

(19)



(11)

EP 1 837 178 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

26.09.2007 Patentblatt 2007/39

(51) Int Cl.:

B41F 13/08 ^(2006.01)

G05D 19/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07103368.2**

(22) Anmeldetag: **02.03.2007**

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

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU

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

(71) Anmelder: **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, Edingen-Neckarhausen (DE)**
- **Dr. Seidler, Malte
69123, Heidelberg (DE)**
- **Strunk, Detlef
69120, Heidelberg (DE)**

(54) Verfahren zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine

(57) Es wird ein Verfahren zur Kompensation einer Schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, in einer Druckmaschine (14) offenbart, wobei wenigstens ein Gegenmoment zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine (14) eingebracht wird, eine erste Gruppe (10) von einem oder mehreren Frequenzanteilen durch Einbrin-

gung eines oder mehrerer vorherbestimmter Gegenmomente kompensiert wird und eine zweite Gruppe (12) von einem oder mehreren Frequenzanteilen durch Einbringung eines oder mehrerer in Abhängigkeit einer während des Betriebes der Druckmaschine erfolgenden Messung wenigstens eines Signals, welches wenigstens den einen oder die mehreren Frequenzanteile enthält, bestimmten Gegenmomente kompensiert wird.

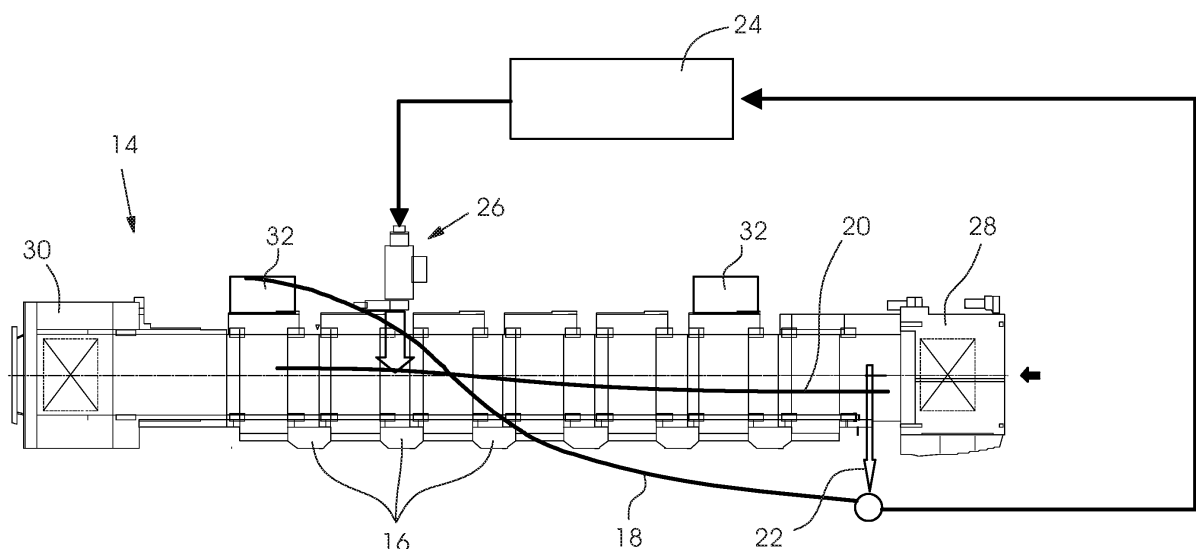


Fig.2

EP 1 837 178 A2

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 Bogendruckmaschine, 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.

[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. 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 Wesentlichen 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 Ausführungsform wird diese technische Lehre zur Kompensation von Schwingungen nicht ganzzahliger Ordnung in Bezug auf die Maschinenfrequenz eingesetzt.

[0006] 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.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Kompensation einer Schwingung in einer Druckmaschine mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen charakterisiert.

[0009] Im erfindungsgemäßen Verfahren zur Kompensation einer Schwingung, insbesondere einer Drehschwingung, 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 Bogendruckmaschine, eingebracht. Eine erste Gruppe von einem oder mehreren Frequenzanteilen wird durch Einbringung 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.

[0010] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, eine Schwingung, insbesondere eine Drehschwingung, in einer Druckmaschine mit einer Methode zu kompensie-

ren, 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).

[0011] 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 Maschinenwelle sein, das heißt eine Schwingung einer Relativposition, einer Relativgeschwindigkeit oder einer Relativbeschleunigung zwischen zwei Maschinenteilen sein.

[0012] 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.

[0013] 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 etwa der gesamten Schwingung, erfolgen. Der gesamte Offenbarungsgehalt des Dokuments DE 199 14 627 A1 und des Dokuments US 6,401,620 B1 wird durch explizite Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt dieser Darstellung aufgenommen.

[0014] Das eine oder die mehreren in Abhängigkeit einer während des Betriebes der Druckmaschine erfolgten Messung eines Signals, welches wenigstens den ein 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. Der gesamte Offenbarungsgehalt des Dokuments DE 101 49 525 A1 und des Dokuments US 2002/0158180 A1 wird durch explizite Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt dieser Darstellung aufgenommen.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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 bestimmbar 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 vorherbestimmbar oder exemplarspezifisch sind, als Amplitude und Phase des Frequenzanteils der Schwingung während des Betriebes der Druckmaschine individuell zu bestimmen und zu kompensieren ist.

[0018] 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 an-

deren 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.

[0019] 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.

[0020] 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 mehrerer 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.

[0021] Es ist darüber hinaus oder alternativ dazu bevorzugt, wenn das eine oder die mehreren in Abhängigkeit der Messung bestimmten Gegenmomente der zweiten Gruppe nur eingebracht werden, wenn der zu dem oder den Gegenmomenten korrespondierende Frequenzanteil in Resonanz zu einer Eigenfrequenz der Druckmaschine ist. Mit anderen Worten, die diskrete Schwingungskompensation wird bevorzugt nur dann betrieben oder eingeschaltet, wenn sie tatsächlich erforderlich ist, weil eine Auswirkung auf die Druckmaschine zu erwarten ist.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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 eingebracht 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.

[0026] Im Zusammenhang des erfinderischen Gedankens steht auch eine Druckmaschine, insbesondere eine Bogendruckmaschine. Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere in einer lithographischen Druckmaschine oder Offsetdruckmaschine zum Einsatz gelangen. Die Druckmaschine kann eine Mehrfarbendruckmaschine sein, insbesondere eine Mehrzahl von Druckwerken 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 aus-

geführte 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 ankoppelnde Eigenform Null ist. Die Geber können insbesondere Drehgeber sein.

[0027] 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.

[0028] 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 ω_M . Das Frequenzspektrum weist mehrere diskrete Frequenzlinien unterschiedlicher Amplitude auf. Es existieren Frequenzanteile, welche ganzzahlige Vielfache (einschließlich 1) der Maschinenfrequenz ω_M darstellen. Des Weiteren existieren Frequenzanteile, welche nicht ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz ω_M sind. Die Amplituden der nicht ganzzahligen Frequenzanteile sind deutlich geringer als diejenigen der ganzzahligen Frequenzanteile. Die Summe der Frequenzanteile des Frequenzspektrums 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 ω_M . Erfindungsgemäß er-

folgt 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 eingeordnet, 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.

[0029] Die absolute Frequenz der Frequenzanteile variiert mit der Maschinenfrequenz ω_M . In Funktion der Maschinenfrequenz ω_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 Schwingungserreger, 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.

[0030] 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 (Schwingungserregern).

[0031] 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 kon-

stant 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.

[0032] 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 annullieren, 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 Gebern für eine Mehrzahl von Eigenformen jeweils optimiert angeordnet und ausgewertet werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0033]

| | |
|------------|---|
| 10 | Frequenzanteile der ersten Gruppe |
| 12 | Frequenzanteile der zweiten Gruppe |
| 14 | Druckmaschine |
| 16 | Druckwerk |
| 18 | Eigenform |
| 20 | kompenzierte 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 Maschinenfrequenz |
| ω_M | Maschinenfrequenz |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, in einer Druckmaschine (14), wobei wenigstens ein Gegenmoment zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine (14) eingebracht wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine erste Gruppe (10) von einem oder mehreren Frequenzanteilen durch Einbringung eines oder mehrerer vorherbestimmter Gegenmomente kompensiert wird und eine zweite Gruppe (12) von einem oder mehreren Frequenzanteilen durch Einbringung eines oder mehrerer in Abhängigkeit einer während des Betriebes der Druckmaschine erfolgenden Messung wenigstens eines Signals, welches wenigstens den einen oder die mehreren Frequenzanteile enthält, bestimmten Gegenmomente kompensiert wird.
2. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Gruppe (12) nur einen oder mehrere Frequenzanteile enthält, die nicht in der ersten Gruppe (10) enthalten sind.
3. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Frequenzanteile der ersten Gruppe (10) und der zweiten Gruppe (12) zusammen den wesentlichen Teil oder genau das Frequenzspektrum ergeben.
4. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der oder die Frequenzanteile der ersten Gruppe (10) ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz (ω_M) und der oder die Frequenzanteile der zweiten Gruppe (12) nicht ganzzahlige Vielfache der Maschinenfrequenz (ω_M) sind.
5. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der oder die Frequenzanteile der ersten Gruppe (10) lastrelevante Frequenzen und der oder die Frequenzanteile der zweiten Gruppe (12) passerrelevante Frequenzen sind.
6. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einbringung des oder der Gegenmomente

- der ersten Gruppe (10) des oder der Frequenzanteile und/oder des oder der auf Basis des oder der Signale bestimmten Gegenmomente der zweiten Gruppe (12) des oder der Frequenzanteile an gemäß dem Amplitudenverlauf einer der Eigenformen (18) der Druckmaschine (14) ausgewählten Orten erfolgt. 5
7. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** 10
dass die Messung des Signals wenigstens eine orthogonale Korrelation zur Bestimmung von Amplitude und Phase eines Frequenzanteils der zweiten Gruppe (12) umfasst. 15
8. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** 20
dass das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente mittels einer oder mehrerer mechanischer Vorrichtungen (32) oder mittels einer oder mehrerer elektrischer Kurven erzeugt und eingebracht werden.
9. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** 25
dass das eine oder die mehreren in Abhängigkeit der Messung bestimmten Gegenmomente der zweiten Gruppe (12) nur eingebracht werden, wenn der zu dem oder den Gegenmomenten korrespondierende Frequenzanteil in Resonanz zu einer Eigenfrequenz der Druckmaschine (14) ist. 30
10. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** 35
dass das eine oder die mehreren vorherbestimmten Gegenmomente der ersten Gruppe (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 zweiten Gruppe (12) in der Nähe der Mitte der Druckwerksreihe (16) der Druckmaschine (14) eingebracht werden. 40 45
11. Verfahren zur Kompensation einer Schwingung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** 50
dass der oder die Frequenzanteile der zweiten Gruppe (12) aus der Differenz der Signale wenigstens zweier Geber, welche an voneinander verschiedenen Orten der Druckmaschine (14) angeordnet sind, ermittelt werden. 55
12. 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.
13. Druckmaschine (14) mit einer Einrichtung zur Kompensation einer Schwingung, welche ein Frequenzspektrum mit einer Anzahl diskreter Frequenzanteile aufweist, und wenigstens einem Aktuator (26) zur Einbringung wenigstens eines Gegenmoments zur Kompensation wenigstens eines diskreten Frequenzanteils der Schwingung in die Druckmaschine (14), **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Einrichtung zur Kompensation zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der vorstehenden Ansprüche geeignet ist.

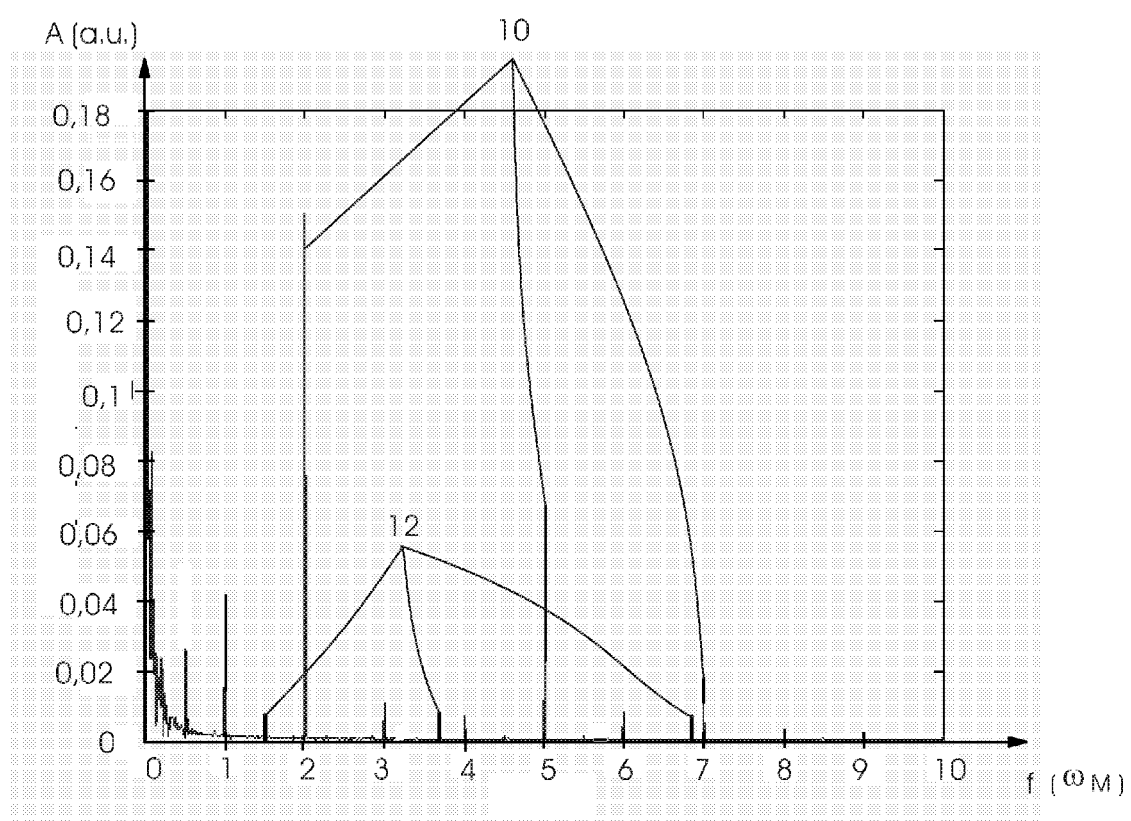


Fig.1

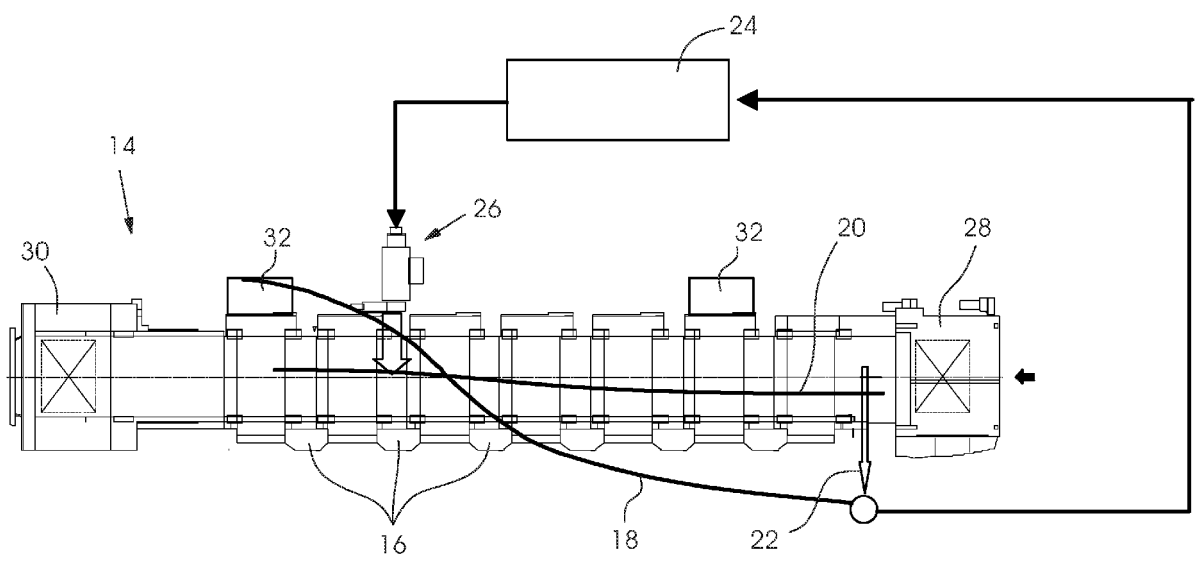


Fig.2

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] [0013] [0013] [0031]
- US 6401620 B1 [0004] [0013] [0013] [0031]
- DE 10149525 A1 [0005] [0014] [0014]
- US 20020158180 A1 [0005] [0014] [0014]