



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 1 837 178 B1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.05.2012 Patentblatt 2012/21**

(51) Int Cl.:  
**G05D 19/00 (2006.01)**      **B41F 13/00 (2006.01)**  
**F16F 15/10 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07103368.2**

(22) Anmeldetag: **02.03.2007**

### **(54) Verfahren zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine**

Method for vibration compensation in a printing press

Procédé de compensation d'une vibration dans une imprimante

(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 MT NL PL PT RO SE  
SI SK TR**

(30) Priorität: **24.03.2006 DE 102006013752**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.09.2007 Patentblatt 2007/39**

(73) Patentinhaber: **Heidelberger Druckmaschinen  
Aktiengesellschaft  
69115 Heidelberg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Dr. Buck, Bernhard  
69126 Heidelberg (DE)**

- **Dr. Knopf, Eric  
69123 Heidelberg (DE)**
- **Dr. Nöll, Matthias  
64331 Weiterstadt (DE)**
- **Dr. Schreiber, Stefan  
68535 Eddingen-Neckarhausen (DE)**
- **Dr. Seidler, Malte  
69123 Heidelberg (DE)**
- **Strunk, Detlef  
69120 Heidelberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 355 211 DE-A1- 4 412 945**  
**DE-A1- 10 149 525 DE-A1- 10 338 976**  
**DE-A1- 19 914 627**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation einer Schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, in einer Druckmaschine, wobei wenigstens ein Gegenmoment zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine eingebracht wird.

**[0002]** An Druckmaschinen können störende Schwingungen auftreten, welche einen negativen Einfluss auf die Druckqualität haben. Gerade für Bogendruckmaschinen mit einer langen Druckwerksgruppe, das heißt einer großen Anzahl von in Reihe angeordneten Druckwerken, typischerweise acht, zehn oder zwölf Druckwerken, ist eine besonders hohe Präzision erforderlich, um beispielsweise Lagefehler bei der Übergabe von Bedruckstoffbogen von einem ersten Bogen führenden Element zu einem zweiten Bogen führenden Element (Übergabefehler, Passerfehler) zu vermeiden. Schon geringe Schwingungsamplituden können bei derart empfindlichen mechanischen Systemen bereits eine inakzeptable Auswirkung haben.

**[0003]** Grundsätzlich kann bereits durch einige konstruktive Maßnahmen Einfluss auf die dynamischen Eigenschaften der Druckmaschine, insbesondere Bogen-druckmaschine, genommen werden, damit Resonanzen weit entfernt von den anregenden Frequenzen der störenden Schwingungen liegen. Auch kann versucht werden, durch konstruktive Maßnahmen die möglichen Störungsquellen zu verkleinern oder zu eliminieren oder die Kopplungskonstanten an Resonanzen zu verkleinern. Beispielsweise können Resonanzfrequenzverschiebungen durch Fertigungsänderungen, Anregungsreduzierungen durch gezielte Auswahl von konkreten Bauteilen oder Kopplungsverkleinerungen durch geschicktes Antriebsversetzen erreicht werden. Schließlich kann auch der Versuch unternommen werden, einzelne Störungsquellen in geeigneter Phase zu koppeln, so dass die Überlagerung der einzelnen Anregungen zu einer Schwingung möglichst minimal ist. Festzustellen ist jedoch, dass im Allgemeinen der sich mit mechanischen Mitteln eröffnende Spielraum zu gering ist, als dass Störungen unter eine akzeptable Schwelle verringert werden können.

**[0004]** Aus dem Dokument DE 199 14 627 A1 beziehungsweise dem Dokument US 6,401,620 B1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine durch Einbringung von Gegenmomenten bekannt. Es wird mindestens eine Eigenform der Druckmaschine bestimmt und an einem Ort des Antriebsstrangs der Druckmaschine, an welchem die Eigenform nicht Null ist, das jeweilige Gegenmoment für die Kompensation der gesamten Schwingung ermittelt und hinterlegt. Beim Betrieb der Druckmaschine wird das vorbestimmte Gegenmoment an besagtem Ort aufgebracht, so dass die Schwingung maximal reduziert wird. In einer bevorzugten Ausführungsform

wird das Gegenmoment mittels eines Kurvengetriebes erzeugt. Das Gegenmoment kann in Abhängigkeit der Maschinendrehzahl oder Maschinenfrequenz erzeugt werden.

- 5 **[0005]** Aus dem Dokument DE 101 49 525 A1 beziehungsweise dem Dokument US 2002/0158180 A1 sind ein weiteres Verfahren und eine weitere Vorrichtung zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine durch Einbringung von Gegenmomenten bekannt.
- 10 Wenigstens ein, bevorzugt alle Frequenzanteile des Frequenzspektrums der Schwingung werden direkt oder indirekt gemessen und jedem dieser Frequenzanteile wird unabhängig von den anderen Frequenzanteilen ein entsprechendes Gegenmoment, insbesondere ein im We-
- 15 sentlichen harmonisches Moment, gleicher Frequenz mit bestimmter Amplitude und Phase derart von einem direkt oder indirekt auf eine Maschinenwelle einwirkenden Aktuator überlagert, dass die Amplitude der Schwingung bei dieser Frequenz reduziert wird. In einer bevorzugten
- 20 Ausführungsform wird diese technische Lehre zur Kompensation von Schwingungen nicht ganzzahliger Ordnung in Bezug auf die Maschinenfrequenz eingesetzt.
- 25 **[0006]** Die DE 44 12 945 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Dämpfung von mechanischen Schwingungen von Druckmaschinen. Ein den drehenden Teilen der Druckmaschine zugeordnetes Betätigungsglied wird von Schwingungsaufnehmern derart angesteuert, dass die Stellkräfte des Betätigungsliedes die Schwingung dämpfen. Eine Regelungseinrichtung steuert dabei das Betätigungslied derart an, dass nur nichtperiodisch mit den Umdrehungen der drehenden Teile auftretende, also asynchrone Schwingungen gedämpft werden. Sychrone Schwingungen können in einem Probelauf oder mittels Berechnung ermittelt werden.
- 30 Asynchrone Schwingungen können durch geschickt platzierte Schwingungsaufnehmer erfasst werden.
- 35 **[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine durch Einbringung eines oder mehrerer Gegenmomente zu schaffen, in welchem die Schwingung mit einer Mehrzahl von Aktuatoren mit geringem Aufwand bekämpft werden kann.
- 40 **[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst.
- 45 **[0009]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen charakterisiert.
- 50 **[0010]** Im erfindungsgemäßen Verfahren zur Kompensation einer Schwingung, insbesondere einer Dreh-
- 55 schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, in einer Druckmaschine, insbesondere einer Bogendruckmaschine, wird wenigstens ein Gegenmoment zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine, insbesondere die Bogen-druckmaschine, eingebracht. Eine erste Gruppe von einem oder mehreren Frequenzanteilen wird durch Ein-

bringung eines oder mehrerer vorherbestimmter Gegenmomente kompensiert, und eine zweite Gruppe von einem oder mehreren Frequenzanteilen wird durch Einbringung eines oder mehrerer in Abhängigkeit einer während des Betriebes der Druckmaschine erfolgenden Messung wenigstens eines Signals, also eines Signals oder mehrerer Signale, welches oder welche wenigstens den einen oder die mehreren Frequenzanteile enthält oder enthalten, bestimmten Gegenmomente kompensiert, insbesondere bevorzugt vollständig oder genau kompensiert.

**[0011]** Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, eine Schwingung, insbesondere eine Drehschwingung, in einer Druckmaschine mit einer Methode zu kompensieren, bei der die einzelnen Frequenzkomponenten der Schwingung in mehrere, bevorzugt zwei Gruppen oder Klassen unterteilt werden. Das Frequenzspektrum einer Druckmaschine ohne einwirkende Kompensationsverfahren wird betrachtet, und es erfolgt eine Einordnung oder Aufteilung der festgestellten Frequenzanteile. Für jede dieser Klassen wird eine für den Zweck der möglichst vollständigen Kompensation optimal angepasste Kompensationsmethode gewählt, so dass die auftretende Gesamtschwingungsamplitude minimiert wird. Die Schwingung wird in vorteilhafter Weise mit möglichst geringem Aufwand bekämpft. Ein Gegenmoment hat idealerweise eine derart betragsmäßig angepasste Amplitude und eine Gegenphase in Bezug auf die zu kompensierende Schwingung, dass die überlagerte Amplitude möglichst gering ist, bevorzugt verschwindet (zu Null wird).

**[0012]** Die Schwingung kann dabei eine Schwingung der gesamten Druckmaschine oder eines Maschinenteils, beispielsweise einer Welle eines Zylinders, sein. Die Welle kann eine direkt oder indirekt angetriebene Welle sein. Die Schwingung kann sich beispielsweise auf die Position, die Geschwindigkeit oder die Beschleunigung beziehen. Die Schwingung kann beispielsweise auch eine Schwingung einer so genannten virtuellen Maschinewelle sein, das heißt eine Schwingung einer Relativposition, einer Relativgeschwindigkeit oder einer Relativbeschleunigung zwischen zwei Maschinenteilen sein.

**[0013]** Der Verlauf der vorbestimmten Gegenmomente für die erste Gruppe kann hardwaremäßig oder in einer Steuerungseinheit der Druckmaschine softwaremäßig hinterlegt und für die Kompensation verfügbar sein. Das gemessene Signal kann das Signal wenigstens eines Maschinendrehgebers, beispielsweise eines Gebers für die Maschinendrehzahl, sein.

**[0014]** Das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente zur Kompensation der ersten Gruppe von einem oder mehreren Frequenzanteilen können gemäß der technischen Lehre des Dokuments DE 199 14 627 A1 oder des Dokuments US 6,401,620 B1, erfindungsgemäß übertragen angewendet nur in Bezug auf die erste Gruppe, also nur eines Teiles oder einer Untergruppe des Frequenzgehaltes der Schwingung, nicht et-

wa der gesamten Schwingung, erfolgen.

**[0015]** Das eine oder die mehreren in Abhängigkeit einer während des Betriebes der Druckmaschine erfolgenden Messung eines Signals, welches wenigstens den einen oder die mehreren Frequenzanteile enthält, bestimmten Gegenmomente zur Kompensation der zweiten Gruppe von einem oder mehreren Frequenzanteilen können gemäß der technischen Lehre des Dokuments DE 101 49 525 A1 oder des Dokuments US 2002/0158180 A1 erfindungsgemäß übertragen angewendet nur in Bezug auf die zweite Gruppe, also nur eines anderen Teiles oder einer anderen Untergruppe des Frequenzgehaltes der Schwingung, nicht etwa der gesamten Schwingung, erfolgen.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält die zweite Gruppe nur einen oder mehrere Frequenzanteile, die nicht in der ersten Gruppe enthalten sind. Des Weiteren oder alternativ dazu können in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Frequenzanteile der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe zusammen den wesentlichen Teil oder genau das Frequenzspektrum ergeben. Unter dem wesentlichen Teil ist der für die Bekämpfung der Schwingung bis unter einer Akzeptanzschwelle nicht zu vernachlässigbare Anteil des Frequenzspektrums zu verstehen.

**[0017]** In einer vorteilhaften Ausprägung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Kompensation einer Schwingung können der oder die Frequenzanteile der ersten Gruppe ganzzahlige Vielfache (im Allgemeinen einschließlich 1, bevorzugt größer als 1) der Maschinenfrequenz und der oder die Frequenzanteile der zweiten Gruppe nicht ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz sein. Die Maschinenfrequenz oder Antriebsfrequenz, insbesondere Hauptantriebsfrequenz, bezieht sich insbesondere auf die Drehzahl, Taktung oder Exemplargeschwindigkeit.

**[0018]** Bevorzugt sind im erfindungsgemäßen Verfahren zur Kompensation einer Schwingung der oder die Frequenzanteile der ersten Gruppe lastrelevante Frequenzen und der oder die Frequenzanteile der zweiten Gruppe passerrelevante Frequenzen. Frequenzen sind lastrelevant, wenn sie eine ganzzahlige Ordnung zur Maschinenfrequenz aufweisen, ein hohes Moment zur Kompensation erfordern und insofern deterministisch sind, als vor dem Betrieb der Druckmaschine die Amplitude und Phase des Frequenzanteils bestimbar ist. Frequenzen sind passerrelevant, wenn sie eine nicht ganzzahlige Ordnung zur Maschinenfrequenz aufweisen, ein geringes Moment, typischerweise nur einige Newtonmeter, zur Kompensation erfordern und insofern nicht vorherbestimbar oder exemplarspezifisch sind, als Amplitude und Phase des Frequenzanteils der Schwingung während des Betriebes der Druckmaschine individuell zu bestimmten und zu kompensieren ist.

**[0019]** Bei der Zerlegung des Frequenzspektrums der Schwingung in Frequenzanteile und Einteilung der Frequenzanteile in Gruppen kann es ausreichend sein, nur

diejenigen, meist niedrigfrequenten Anteile zu berücksichtigen, welche die niedrigen Eigenmoden, insbesondere die erste und die zweite Eigenfrequenz der Druckmaschine anregen können, das heißt in hinreichender Nähe zu den Resonanzen der Druckmaschine liegen. Die höherfrequenten Anteile sind meist relativ zu den anderen klein und brauchen in der Regel nicht berücksichtigt zu werden. Mit anderen Worten, die Schwingung kann im Wesentlichen, das heißt innerhalb eines für die Anwendung der Schwingungskompensation akzeptablen Fehlerintervalls, durch die niedrigfrequenten Frequenzanteile dargestellt werden.

**[0020]** Die Einbringung des oder der (vorbestimmten) Gegenmomente der ersten Gruppe des oder der Frequenzanteile und/oder des oder der auf Basis des oder der Signale bestimmten Gegenmomente der zweiten Gruppe des oder der Frequenzanteile kann im erfindungsgemäßen Verfahren an gemäß dem Amplitudenverlauf einer der Eigenformen der Druckmaschine ausgewählten Orten erfolgen.

**[0021]** Bevorzugt umfasst im erfindungsgemäßen Verfahren die Messung des Signals wenigstens eine orthogonale Korrelation zur Bestimmung von Amplitude und Phase eines Frequenzanteils der zweiten Gruppe. Des Weiteren oder alternativ dazu können im erfindungsgemäßen Verfahren das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente mittels einer oder mehrerer mechanischer Vorrichtungen erzeugt und eingebracht werden. Die eine oder mehreren mechanischen Vorrichtungen können Kurvengetriebe, insbesondere Kurvenscheiben sein. Die Kurvengetriebe, insbesondere Kurvenscheiben können derart ausgeführt sein, dass sie periodisch mit einem oder mehreren ganzzahligen Vielfachen (im Allgemeinen einschließlich 1, bevorzugt größer als 1) der Maschinenfrequenz wirken. Alternativ zu einer oder mehreren mechanischen Vorrichtungen können eine oder mehrere elektrische Kurven, insbesondere periodische Ansteuerungsprofile für einen elektrischen Antrieb, für die Ansteuerung eines Aktuators zum Einsatz gelangen, so dass ein oder mehrere vorherbestimmte Gegenmomente mittels einer oder mehrerer elektrischer Kurven erzeugt und eingebracht werden. Eine erfindungsgemäß eingesetzte elektrische Kurve kann insbesondere abhängig von der Maschinenfrequenz, also maschinengeschwindigkeitsabhängig ausgeführt sein.

**[0022]** Erfindungsgemäß werden das eine oder die mehreren in Abhängigkeit der Messung bestimmten Gegenmomente der zweiten Gruppe nur eingebracht, wenn der zu dem oder den Gegenmomenten korrespondierende Frequenzanteil in Resonanz zu einer Eigenfrequenz der Druckmaschine ist. Mit anderen Worten, die diskrete Schwingungskompensation wird nur dann betrieben oder eingeschaltet, wenn sie tatsächlich erforderlich ist, weil eine Auswirkung auf die Druckmaschine zu erwarten ist.

**[0023]** Die Berücksichtigung der Anregungsmöglichkeiten der Frequenzanteile der Schwingung auf die Eigenfrequenzen oder Eigenformen (Eigenmoden) der

Druckmaschine kann auch als modaler Ansatz oder als modale Kompensation bezeichnet werden. Insbesondere kann erfindungsgemäß eine modale Kompensation der passerrelevanten (nicht ganzzahligen) und/oder der lastrelevanten (ganzzahligen) Frequenzanteile erfolgen.

**[0024]** Des weiteren oder alternativ dazu ist es bevorzugt, wenn das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente der ersten Gruppe in der Nähe des Anfangs und/oder des Endes im wesentlichen am Anfang und/oder am Ende der Druckwerksreihe der Druckmaschine, insbesondere über Einrichtungen mit hinterlegten Momentverläufen, und das eine oder die mehreren in Abhängigkeit der Messung bestimmten Gegenmomente der zweiten Gruppe in der Nähe der Mitte oder im wesentlichen in der Mitte der Druckwerksreihe der Druckmaschine, insbesondere mittels des Hauptmotors der Druckmaschine, eingebracht werden. Für die erste Gruppe von Frequenzanteilen, insbesondere lastrelevanten, also hohe Kompensationsmomente erforderlich machenden Frequenzanteilen, sind die Hebelarme in der Nähe des Anfangs und/oder des Endes der Druckwerksgruppe zur Kompensation der oder die an die Schwingung koppelnden Eigenformen besonders günstig. Bei der Verwendung des Hauptmotors der Druckmaschine, insbesondere für die zweite Gruppe von Frequenzanteilen, bevorzugt den passerrelevanten, ist mit diesem Antrieb praktisch ein Aktuator ohne zusätzliche Hardware oder eine Hardwareänderung verfügbar. Es ist aber klar, dass alternativ dazu auch ein Zusatzaktuator zum Einsatz gelangen kann.

**[0025]** Des weiteren oder alternativ dazu ist es vorteilhaft, dass in einer bevorzugten Ausprägung des erfindungsgemäßen Verfahrens der oder die Frequenzanteile der zweiten Gruppe aus der Differenz der Signale wenigstens zweier Geber oder Sensoren, welche an voneinander verschiedenen Orten der Druckmaschine angeordnet sind, ermittelt werden.

**[0026]** In einer vorteilhaften Weiterentwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden sowohl wenigstens eines der vorbestimmten Gegenmomente als auch wenigstens eines der auf Basis des oder der Signale bestimmte Gegenmomente zusammen durch einen Aktuator eingebracht. Mit anderen Worten, die an einem Ort in die Druckmaschine für die Kompensation einzubringenden Gegenmomente für beide Klassen können mittels eines identischen Aktuators der Druckmaschine aufgebracht werden. Die Gegenmomente können einem Antriebsmoment des Aktuators aufgeschaltet sein. Insbesondere kann sich dieser Aktuator in der Nähe des Anfangs oder des Endes der Druckwerksreihe der Druckmaschine befinden.

**[0027]** Im Zusammenhang des erforderlichen Gedankens steht auch eine Druckmaschine, insbesondere eine Bogendruckmaschine. Das erfindungsgemäß Verfahren kann insbesondere in einer lithographischen Druckmaschine oder Offsetdruckmaschine zum Einsatz gelangen. Die Druckmaschine kann eine Mehrfarbendruckmaschine sein, insbesondere eine Mehrzahl von Druckwer-

ken in Reihe, typischerweise 4, 6 oder 8 Druckwerke aufweisen. Die Druckmaschine kann bevorzugt Papier oder Karton als Bedruckstoffe verarbeiten. Eine erfindungsgemäße Druckmaschine weist eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete oder ausgeführte Einrichtung zur Kompensation einer Schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, und wenigstens einen Aktuator zur Einbringung wenigstens eines Gegenmoments zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine auf. Die Druckmaschine kann an den Enden der Reihe von Druckwerken jeweils wenigstens einen Aktuator zur Einbringung eines oder mehrerer vorbestimmter Gegenmomente für die erste Gruppe von Frequenzanteilen aufweisen und wenigstens einen Aktuator, der insbesondere der Hauptantrieb der Druckmaschine sein kann, in wesentlichen in der Mitte der Druckwerksgruppe oder der Druckmaschine aufweisen, mit welchem eines oder mehrere Gegenmomente für die zweite Gruppe von Frequenzanteilen eingebracht werden können. Die Druckmaschine kann wenigstens einen, bevorzugt wenigstens zwei Geber oder Sensoren aufweisen, welche derart in der Druckmaschine angeordnet sind, dass sie nicht an Orten liegen, an denen die an die Schwingung ankopplende Eigenform Null ist. Die Geber können insbesondere Drehgeber sein.

**[0028]** Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Darstellung mit Bezug auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigt im Einzelnen:

Figur 1 eine schematische qualitative Darstellung eines beispielhaften repräsentativen Frequenzspektrums einer Schwingung einer Bogendruckmaschine, und

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckmaschine.

**[0029]** Die Figur 1 zeigt eine schematische qualitative Darstellung eines beispielhaften repräsentativen Frequenzspektrums einer Schwingung einer Bogendruckmaschine mit einer großen Anzahl von Druckwerken. Aufgetragen ist der Betrag der Amplitude A in angemessenen Einheiten (appropriate units, a.u.) in Funktion der relativen Frequenz f bezogen auf die Maschinenfrequenz  $\omega_M$ . Das Frequenzspektrum weist mehrere diskrete Frequenzlinien unterschiedlicher Amplitude auf. Es existieren Frequenzanteile, welche ganzzahlige Vielfache (einschließlich 1) der Maschinenfrequenz  $\omega_M$  darstellen. Des Weiteren existieren Frequenzanteile, welche nicht ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz  $\omega_M$  sind. Die Amplituden der nicht ganzzahligen Frequenzanteile sind deutlich geringer als diejenigen der ganzzahligen Frequenzanteile. Die Summe der Frequenzanteile des Frequenzspektrum konvergiert mit zunehmender Frequenz

gegen die Schwingung, das heißt, die Schwingung ist mit hinreichender Genauigkeit durch die niedrigen Frequenzanteile darstellbar. Im konkret in Figur 1 gezeigten Beispiel gibt es nur Frequenzanteile bis zum siebenfachen der Maschinenfrequenz  $\omega_M$ . Erfindungsgemäß erfolgt für das Verfahren zur Kompensation eine gruppenweise Einteilung des Frequenzspektrums in bevorzugter Ausführungsform in der folgenden Weise: In die erste Gruppe 10 sind die ganzzahligen Frequenzanteile eingruppiert, die zweite Gruppe 12 besteht aus den nicht ganzzahligen Frequenzanteilen. Um die ganzzahligen und relativ starken Frequenzanteile der ersten Gruppe 10 zu bekämpfen, werden erfindungsgemäß vorbestimmte Gegenmomente eingesetzt. Um die nicht ganzzahligen und relativ schwachen Frequenzanteile der zweiten Gruppe 12 zu kompensieren, werden erfindungsgemäß aus Messungen ermittelte Gegenmomente eingesetzt.

**[0030]** Die absolute Frequenz der Frequenzanteile variiert mit der Maschinenfrequenz  $\omega_M$ . In Funktion der Maschinenfrequenz  $\omega_M$  kann auch die Amplitude eines Frequenzanteils variieren. Häufig ist in der Realität eine Amplitudenvariation der ganzzahligen Momente in Funktion der Frequenz für ganzzahlige Frequenzanteile entweder nicht vorhanden oder im Rahmen der erforderlichen Präzision vernachlässigbar klein. Besondere Bedeutung erlangt ein Frequenzanteil genau dann, wenn er zu einer Eigenfrequenz der Druckmaschine in Resonanz kommt, das heißt, wenn die Frequenzen des Frequenzanteils und einer Eigenschwingung sich ähneln oder hinreichend übereinstimmen, da dann insbesondere eine Resonanzanregung der Druckmaschine zu einer Schwingung stattfinden kann. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass typischerweise nur ein oder wenige Schwingungsreger, also nur ein Frequenzanteil oder wenige Frequenzanteile, mit einer Eigenfrequenz in Resonanz ist beziehungsweise sind. Das Schwingungsverhalten der Druckmaschine ist in einer derartigen Situation nur durch eine einzelne Frequenz bestimmt, deren Schwingung zu bekämpfen ist.

**[0031]** Die Figur 2 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckmaschine 14, hier einer Bogendruckmaschine, mit sechs Druckwerken 16, einem Anleger 28 und einem Ausleger 30. Die Druckmaschine 14 kann in einer Eigenform 18 zu einer Schwingung angeregt werden, insbesondere in Konsequenz der in Bezug auf Figur 1 erläuterten Einwirkung von resonanten Frequenzanteilen von Störungen (Schwingungsregern).

**[0032]** Ziel ist die Kompensation der Schwingung der Eigenform 18, so dass eine reduzierte oder kompensierte Schwingung 20 der Eigenform resultiert. Erfindungsgemäß weist dazu die Druckmaschine 14 mechanische Vorrichtungen 32, hier zwei Kurvengetriebe, wie im Dokument DE 199 14 627 A1 oder Dokument US 6,401,620 B1 detailliert erläutert, an den Enden der Reihe von Druckwerken 16, zur Erzeugung von vorbestimmten Gegenmomenten auf. Diese Positionen sind in Bezug auf

den Amplitudenverlauf der gezeigten Eigenform 18 besonders vorteilhaft. Die Frequenzen der Gegenmomente sind zu der Maschinenfrequenz proportional, insbesondere Vielfache (einschließlich 1) der Maschinenfrequenz. Die Amplituden der Gegenmomente können konstant sein: Mit den vorbestimmten Gegenmomenten werden durch Schwingungserreger mit konstanter Kraftwirkung oder Momentwirkung erzeugte Schwingungen kompensiert, so dass sich die notwendigen Amplituden zur Kompensation nicht mit der Maschinenfrequenz ändern.

[0033] Des Weiteren wird mittels eines Gebers 22 ein für die Schwingung repräsentatives Signal gewandelt und einer Regelungseinrichtung 24 zugeführt. Mit Hilfe der Regelungseinrichtung 24 ist das erforderliche Gegenmoment zur Kompensation berechenbar. Das Gegenmoment wird dem Antriebsmoment des Hauptantriebs 26 aufgeschaltet, so dass eine Kompensation der Schwingung der Eigenform 18 bewirkt wird. Schwingung und die durch das Gegenmoment induzierte Gegen- schwingung sollen bevorzugt einander annulieren, zumindest soll sich die resultierende Gesamtschwingung unter einer Akzeptanzschwelle befinden. Der Geber 22 wird insbesondere dann ein Signal messen können, wenn eine Schwingungsanregung oder eine Frequenz eines Schwingungserregers in Resonanz zur Frequenz der Eigenform 18 kommt. Die Position des Gebers 22 ist vorteilhafterweise so gewählt, dass die zu messende Schwingung der Eigenform am Messort einen deutlichen Amplitudenhub aufweist und nicht Null ist. Für Differenzmessungen zweier oder mehrerer Gebersignale ist zu beachten, dass vorteilhafterweise ein deutlicher Differenzhub der einzelnen Signalamplituden der zwei oder mehr Gebersignale besteht. Es kann auch in einer nicht grafisch dargestellten Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Druckmaschine eine Mehrzahl von Geben für eine Mehrzahl von Eigenformen jeweils optimiert angeordnet und ausgewertet werden.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

#### [0034]

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 10 | Frequenzanteile der ersten Gruppe                       |  |
| 12 | Frequenzanteile der zweiten Gruppe                      |  |
| 14 | Druckmaschine   |  |
| 16 | Druckwerk   |  |
| 18 | Eigenform   |  |
| 20 | kompensierte Schwingung der Eigenform                   |  |
| 22 | Geber   |  |
| 24 | Regelungseinrichtung                                    |  |
| 26 | Hauptantrieb  |  |
| 28 | Anleger   |  |
| 30 | Ausleger  |  |
| 32 | mechanische Vorrichtung zur Erzeugung von Gegenmomenten |  |
| A  | Amplitude   |  |
| f  | relative Frequenz in Bezug auf die Maschinenfre-        |  |

quenz  
 $\omega_M$  Maschinenfrequenz

#### 5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, in einer Druckmaschine (14) mit einer auf deren Drehzahl bezogenen Maschinenfrequenz ( $\omega_M$ ), wobei wenigstens ein Gegenmoment zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine (14) eingebracht wird, wobei
  - die Frequenzanteile der Schwingung in mehrere Klassen unterteilt werden, wobei der oder die Frequenzanteile einer ersten Klasse (10) ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz ( $\omega_M$ ) und der oder die Frequenzanteile einer zweiten Klasse (12) nicht ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz ( $\omega_M$ ) sind,
  - wobei die erste Klasse (10) von einem oder mehreren Frequenzanteilen durch Einbringung eines oder mehrerer vorherbestimmter Gegenmomente kompensiert wird, und
  - wobei die zweite Klasse (12) von einem oder mehreren Frequenzanteilen durch Einbringung eines oder mehrerer - in Abhängigkeit wenigstens eines während des Betriebes der Druckmaschine gemessenen Signals, welches wenigstens den einen oder die mehreren Frequenzanteile enthält - bestimmter Gegenmomente kompensiert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren in Abhängigkeit der Messung bestimmten Gegenmomente der zweiten Klasse (12) nur eingebracht werden, wenn der zu den Gegenmomenten korrespondierende Frequenzanteil in Resonanz zu einer Eigenfrequenz der Druckmaschine (14) ist.
2. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die zweite Klasse (12) nur einen oder mehrere Frequenzanteile enthält, die nicht in der ersten Klasse (10) enthalten sind.
3. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Frequenzanteile der ersten Klasse (10) und der zweiten Klasse (12) zusammen den wesentlichen Teil oder genau das Frequenzspektrum ergeben.
4. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,

- dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** i) der oder die Frequenzanteile der ersten Klasse (10) lastrelevante Frequenzen und ii) der oder die Frequenzanteile der zweiten Klasse (12) passerrelevante Frequenzen sind, wobei i) Frequenzen lastrelevante Frequenzen sind, wenn sie eine ganzzahlige Ordnung zur Maschinenfrequenz aufweisen, ein hohes Moment zur Kompensation erfordern und insofern deterministisch sind, als vor dem Betrieb der Druckmaschine die Amplitude und Phase des Frequenzanteils der Schwingung bestimmbar ist und ii) Frequenzen passerrelevante Frequenzen sind, wenn sie eine nicht ganzzahlige Ordnung zur Maschinenfrequenz aufweisen, ein geringes Moment zur Kompensation erfordern und insofern nicht vorherbestimbar sind, als Amplitude und Phase des Frequenzanteils der Schwingung während des Betriebes der Druckmaschine individuell zu bestimmten und zu kompensieren ist.
- 5
5. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Einbringung des oder der Gegenmomente der ersten Klasse (10) des oder der Frequenzanteile und/oder des oder der auf Basis des oder der Signale bestimmten Gegenmomente der zweiten Klasse (12) des oder der Frequenzanteile an gemäß dem Amplitudenverlauf einer der Eigenformen (18) der Druckmaschine (14) ausgewählten Orten erfolgt.
- 20
6. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Messung des Signals wenigstens eine orthogonale Korrelation zur Bestimmung von Amplitude und Phase eines Frequenzanteils der zweiten Klasse (12) umfasst.
- 25
7. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente mittels einer oder mehrerer mechanischer Vorrichtungen (32) oder mittels einer oder mehrerer elektrischer Kurven für die Ansteuerung eines Aktuators erzeugt und eingebracht werden.
- 40
8. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** als eine elektrische Kurve ein periodisches Ansteuerungsprofil für einen elektrischen Antrieb eingesetzt wird.
- 50
9. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 55
- dass** das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente der ersten Klasse (10) im wesentlichen am Anfang und/oder am Ende der Druckwerksreihe (16) der Druckmaschine (14) und das eine oder die mehreren in Abhängigkeit der Messung bestimmten Gegenmomente der zweitens Klasse (12) in der Nähe der Mitte der Druckwerksreihe (16) der Druckmaschine (14) eingebracht werden.
10. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der oder die Frequenzanteile der zweiten Klasse (12) aus der Differenz der Signale wenigstens zweier Geber, welche an voneinander verschiedenen Orten der Druckmaschine (14) angeordnet sind, ermittelt werden.
- 15
11. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sowohl wenigstens eines der vorbestimmten Gegenmomente als auch wenigstens eines der auf Basis des oder der Signale bestimmte Gegenmomente zusammen durch einen Aktuator eingebracht werden.
- 20
- 30
- Claims**
- 35
1. Method for compensating a vibration that has a frequency spectrum with a number of discrete frequency components in a printing press (14) with a machine frequency ( $\omega_M$ ) in relation to a rotational speed thereof wherein at least one counter-torque for compensating for at least one discrete frequency component of the vibration is introduced into the printing press (14), wherein
- 40
- the frequency components of the vibration are divided into multiple classes, the frequency component/s of a first class (10) being integer multiples of the machine frequency ( $\omega_M$ ) and the frequency components of a second class (12) are non-integer multiples of the machine frequency ( $\omega_M$ ),
- 45
- wherein the first class (10) of one or more frequency components is compensated for by introducing one or more predetermined counter-torques, and
- 50
- wherein the second class (12) of one or more frequency components is compensated for by introducing one or more counter-torques determined as a function of at least one signal measured during the operation of the printing press and containing at least the one or the multiple frequency components,
- 55

- characterized in**  
**that** the multiple counter-torques of the second class as determined as a function of the measurement are only introduced if the frequency component corresponding to the counter-torques is in resonance with an eigenfrequency of the printing press (14).
2. Method for compensating a vibration according to Claim 1,  
**characterized in**  
**that** the second class (12) contains only one or more frequency components that are not contained in the first class (10).
3. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** the frequency components of the first class (10) and of the second class (12) together form the essential part or exactly the frequency spectrum.
4. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** i) the frequency component/s of the first class (10) are load-relevant frequencies and that ii) the frequency component/s of the second class (12) are register-relevant frequencies, wherein i) frequencies are load-relevant frequencies if they are of integer order relative to the machine frequency, require a high compensation torque and are deterministic insofar as the amplitude and phase of the frequency component of the vibration are determinable prior to the operation of the printing press and wherein ii) frequencies are register-relevant frequencies if they are of non-integer order relative to the machine frequency, require a low compensation torque, and are not predetermined insofar as the amplitude and phase of the frequency component of the vibration are to be determined and compensated individually during operation of the printing press.
5. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** the introduction of the counter-torque/s of the first class (10) of the frequency components and/or of the counter-torque/s of the second group of the frequency component/s, which counter-torque/s are determined on the basis of the signal/s, occurs in locations of the printing press (14) selected in accordance with the progression of the amplitude of one of the eigenmodes (18) of the printing press (14).
6. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** the measurement of the signal comprises at least an orthogonal correlation with the determination of the amplitude and phase of a frequency component of the second class (12).
- 5 7. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** the one or more predetermined counter-torques are generated and introduced by means of one or more mechanical devices (32) or by means of one or more electric curves for activating an actuator.
- 10 8. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** a periodic activation profile for an electric drive is used as the electric curve.
- 15 9. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** the one or more predetermined counter-torque/s of the first class (10) are introduced essentially at the beginning and/or at the end of the row (16) of printing units of the printing press (14) and the one or more counter-torques determined as a function of the measurement and belonging to the second class (12) are introduced close to the centre of the row (16) of printing units of the printing press (14).
- 20 30 35 40 45 50 55 10. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** the frequency component/s of the second class (12) are determined from the difference of the signals of at least two signalling devices arranged at different locations of the printing press (14).
11. Method for compensating a vibration according to one of the preceding claims,  
**characterized in**  
**that** at least one of the predetermined counter-torques and at least one of the counter-torques determined on the basis of the signal/s are introduced together by an actuator.

## Revendications

- Procédé pour la compensation d'une oscillation qui présente un spectre de fréquences avec un nombre de portions discrètes de fréquence, dans une machine d'impression (14) avec une fréquence de machine relative à son nombre de tours ( $\omega_M$ ), au moins un couple antagoniste étant appliqué dans la machine d'impression pour la compensation d'au moins une portion discrète de fréquence de l'oscillation

dans la machine d'impression (14), les portions de fréquence de l'oscillation étant divisées en plusieurs classes, la ou les portions de fréquence d'une première classe (10) étant des multiples entiers de la fréquence de machine ( $\omega_M$ ) et de la ou des portions de fréquence d'une seconde classe (12), des multiples non entiers de la fréquence de machine ( $\omega_M$ ),

- la première classe (10) étant compensée par une ou plusieurs portions de fréquence par application d'un ou de plusieurs couples antagonistes prédéfinis et

- la seconde classe (12) étant compensée par une ou plusieurs portions de fréquence par application d'un ou de plusieurs couples antagonistes définis - en fonction d'au moins un signal mesuré pendant le fonctionnement de la machine d'impression - qui contient au moins la ou les portions de fréquence, **caractérisé en ce que** les couples antagonistes définis en fonction de la mesure, de la seconde classe (12) ne sont appliqués que si la portion de fréquence correspondante aux couples antagonistes est en résonance avec une fréquence propre de la machine d'impression (14).

2. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la seconde classe (12) ne contient qu'une ou plusieurs portions de fréquence qui ne sont pas contenues dans la première classe (10).
3. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les portions de fréquences de la première classe (10) et de la seconde classe (12) donnent ensemble la partie essentielle ou exactement le spectre de fréquences.
4. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
  - i) la ou les portions de fréquence de la première classe (10) sont des fréquence relatives à la charge et
  - ii) la ou les portions de fréquence de la seconde classe (12) sont des fréquences relatives au repérage,
  - i) les fréquences étant des fréquences relatives à la charge, si elles présentent un ordre entier par rapport à la fréquence de machine, elles nécessitent un couple élevé pour la compensation et sont déterminatives dans la mesure où avant le fonctionnement de la machine d'impression, l'amplitude et la phase de la portion de fréquence de l'oscillation sont déterminables et ii) les fréquences sont des fréquences relatives au repérage, si elles présentent un ordre non entier par rapport à la fréquence de machine, un couple faible de compensation et ne sont pas déterminables dans la mesure où l'amplitude et la phase de

la portion de fréquence de l'oscillation doivent être déterminées et compensées pendant le fonctionnement de la machine d'impression.

5. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'application du ou des couples antagonistes de la première phase (10) de la ou des portions de fréquence et/ou du ou des couples antagonistes de la seconde classe (12), déterminés sur la base du ou des signaux, de la ou des portions de fréquence s'effectue aux endroits sélectionnés selon la courbe d'amplitude d'une des formes propres (18) de la machine d'impression (14).
6. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mesure du signal comprend au moins une corrélation orthogonale pour la détermination de l'amplitude et de la phase d'une portion de fréquence de la seconde classe (12).
7. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ou les plusieurs couples antagonistes prédéterminés sont générés et appliqués au moyen d'un ou de plusieurs dispositifs mécaniques (32) ou au moyen d'une ou de plusieurs cames électriques pour la commande d'un actionneur.
8. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il est** utilisé en tant que courbe électrique un profil de commande périodique pour un entraînement électrique.
9. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ou les plusieurs couples antagonistes prédéterminés de la première classe (10) sont appliqués essentiellement au début et/ou à la fin de la série du groupe d'impression (16) de la machine d'impression (14) et le ou les plusieurs couples antagonistes de la seconde classe (12) définis en fonction de la mesure sont appliqués à proximité du milieu de la série de groupes d'impression (16) de la machine d'impression (14).
10. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la ou les portions de la seconde classe (12) sont déterminées à partir de la différence de signaux entre deux émetteurs qui sont disposés à différents endroits de la machine d'impression (14).
11. Procédé pour la compensation d'une oscillation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins l'un des couples antagonistes prédéfinis et au moins l'un des couples antago-**

nistes définis sur la base des signaux sont appliqués ensemble par un actionneur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

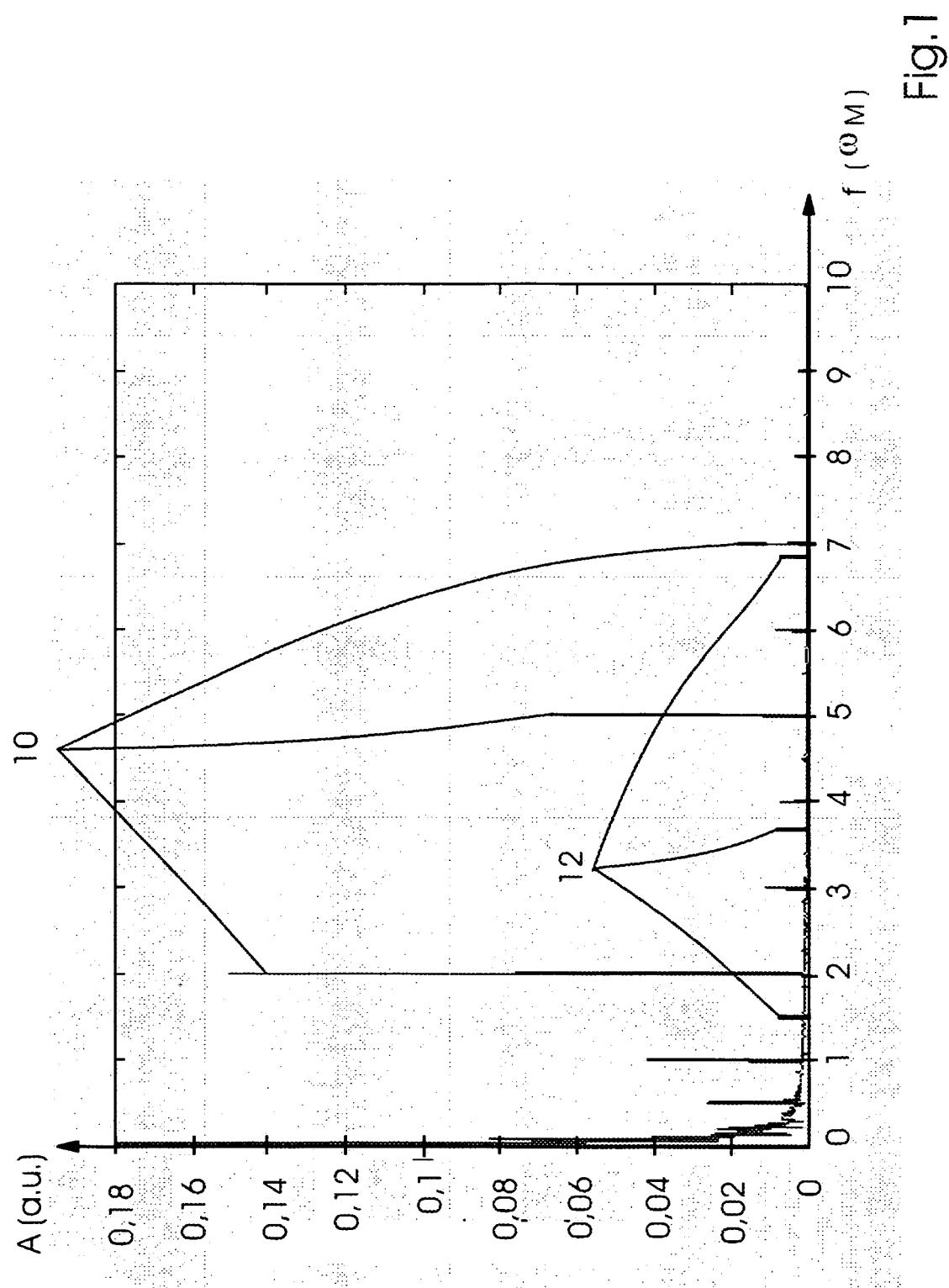


Fig. 1

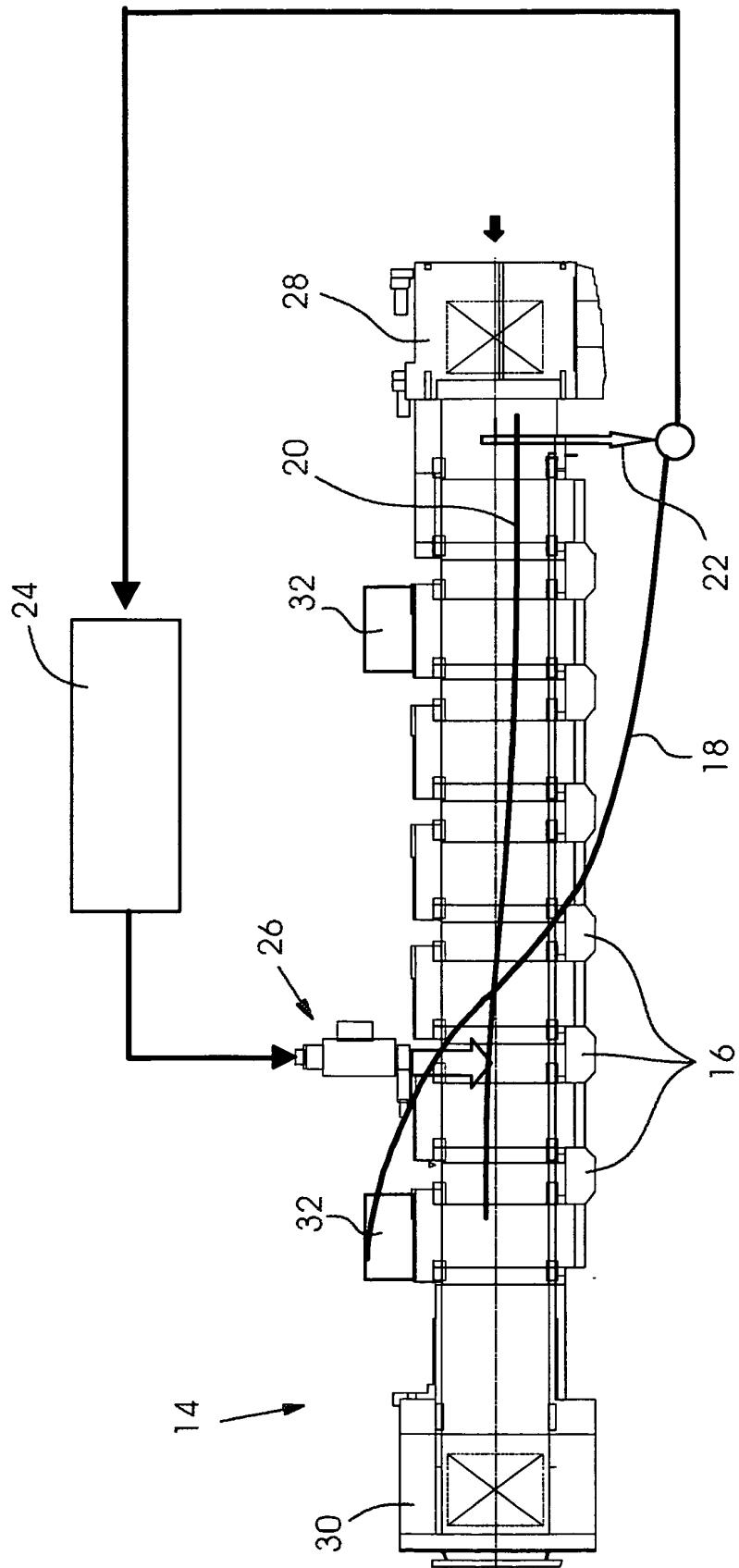


Fig. 2

**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 19914627 A1 [0004] [0014] [0032]
- US 6401620 B1 [0004] [0014] [0032]
- DE 10149525 A1 [0005] [0015]
- US 20020158180 A1 [0005] [0015]
- DE 4412945 A1 [0006]