



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 14 832 T2** 2004.03.11

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 968 379 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F16F 7/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 14 832.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/05409**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 911 829.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/042998**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.03.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **01.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.03.2004**

(30) Unionspriorität:

822970 21.03.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

Honeywell Inc., Minneapolis, Minn., US

(72) Erfinder:

**OSTERBERG, A., David, Glendale, US; DAVIS, S.,
Toren, Peoria, US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **ABGESTIMMTER TILGERDÄMPFER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Dämpfungsvorrichtungen mit abstimmbarer Masse und insbesondere einen pneumatischen Dämpfer mit abstimmbarer Masse, der ein komprimierbares Fluid, wie zum Beispiel Gas, dazu verwendet, unter verschiedenen Temperaturbedingungen eine bessere Dämpfung zu erhalten, eine geringere Dämpfung bei kleinen Amplitudenschwingungen und eine größere Dämpfung bei großen Amplitudenschwingungen bereitzustellen und dies mit einer kleineren, leichteren Konstruktion.

BESCHREIBUNG DES STANDS DER TECHNIK

[0002] Im Stand der Technik sind Dämpfer mit abstimmbarer Masse bekannt. Solche Dämpfer enthalten in der Regel eine Masse, die zur Bewegung in einem Behälter mit nicht-komprimierbarem Fluid angebracht sind und durch eine Feder positioniert werden. Ein Durchgang durch die Masse oder um diese herum gestattet es dem nichtkomprimierbarem Fluid, sich von einer Seite der Masse zur anderen zu bewegen, während sich die Masse in dem Behälter bewegt. Des Weiteren ist eine expandierbare Kammer, wie zum Beispiel ein Balg, mit dem Behälter verbunden, um bei Temperaturänderungen eine Expansion des nicht-komprimierbaren Fluids zu gestatten. Durch richtige Auswahl der Masse und der Feder kann die Masse so ausgelegt werden, dass sie bei einer gewünschten Frequenz, zum Beispiel der gleichen wie die Eigenfrequenz einer Konstruktion, wie zum Beispiel einem Ausleger, an dem der Dämpfer befestigt ist, schwingt. Durch geeignete Wahl der Viskosität des Fluids und der Größe der durch die Öffnung bereitgestellten Drosselung kann die richtige Dämpfung erhalten werden, so dass, wenn der Ausleger einem Stoß ausgesetzt ist und in einer Richtung zu schwanken beginnt, die Masse anfängt, in der gleichen Richtung und mit der gleichen Frequenz zu schwingen. Da der Ausleger ein Eingang des Dämpfers ist, schwingt der Dämpfer jedoch um 180 phasenverschoben zum Ausleger, wobei diese Bewegung dazu neigt, die Bewegung des Auslegers aufzuheben. Da der Ausleger nun mit einer außerhalb der Resonanzfrequenz liegenden Frequenz schwingt und der Dämpfer einen wesentlichen Teil seiner Energie aufgenommen hat, ist die Auslegerverschiebung viel geringer und wird durch das Fluid im Dämpfer effektiv unterdrückt.

[0003] Dämpfer mit abgestimmter Masse sind sehr empfindlich gegenüber Änderungen der Dämpfung, die sich mit Viskositätsänderungen ändert, und da selbst die stabilsten nicht-komprimierbaren Fluide noch immer eher starke Viskositätsänderungen bei Temperaturänderungen aufweisen, ist die Leistung des Dämpfers mit abgestimmter Masse des Stands

der Technik verringert, wenn er über einen variierenden Temperaturbereich verwendet wird. Obgleich zur Stabilisierung der Temperaturen Heizvorrichtungen verwendet werden können, führen sie dazu, dass das System größer und schwerer wird, und bei Anwendungen in der Raumfahrt ist es sehr schwierig, Heizvorrichtungen am Ende eines Auslegers hinzuzufügen. Wenn zur Aufrechterhaltung der Temperatur des Dämpfers mit abstimmbarer Masse keine Heizvorrichtung zur Verfügung steht, ist die Dämpfung nicht stabil. Ein weiterer Nachteil der Dämpfer nach dem Stand der Technik besteht in der zusätzlichen Größe und dem zusätzlichen Gewicht, die das Erfordernis begleiten, die expandierbare Kammer oder den Balg zur Aufnahme und Übertragung des nicht-komprimierbaren Fluids bei Temperaturänderungen vorzusehen.

[0004] Die US-A-4,530,518 zeigt einen Fahrzeugstabilisator. Der Stabilisator gemäß der US-A-4,530,518 umfasst einen Zylinder und eine im Zylinder angeordnete Masse. Des Weiteren ist die Masse über eine Feder im Zylinder befestigt. Die US-A-3,259,212 und die GB-A-1,367,285 offenbaren andere Dämpfer nach dem Stand der Technik.

KURZE BESCHREIBUNG DER VORLIEGENDEN
ERFINDUNG

[0005] Die vorliegende Erfindung überwindet die Probleme des Stands der Technik durch Bereitstellung eines Dämpfers, der ein komprimierbares oder pneumatisches Fluid, wie zum Beispiel ein Gas, anstelle des nichtkomprimierbaren Fluids des Stands der Technik verwendet. Da das Gas komprimierbar ist, kann auf die zusätzliche expandierbare Kammer verzichtet werden. Die Größe der Masse und die Federsteife werden so ausgewählt, dass sie die gewünschte Dämpfungsfrequenz bereitstellen. Der Gasdruck wird so ausgewählt, dass die Gasdichte in Kombination mit der Drosselungsgeometrie des Durchgangs durch die Masse die gewünschte Dämpfung liefert. Obgleich sich die kinematische Viskosität eines Gases mit seiner Dichte und Temperatur ändert, kann sich sein Volumen, nachdem das Gas im Behälter eingeschlossen ist, nicht ändern, und somit bleibt seine Dichte konstant. Nur der Druck und die Viskosität des Gases können sich nun mit der Temperatur ändern, und Druckschwankungen haben keinen starken Einfluss auf die Dämpfung. Viskositätsänderungen bei einem idealen Gas ändern sich mit der Quadratwurzel der absoluten Temperatur, und die gebräuchlichsten Gases unterscheiden sich nur um fünf Prozent von idealen Gasen. Dadurch werden weitaus geringe Dämpfungsänderungen erzeugt als bei einem nicht-komprimierbaren Gas.

[0006] Die Komprimierbarkeit des Gases fügt dem System eine Federkraft hinzu, die berücksichtigt werden muss. Die Komprimierbarkeit des Gases erzeugt eine Federkraft, die bewirkt, dass sich die Dämpfung mit der Amplitude der Schwingungen vergrößert,

aber diese Nichtlinearität ist ein Vorteil, da sie für eine größere Dämpfung bei Schwingungen mit größerer Amplitude und für eine geringere Dämpfung bei Schwingungen mit kleinerer Amplitude sorgt. Eine größere Dämpfung führt mehr Energie ab und vermindert somit die Einschwingzeit bei Schwingungen mit großer Amplitude, was erwünscht ist. Eine geringere Dämpfung bei kleineren Amplituden ist wünschenswert, weil eine große Dämpfung bei Schwingungen mit kleiner Amplitude dazu führen kann, dass sich die Masse nicht bewegt und der Dämpfer nicht mehr funktioniert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] **Fig. 1** zeigt ein Beispiel eines abstimmbaren Dämpfers, der ein nicht-komprimierbares Fluid verwendet;

[0008] **Fig. 2** zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die das komprimierbare Fluid enthält; und

[0009] **Fig. 3** ist ein Schaubild, das die Viskositätsänderung verschiedener Fluide mit der Temperatur zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0010] In **Fig. 1** wird ein Dämpfer **8** mit abstimmbarer Masse, wie der in der eigenen, am 25. Januar 1996 eingereichten, gleichzeitig anhängigen Anmeldung 08/591,922 beschriebene gezeigt, der eine hohle bewegliche Masse **10** umfasst, die in einem zylindrischen Behälter oder Zylinder **12** verschiebbar angebracht ist, wobei ein erstes Endstück **14** durch herkömmliche Mittel am Zylinder **12** befestigt und durch eine Tülle **16** verschlossen ist, um einen Fluidverlust zu verhindern. Ein zweites Endstück **18** ist an einem zweiten Ende in einer Aussparung **20** des Zylinders **12** befestigt. Der Zylinder **12** und die Endstücke **14** und **18** bilden eine Kammer **22**, in der sich die Masse **10** hin und her bewegen kann.

[0011] Eine Feder **30** mit vorbestimmter Steife ist an ihrem einen Ende an einem Vorsprung **32** des Endstücks **14** und an ihrem anderen Ende an einer Aussparung **34** in der Masse **10** befestigt, so dass die Masse **10** durch die Feder **30** positioniert wird, bis sie einer Kraft ausgesetzt ist, die es der Masse **10** gestattet, in der Kammer **22** horizontal mit einer durch die Größe der Masse **10** und die Steife der Feder **30** bestimmten Frequenz zu schwingen.

[0012] Das erste Endstück **14** weist einen Füllkanal **36** dadurch auf, der die Einleitung eines nicht-komprimierbaren Dämpfungsfluids, die durch den Pfeil **38** gezeigt wird, in die Kammer **22** gestattet. Nach dem Füllen wird der Kanal **36** auf herkömmliche Weise verschlossen.

[0013] Am zweiten Ende des Zylinders **12** ist in der Aussparung **20** ein Wärmedehnungsbalg **40** an seinem einen Ende mit einem Vorsprung **42** in einem

Endstück **18** und an seinem anderen Ende mit einem Verschlussglied **44** verbunden. Das Endstück **18** weist eine kleine Öffnung **48** dort hindurch auf, die das Innere des Balgs **40** mit der Kammer **22** verbindet. Dadurch wird eine Fluidübertragung von der Kammer **22** zum Inneren des Balgs **40** gestattet, um Expansion und Kontraktion des nicht-komprimierbaren Fluids bei Temperaturschwankungen Rechnung zu tragen. [0014] Bei einer Anwendung der Vorrichtung nach **Fig. 1** kann der Dämpfer zum Ausgleich unerwünschter Schwingungen zum Beispiel eines in **Fig. 1** durch die Bezugszahl **50** gezeigten Auslegers verwendet werden. Die unerwünschten Schwingungen verlaufen quer zur Länge des Auslegers, und demgemäß ist erwünscht, dass sich die Masse **10** in der gleichen Richtung bewegt, das heißt von rechts nach links in **Fig. 1**. Somit ist der Dämpfer **8** in der Darstellung horizontal an dem Ausleger **50** angebracht, wie durch die gestrichelten Linien **52** und **54** gezeigt, und, wie oben erläutert, schwingt die Masse **10** um 180 Grad phasenverschoben zum Ausleger, um die Aufhebung der Auslegerbewegung zu unterstützen.

[0015] Für viele Anwendungen ist die Leistung der Vorrichtung nach **Fig. 1** zufriedenstellend, aber in Fällen, in denen bedeutende Temperaturschwankungen auftreten, wie bei Anwendungen in der Raumfahrt, unterliegt die Viskosität des nicht-komprimierbaren Fluids großen Schwankungen. **Fig. 3** zeigt die Änderung absoluter Viskosität mehrerer nicht-komprimierbarer Fluide mit der Temperatur, und, wie durch die Kurve **60** (für Rizinusöl), Kurve **61** (für SAE30-Öl), Kurve **62** (für Wasser) und Kurve **64** (für Benzin) sind diese Änderungen relativ groß. Dies verursacht unerwünschte Änderungen der Dämpfung des Dämpfers mit abstimmbarer Masse, wenn nicht-komprimierbare Fluide verwendet werden.

[0016] Eine weitere Schwierigkeit bei der Vorrichtung des Dämpfers nach **Fig. 1** besteht in der Zunahme von Größe und Gewicht, was erforderlich wird, um den expandierbaren Balg **40** vorzusehen und so Fluidexpansion aufgrund von Temperaturschwankungen auszugleichen. Diese Probleme werden durch die Verbesserungen von **Fig. 2** gelöst.

[0017] In **Fig. 2** wird ein Dämpfer **108** mit abstimmbarer Masse (der auch an einem Träger wie in **Fig. 1**, der der Übersicht halber in **Fig. 2** aber nicht gezeigt wird, befestigt sein kann) gezeigt, der eine bewegliche Masse **110** enthält, die verschiebbar in einem zylindrischen Behälter oder Zylinder **112** angebracht ist, der ein erstes zylindrisches Endstück **114** aufweist, das durch herkömmliche Mittel am rechten Ende des Zylinders **112** befestigt ist. Eine Feder **116** weist ein in einer Aussparung **118** der Masse **112** befestigtes erstes Ende und ein in einer Aussparung **119** des Endstücks **114** befestigtes zweites Ende auf. Das Endstück **114** weist einen Kanal **122** dort hindurch auf, der zum Füllen des Dämpfers mit einem komprimierbaren Gas verwendet wird, wie durch den Pfeil **126** gezeigt. Nach dem Füllen wird der Kanal **126** auf her-

kömmliche Weise verschlossen.

[0018] Der zylindrische Behälter **112** weist ein zweites zylindrisches Endstück **130** auf, das durch herkömmliche Mittel am linken Ende des Zylinders **112** befestigt ist, und eine Feder **134** weist ein in einer Aussparung **136** der Masse **110** befestigtes erstes Ende und ein in einer Aussparung **138** des Endstücks **130** befestigtes zweites Ende auf. Es sei darauf hingewiesen, dass die Masse **110** an einer einzigen Feder befestigt sein könnte, wie in **Fig. 1**, ohne die Funktion des Dämpfers mit abstimmbarer Masse zu beeinflussen. Die Masse **110** wird mit einer Drosselöffnung **150** gezeigt, die sich zwischen ihrer linken und rechten Seite in **Fig. 2** erstreckt, so dass sie einen gedrosselten Durchgang des Gases dort hindurch gestattet. Die Masse **110** und die Steife der Federn **116** und **134** werden so ausgewählt, dass sie die für die bestimmte Verwendung, für die sie bestimmt ist, passende Schwingungsfrequenz aufweisen, zum Beispiel die Frequenz des Auslegers, an dem sie angebracht wird. Die Steifheit des Gases hängt von der Fläche der Masse, die mit dem Gas in Kontakt ist, und von dem Volumen und dem Druck des Gases ab, die für verschiedene Schwingungsamplituden berechnet werden können. Da es bei in Raumfahrtanwendungen verwendeten empfindlichen Instrumenten in der Regel wünschenswert ist, die beste Dämpfung bei kleinen Auslegerschwindungsamplituden bereitzustellen, werden die Variablen (Masse, Federsteife und Gassteifheit) so ausgewählt, dass sie die beste Dämpfung bei diesen kleinen Amplituden erzeugen. Bei größeren Amplituden vergrößert sich die Dämpfung, was, wie oben erwähnt, ein wünschenswertes Merkmal ist.

[0019] Ein Gas, wie zum Beispiel Luft oder Stickstoff, wird durch den Kanal **122** eingeleitet, und dann wird der Zylinder verschlossen. Das Luftvolumen im Zylinder **112** kann sich als solches nicht ändern, und somit kann sich die Dichte des Gases nicht ändern. Die einzige Änderung der Dämpfungseigenschaften mit der Temperatur treten auf, wenn die Temperatur eine Änderung der Gasviskosität verursacht, da Druckänderungen die Dämpfung nicht wesentlich beeinflussen. Wie durch die Kurve **160** in **Fig. 3** gezeigt, ist die Viskositätsänderung von Luft (oder Stickstoff, der im Grunde ein Luftbestandteil ist) mit einer Temperaturänderung im Vergleich zu komprimierbaren Fluiden, die durch die Kurven **60 – 63** dargestellt werden, sehr gering. Somit tritt eine sehr geringe Änderung der Dämpfung auf, obgleich die Vorrichtung großen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Andere Gase können verschiedene Viskositäten besitzen, weisen im Allgemeinen aber eine flache Kurve ähnlich der Kurve **160** auf. Helium besitzt eine sehr geringe Viskosität und könnte in den Fällen verwendet werden, in denen eine sehr geringe Dämpfung erwünscht ist.

[0020] Das Gas ist aber komprimierbar und wird als solches eine Federkraft erzeugen, wenn sich die Masse **110** im Zylinder **112** bewegt. Wie oben er-

wähnt, ist diese Kraft vorhersagbar und kann bei der Auslegung des Systems berücksichtigt werden. Des Weiteren vergrößert sich die Dämpfung mit der Bewegungsamplitude der Masse **110**, aber dies ist wünschenswert, da bei großen Amplituden eine vergrößerte Dämpfung erwünscht ist und bei kleinen Amplituden die Dämpfung wünschenswerterweise geringer ist.

[0021] Wie bei der oben erwähnten gleichzeitig abhängigen Anmeldung beschrieben, werden zur Verringerung der Reibung der Bewegung der Masse **110** mehrere Kugeln **170** in mehreren Rinnen **174** eingesetzt, und zwar eine Kugel pro Rinne. Die Vorrichtung ist vollkommen selbstzentrierend, so dass sich die Kugeln bei Verringerung der Bewegung auf die erwarteten Grenzen zur Mitte bewegen und im Ruhezustand die in **Fig. 2** gezeigte Position einnehmen. Dieses Merkmal gewährleistet, dass die Vorrichtung durch Minimierung von Massenreibung die maximale Energiemenge aus dem System entfernt. Durch die Verwendung der Kugeln wird die Gleitreibung zwischen der Masse **110** und dem Zylinder **112** beseitigt, und es besteht keine Reibung zwischen den Kugeln.

[0022] Somit ist zu sehen, dass ein Dämpfer bereitgestellt worden ist, der durch Temperaturänderungen weniger beeinträchtigt wird, der einfacher, kleiner und leichter ist als vorherige Dämpfer mit abstimmbarer Masse und der wünschenswerterweise bei Schwingungen mit größerer Amplitude stärker und bei Schwingungen mit kleinerer Amplitude weniger gedämpft wird. Obgleich die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben worden ist, liegt für Fachleute auf der Hand, dass an der Form und an Einzelheiten Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Gedanken und Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Obgleich Luft/Stickstoff als das komprimierbare Gas eingesetzt worden ist, können zum Beispiel auch andere Gase verwendet werden. Wenn die zu dämpfenden Schwingungen in mehr als einer Ebene auftreten, können weiterhin zwei oder mehr Dämpfer so am Glied angebracht werden, dass sie in den anderen Ebenen schwingen.

Patentansprüche

1. Dämpfer (**108**) mit abstimmbarer Masse, der Folgendes umfasst: einen hohlen Zylinder (**112**) mit einer Innenfläche, einem ersten Ende (**114**) mit einem Füllkanal (**122**), um die Einleitung eines komprimierbaren Fluids in das Innere des Zylinders (**112**) zu gestatten, und einem zweiten Ende (**130**), das das Innere des Zylinders verschließt; eine Masse (**110**) mit einem ersten und einem zweiten Ende und einer Außenfläche, die etwas kleiner ist als die Innenfläche des Zylinders (**112**), wobei die Masse im Inneren des Zylinders angeordnet ist, um eine erste und eine zweite Kammer zur Aufnahme des komprimierbaren Fluids bereitzustellen; eine Feder (**116, 134**), die die Masse im Zylinder be-

festigt, so dass eine Schwingungsbewegung der Masse in die erste und die entgegengesetzte Richtung gestattet wird; und
 Drosselleitungsmittel (**150**), die die erste und die zweite Kammer miteinander verbinden, um eine gedrosselte Strömung des komprimierbaren Fluids zwischen der ersten und der zweiten Kammer zu gestatten; gekennzeichnet durch
 einen ersten Satz von mindestens drei Nuten (**174**) vorbestimmter Länge in der Nähe eines ersten Endes der Masse (**110**), die um deren Außenfläche herum beabstandet sind, und einen zweiten Satz von mindestens drei Nuten vorbestimmter Länge in der Nähe eines zweiten Endes der Masse (**110**), die um deren Außenfläche herum beabstandet sind;
 eine einzige Kugel (**170**), die in jeder Nut des ersten und des zweiten Satzes angeordnet ist und an der Innenfläche des Zylinders anliegt, um eine im Wesentlichen reibungsfreie und selbstzentrierende Bewegung der Masse im Zylinder zu gestatten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, die weiterhin Befestigungsmittel enthält, die den Dämpfer (**108**) an einer Konstruktion befestigen, die unerwünschten Schwingungen ausgesetzt sein kann, wobei die Befestigungsmittel den Dämpfer so anordnen, dass die unerwünschten Schwingungen der Konstruktion eine Schwingungsbewegung der Masse mit im Wesentlichen der gleichen Frequenz, aber im Wesentlichen um 180 Grad phasenverschoben, erzeugen, um eine Dämpfung der unerwünschten Schwingungen zu erzeugen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das komprimierbare Fluid Luft ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Bewegung der Masse (**110**) eine Komprimierung des Gases verursacht, wodurch einer Bewegung der Masse (**110**) ein Widerstand entgegengesetzt wird, der sich mit der Amplitude der Bewegung ändert, und bei der die Größe der Masse, die Federsteife und die durch die Komprimierung des Gases hinzugefügte Steifheit zur Bestimmung der Schwingungsfrequenz der Masse gewählt sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Schwingungsfrequenz der Masse (**110**) so ausgelegt ist, dass sie die unerwünschten Schwingungen bei geringen Amplituden am besten dämpft.

6. Dämpfer (**108**) mit abstimmbarer Masse zur Verwendung bei der Dämpfung von Schwingungsbewegungen eines Glieds, an dem der Dämpfer (**108**) angebracht ist, mit Folgendem:
 einem Behälter (**112**) mit Seitenteilen und Endteilen;
 einer Masse (**110**) mit einer Außenfläche nahe den Seitenteilen des Behälters und mit einem ersten und einem zweiten Ende, wobei die Masse (**110**) zur Ausführung einer Schwingungsbewegung zwischen den

Endteilen im Behälter angeordnet ist;
 einem mit dem ersten Endteil und der Masse verbundenen ersten Federmittel (**116**); einem mit dem zweiten Endteil und der Masse verbundenen zweiten Federmittel (**134**); einem komprimierbaren Fluid im Inneren des Zylinders, das die Masse (**110**) umgibt, um für Dämpfung zu sorgen, wenn sich die Masse im Inneren des Zylinders bewegt, wobei das komprimierbare Fluid der Bewegung der Masse einen nichtlinearen Widerstand entgegengesetzt und wobei die Größe des nichtlinearen Widerstands, die Steife des ersten und des zweiten Federmittels (**116**, **134**) und die Größe der Masse (**110**) so ausgewählt werden, dass sie eine Schwingungsbewegung mit einer gewünschten vorbestimmten Frequenz bereitstellen; und
 einem Drosseldurchgang (**150**), der die Endteile miteinander verbindet, um eine gedrosselte Strömung des komprimierbaren Fluids dazwischen zu gestatten, wobei die Viskosität des komprimierbaren Fluids und die Drosselung des Durchgangsmittels so gewählt werden, dass sie die ordnungsgemäße Dämpfung bereitstellen;
 gekennzeichnet durch
 einen ersten Satz von mindestens drei Nuten (**174**) vorbestimmter Länge nahe dem ersten Ende der Masse, die um deren Außenfläche herum beabstandet sind, und einen zweiten Satz von mindestens drei Nuten vorbestimmter Länge nahe dem zweiten Ende der Masse (**110**), die um deren Außenfläche herum beabstandet sind;
 eine in jeder Nut des ersten und des zweiten Satzes angeordnete einzige Kugel (**170**), die an den Seitenteilen des Behälters anliegt, um eine im Wesentlichen reibungsfreie und selbstzentrierende Bewegung der Masse im Zylinder bereitzustellen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der der Dämpfer (**108**) mit einem Glied verbunden ist, um beim Dämpfen von Schwingungsbewegungen des Glieds, an dem der Dämpfer angebracht ist, verwendet zu werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, bei der das komprimierbare Fluid ein Gas ist und bei der das Gas Luft ist.

9. Verfahren zur Änderung der Dämpfung eines Dämpfers mit abstimmbarer Masse, der eine Masse aufweist, die durch eine Feder in einem Behälter angeordnet ist, so dass die Masse zwischen einem ersten und einem zweiten Behälterende schwingen kann, bei dem man:

10. mehrere um die Enden der Masse beabstandete Nuten mit einer einzigen Kugel in jeder Nut bereitstellt, die mit der Innenfläche des Behälters in Berührung steht, um eine im Wesentlichen reibungsfreie und selbstzentrierende Bewegung der Masse im Behälter zu gestatten;

11. den Behälter mit einem komprimierbaren Fluid füllt, so dass das Fluid bei Schwingung der Masse der Bewegung in Abhängigkeit von der Amplitude der Schwingung einen unterschiedlichen Widerstand entgegensetzt; und

12. einen Drosseldurchgang für das komprimierbare Fluid durch die Masse bereitstellt.

13. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem man weiterhin: das komprimierbare Fluid so auswählt, dass die Schwingungsfrequenz der Masse bei einer ersten Amplitude einen ersten vorbestimmten Wert aufweist und bei einer zweiten Amplitude, die größer ist als die erste Amplitude, einen zweiten vorbestimmten Wert aufweist, der über dem ersten vorbestimmten Wert liegt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

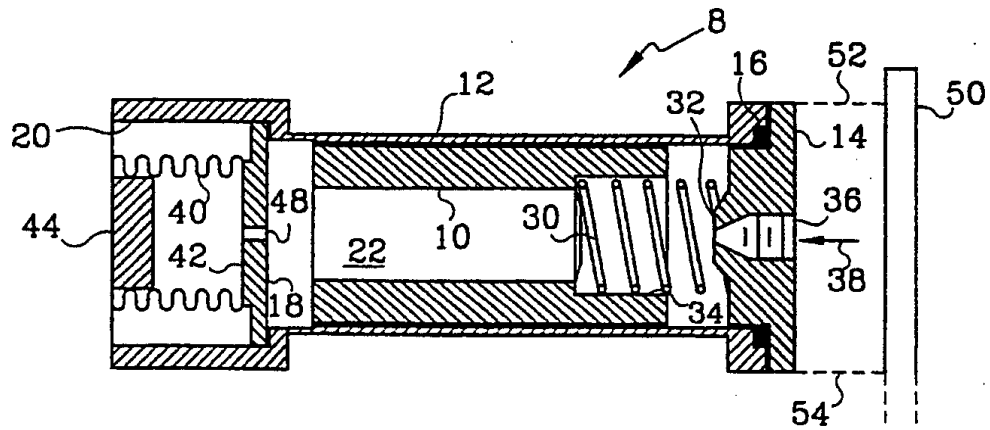


Fig. 1

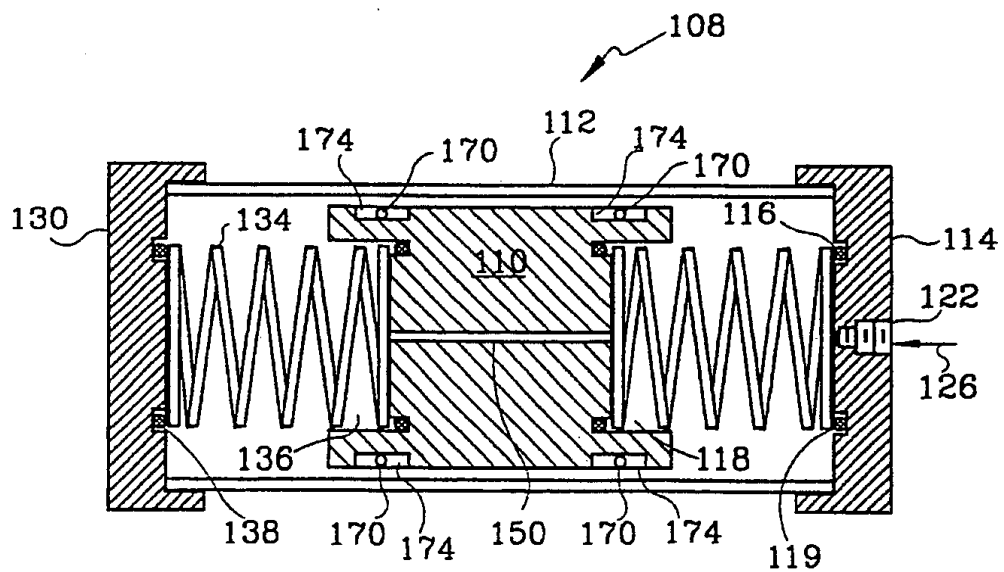


Fig. 2

