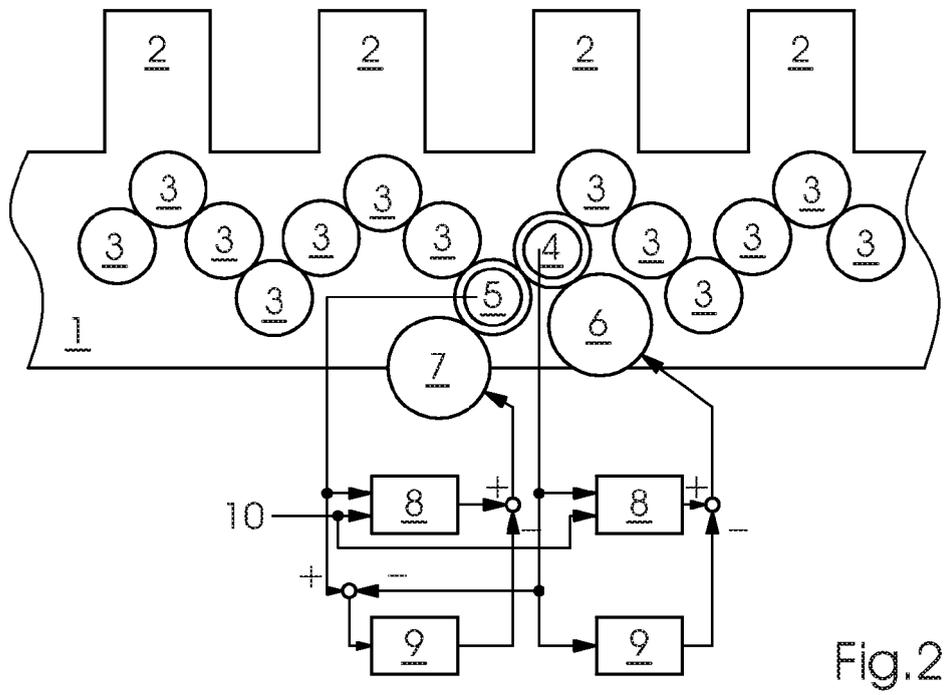
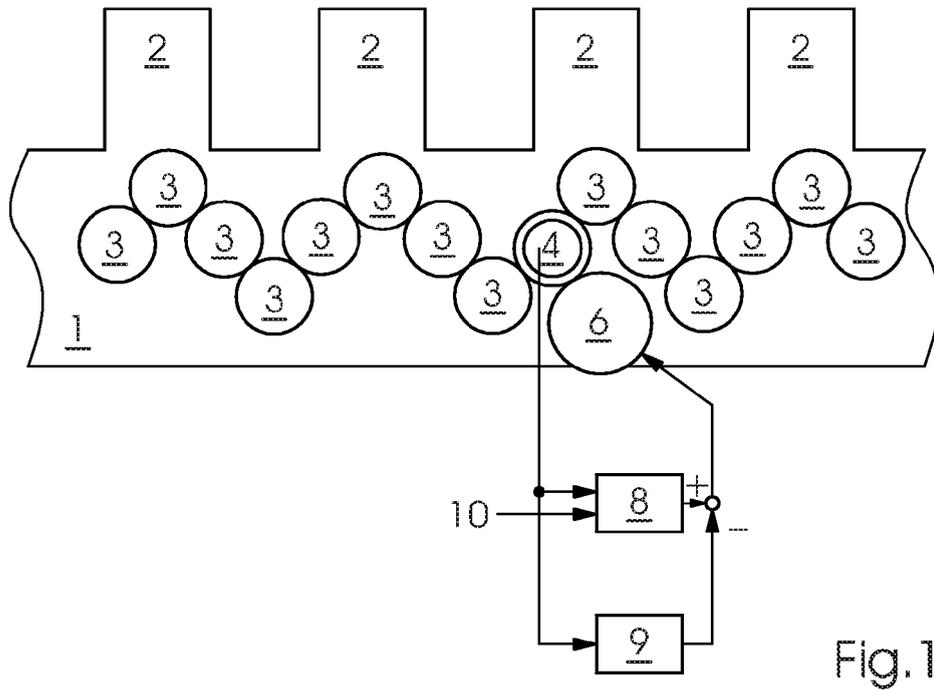
- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 | Bedruckstoff verarbeitende Maschine |
| 2 | Druckwerk |
| 3 | Zylinder |
| 4 | erster Zylinder |
| 5 | zweiter Zylinder |

- | | |
|-------|---|
| 6 | erster Aktuator zur Regelung des ersten Zylinders |
| 7 | zweiter Aktuator zur Regelung des zweiten Zylinders |
| 8 | Regelungselement |
| 5 9 | Kompensationseinrichtung |
| 10 | Winkelgrößensollwert |
| 11 | Schwingungsamplitude ohne Kompensation |
| 12 | Schwingungsamplitude mit Kompensation |
| 13 | Gegenmoment |
| 10 14 | Übertragungsfunktion |
| 15 | Schwellwert |
| 16 | Kompensationsfenster |

15 Patentansprüche

1. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen in einer Bedruckstoff verarbeitenden Maschine (1), in welchem wenigstens ein Signal, welches eine Schwingung der Maschine oder eines Teils der Maschine enthält, gemessen wird und wenigstens ein Gegenmoment (13) zur Reduktion der Schwingung in die Maschine (1) eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** wenigstens ein Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompensierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments (13) mit einem Schwellwert (15) verglichen wird und das einzubringende Gegenmoment (13) in einem ersten funktionellen Zusammenhang mit der Schwingung bestimmt wird, wenn das Maß größer als der Schwellwert (15) ist, und das einzubringende Gegenmoment (13) in einem zweiten funktionellen Zusammenhang mit der Schwingung, der vom ersten funktionellen Zusammenhang verschieden ist, bestimmt wird, wenn das Maß kleiner als der Schwellwert (15) ist.
2. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Wert des einzubringenden Gegenmoment (13) im zweiten funktionellen Zusammenhang im wesentlichen Null ist.
3. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Gegenmoment (13) auf ein Antriebsmoment der Maschine aufgeschaltet wird.
4. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** als Maß die Amplitude der Übertragungsfunktion (14) zwischen dem Gegenmoment (13) und der Schwingung dient und verglichen wird, ob die Über-

- tragungsfunktion (14) den Schwellwert (15) an wenigstens einer Frequenz überschreitet.
5. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** zur Initialisierung die Übertragungsfunktion (14) zwischen dem Gegenmoment (13) und der Schwingung gemessen wird. 5
6. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Stelle der Messung der Schwingung der Maschine oder eines Teils der Maschine bei der ersten Frequenz und die Stelle des Einbringens des Gegenmoments (13) zur Reduktion der Schwingung nicht zusammenfallen. 10
7. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Bedruckstoff verarbeitende Maschine (1) auf eine Betriebsfrequenz gesteuert oder geregelt angetrieben wird. 15
8. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Amplitude und die Phase der Schwingung aus der Messung bestimmt werden. 20
9. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gegenmoment mittels eines Filters, der eine Transferfunktion mit einem Frequenzparameter, welcher der Frequenz der zu kompensierenden Schwingung entspricht, bestimmt wird. 25
10. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Schwingung eine Schwingung einer Maschinenwelle oder einer Signalwertdifferenz von zwei oder von mehr als zwei Maschinenwellen oder einer Eigenmode der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine (1) oder einer Eigenmode eines Teils der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine (1) ist. 30
11. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Frequenz der Schwingung ein nichtganzzahliges Vielfaches einer Betriebsfrequenz der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine ist. 35
12. Verfahren zur aktiven Kompensation von Schwingungen gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gegenmoment mittels eines Filters, der eine Transferfunktion mit einem Frequenzparameter, welcher der Frequenz der zu kompensierenden Schwingung entspricht, bestimmt wird. 40
13. Bedruckstoff verarbeitende Maschine (1) mit einer Regelungseinrichtung zur aktiven Kompensation von Schwingungen in der Bedruckstoff verarbeitenden Maschine (1), **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Regelungseinrichtung ausgeprägt zur Durchführung eines Verfahren gemäß eines der vorstehenden Ansprüche ist und, wenn das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompen- 45
sierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments (13) größer als der Schwellwert (15) ist, in einer ersten Betriebsart betreibbar und, wenn das Maß für das Verhältnis zwischen der Amplitude der unkompen- 50
sierten Schwingung und der Amplitude des zur vollständigen Kompensation notwendigen Gegenmoments (13) kleiner als der Schwellwert (15) ist, in einer zweiten Betriebsart betreibbar ist.
14. Bedruckstoff verarbeitende Maschine (1) gemäß Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Maschine eine Druckmaschine, ein Druckformbelichter oder eine Druckweiterverarbeitungs- 55
maschine ist.



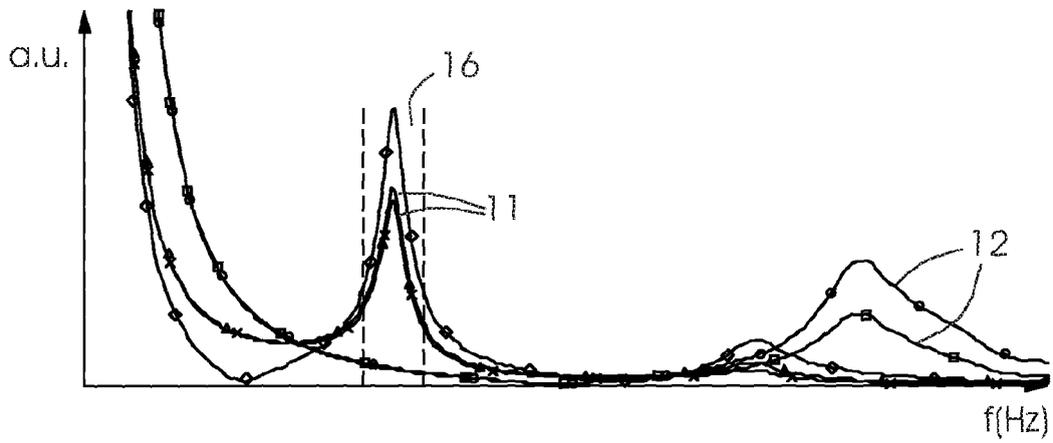


Fig.3a



Fig.3b

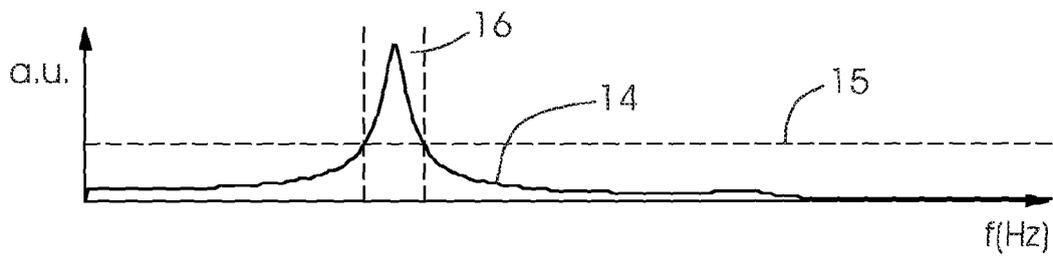


Fig.3c

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10149525 A1 [0003] [0019] [0019] [0033]
- US 6796183 B2 [0003] [0019] [0019] [0033]
- US 5596931 A [0003]
- DE 10217707 A1 [0003] [0020] [0020] [0033]
- US 20030230205 A1 [0003] [0020] [0020] [0033]
- DE 19740153 A1 [0004]
- DE 10355122 A1 [0004]