

(19)



(11)

**EP 1 815 068 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**16.05.2018 Patentblatt 2018/20**

(51) Int Cl.:  
**E01D 11/02<sup>(2006.01)</sup> E01D 11/04<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **05795034.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/011327**

(22) Anmeldetag: **21.10.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/050802 (18.05.2006 Gazette 2006/20)**

(54) **VORRICHTUNG ZUR DÄMPFUNG VON SCHWINGUNGSBEWEGUNGEN BEI EINEM BAUWERK**  
DEVICE FOR DAMPING VIBRATIONS IN A BUILDING  
DISPOSITIF POUR AMORTIR DES MOUVEMENTS D'OSCILLATIONS DANS UN EDIFICE

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

(30) Priorität: **09.11.2004 DE 102004053898**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.08.2007 Patentblatt 2007/32**

(73) Patentinhaber: **SOLETANCHE FREYSSINET**  
**92500 Rueil Malmaison (FR)**

(72) Erfinder: **STAROSSEK, Uwe**  
**21075 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Cabinet Plasseraud**  
**66, rue de la Chaussée d'Antin**  
**75440 Paris Cedex 09 (FR)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-93/16232 WO-A-94/05862**  
**US-A- 2 270 537 US-A- 6 154 910**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 584 (M-1501), 25. Oktober 1993 (1993-10-25) & JP 05 171837 A (NKK CORP), 9. Juli 1993 (1993-07-09)**

**EP 1 815 068 B1**

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 eine Vorrichtung zur Dämpfung von Schwingungsbewegungen bei einem Bauwerk, insbesondere bei einer Brücke.

**[0002]** Es besteht das Bedürfnis nach immer größeren Spannweiten im Brückenbau. So besitzt beispielsweise die Ende der 90er Jahre in Japan errichtete Akashi Kai-kyo Brücke eine Spannweite von fast 2000 m. Die für die Überquerung der Meerenge von Messina in Italien geplante Brücke soll eine Spannweite von über 3 km besitzen. Mit diesen extremen Brückenlängen rückt zunehmend die Problematik der Schwingungsanfälligkeit dieser Tragwerke in den Vordergrund. Bei der Auslegung weit gespannter Brückenträger ist ein besonders wichtiger Effekt die sogenannte Flutterstabilität der Brücke. Hierbei handelt es sich um ein aeroelastisches Phänomen des windinduzierten Brückenflatters, bei dem selbstinduzierte, gekoppelte Biege- und Torsionsschwingungen oder entkoppelte Torsionsschwingungen des Brückenträgers auftreten. Bei selbstinduzierten Schwingungen handelt es sich im Gegensatz zu sogenannten fremdinduzierten Schwingungen, die beispielsweise durch Windböen oder durch periodische Wirbelablösungen hervorgerufen werden, um Erregerkräfte, die durch eine Verschiebung der Brücke hervorgerufen werden. Die an dem Tragwerk angreifenden Luftkräfte beeinflussen die dynamischen Eigenschaften des aeroelastischen Gesamtsystems, also insbesondere Steifigkeit und Dämpfungsparameter. Diese Änderungen treten auch bei zeitlich konstanter Windgeschwindigkeit auf. Erreicht die Windgeschwindigkeit einen bestimmten kritischen Wert, wird die Strukturdämpfung des Brückenträgers aufgehoben. Bei einem weiteren Anwachsen der Windgeschwindigkeit kann ein System mit negativer Gesamtdämpfung auftreten, bei der eine kleine Initialverschiebung zu einer anwachsenden Schwingung mit nahezu unbegrenzter Amplitude und so zum Versagen des Brückentragwerks führt. Die kritische Windgeschwindigkeit ( $U_{cr}$ ) ist der strukturelle Kennwert für die Flutterstabilität von Brücken. Es ist bekannt, dass  $U_{cr}$  mit abnehmender Steifigkeit und Dämpfung der Brücke abnimmt. Gerade Brücken mit einer großen Spannweite besitzen jedoch eine geringe Steifigkeit, so dass für diese das Problem des Flatterns auftritt.

**[0003]** Zur Stabilisierung flattergefährdeter Brückenträger können verschiedene Verfahren und Vorrichtungen eingesetzt werden. Grundsätzlich lassen sich hierbei konstruktive, aktive und passive Verfahren unterscheiden. Die konstruktive Stabilisierung bezieht sich auf strukturelle Maßnahmen, wie beispielsweise die Erhöhung der Torsionssteifigkeit des Trägers oder das Hinzufügen von zusätzlichen Schrägseilen. Als passive Schwingungsdämpfer kommen passiv schwingende Zusatzmassen in Betracht, die als Tilger bezeichnet werden.

**[0004]** Die aktiven Schwingungsdämpfer lassen sich in aktive mechanische sowie aktive aerodynamische

Schwingungsdämpfer unterscheiden. Die Letztgenannten beruhen auf dem Ansatz, das sich um den Brückenträger ausbildende Strömungsfeld geeignet zu modifizieren, um so eine stabilisierende Wirkung zu erzielen. Beispielsweise können an dem Brückenträger seitlich Klappen vorgesehen sein, die so in den Wind gestellt werden, dass durch die vorbeiströmende Luft eine stabilisierende Kraft ausgeübt wird, vergleiche beispielsweise EP 0 627 031 B1. Bei der aktiven mechanischen Flutterkontrolle erfolgt eine Kontrolle beispielsweise der Torsionsschwingung des Brückenträgers durch ein zusätzlich aufgebrachtes Torsionsmoment. Zu einer Ausgestaltung wird durch horizontal verschiebbare Dämpfermassen im Brückenträger das zusätzliche Torsionsmoment erzeugt. Es gibt auch Überlegungen, durch eine im Zentrum des Brückenquerschnitts rotierende Massen ein stabilisierendes Drehmoment für die Brückenträger zu erzeugen. Die vorgenannten Vorrichtungen haben u.a. den Nachteil eines verhältnismäßig großen Energiebedarfs und dadurch verminderter Betriebssicherheit.

**[0005]** Neben dem vorbeschriebenen kritischen Phänomen des Flatterns bei Brücken treten ähnliche Schwingungsphänomene auch bei Gebäuden auf, wo diese dann als Galloping bezeichnet werden. Neben diesen die Standfestigkeit gefährdenden Schwingungsphänomenen, treten bei Bau- und Tragwerken auch durch Wind, Verkehr, Erdbeben und weitere äußere Einflüsse fremdinduzierte Schwingungen auf, die sowohl die Gebrauchsfähigkeit als auch die Standsicherheit beeinträchtigen können, und die ebenfalls zu dämpfen und zu unterdrücken sind. Eine für den Einbau an einem Bauwerk vorgesehene Vorrichtung, die eine aerodynamische Kontrollfläche und ein Federelement aufweist, ist in US 2 270 537 A beschrieben. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Dämpfen von Schwingungen an Bau- und Tragwerken bereit zu stellen, die bei hoher Betriebssicherheit mit einfachen Mitteln und möglichst geringem Kraft-Energieeinsatz fremdinduzierte Schwingungen unterdrückt und die kritische Windgeschwindigkeit für selbstinduzierte Schwingungen (z.B. Flattern) wirksam erhöht. Sowohl Torsionsschwingungen als auch Schwingungen in bestimmte Richtungen sollen dabei unterdrückt werden.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen aus Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltung bilden die Gegenstände der Unteransprüche 2 bis 24.

**[0007]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zum Dämpfen von Schwingungen an Bauwerken. Sie besitzt mindestens eine aerodynamische Kontrollfläche, die drehbar und/oder verschieblich an dem Bauwerk gelagert ist. Ferner ist mindestens ein mechanischer Tilger vorgesehen, der mit der Kontrollfläche kinematisch gekoppelt ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung, auch als aeroelastischer Tilger bezeichnet, dient zum Dämpfen von Schwingungen an Bauwerken. Sie besitzt mindestens eine im Windstrom liegende, drehbar und/oder verschieblich gelagerte aerodynamische Kontrollfläche, die

als Kontrollschild, bewegliche Kante oder Flügelement ausgebildet sein kann, wobei die Kontrollfläche mit dem mechanischen Tilger zwangsläufig kinematisch gekoppelt ist. Die zwangsläufig kinematische Kopplung wird bevorzugt durch bewegliche mechanische Elemente, wie beispielsweise Übersetzungshebel oder Übersetzungsgetriebe, bewirkt. Der mechanische Tilger besitzt ein Federelement, das eine rückstellende Kraft in eine vorbestimmte Position auf den mechanischen Tilger ausübt. Der mechanische Tilger ist ein schwingungsfähiges Sekundärsystem, das das Schwingungsverhalten des Bauwerks (Hauptsystem) günstig beeinflusst. Ferner ist der mechanische Tilger mit mindestens einem Massekörper versehen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt somit keinen Antrieb, der eine externe Energiezufuhr notwendig macht. Ferner weist der mechanische Tilger zusätzlich zu dem Flügelement noch ein Dämpferelement auf. Der mechanische Tilger ist mit seiner vergleichsweise kleinen Masse über das Federelement und über das Dämpferelement mit dem Bauwerk, insbesondere mit dessen Tragwerk, verbunden. Sein Bewegungsfreiheitsgrad ist die Drehung um einen, bezogen auf das Bauwerk, ortsfesten Pol oder die Verschiebung relativ zum Bauwerk in eine vorgegebene Richtung. Die Tilgerwirkung entsteht durch die Trägheitskräfte der Masse und die Dämpfungskräfte in dem eventuell hinzugefügten Dämpferelement. Mechanische Tilger an sich sind seit langem bekannt.

**[0008]** Bei dem aeroelastischen Tilger wirken, zusätzlich zu den bei dem mechanischen Tilger wirkenden Trägheits- und Dämpfungskräften, Strömungskräfte an der aerodynamischen Kontrollfläche und an dem Bauwerk. Infolge der zwangsläufigen kinematischen Kopplung übertragen sich die Schwingungen des Tilgers auf die Kontrollfläche, womit sich Anstellwinkel und/oder Lage der Kontrollfläche in ebenfalls schwingender Weise zeitlich verändern. Die auf die Kontrollfläche und das Bauwerk wirkenden Strömungskräfte sind deshalb, mit der Schwingung des Tilgers, zeitlich veränderlich, und üben bei richtiger Abstimmung und ausreichender Windgeschwindigkeit eine zusätzliche Tilgerwirkung auf das Bauwerk aus. Die Tilgerwirkung des aeroelastischen Tilgers übersteigt die Trägheits- und Dämpfungskräfte des mechanischen Tilgers erheblich. Schwingungsanfachenden Kräften wird durch den aeroelastischen Tilger effektiv entgegengewirkt, fremdinduzierte Schwingungen werden unterdrückt und die kritische Windgeschwindigkeit für selbstinduzierte Schwingungen (beispielsweise Flattern) wird erhöht.

**[0009]** Gleichzeitig mit der Steuerung der Strömungskräfte durch die Bewegung des Tilgers können die auf die aerodynamische Kontrollfläche wirkenden Strömungskräfte über die bestehende zwangsläufige Verbindung auch auf die Schwingung des mechanischen Tilgers zurückwirken. Dieser Einfluss ist für die Wirksamkeit der Vorrichtung allerdings nicht erforderlich und kann, sofern störend, durch geeignete Lagerung der Kontrollfläche oder auf andere Weise minimiert werden.

**[0010]** In einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Kopplung zwischen mechanischem Tilger und Kontrollfläche derart hergestellt werden, dass Amplituden-, Phasen- und/oder Frequenzverhältnisse zwischen einer Schwingungsbewegung des mechanischen Tilgers und der Schwingungsbewegung der aerodynamischen Kontrollfläche eingestellt werden können. Die Abstimmung kann damit an wechselnde Betriebsbedingungen, etwa eine veränderliche Windgeschwindigkeit, angepasst werden.

**[0011]** In einer bevorzugten Ausgestaltung kann eine Steuerung vorgesehen sein, die die Amplituden-, Phasen- und/oder Frequenzverhältnisse entsprechend ansteuert.

**[0012]** Die aerodynamische Kontrollfläche kann als bewegliche Kante oder Flügelement ausgebildet werden, das direkt an das Bauwerk anschließt und um einen, bezogen auf das Bauwerk, ortsfesten Punkt drehbar gelagert ist. Alternativ kann die aerodynamische Kontrollfläche als ein vom Bauwerk abgesetzter Schild ausgebildet werden, der über Pylone drehbar und/oder verschieblich mit dem Bauwerk verbunden ist. Durch geeignete Gestänge kann die Bewegung des Schilds auch so geführt werden, dass eine Drehung um einen, bezogen auf das Bauwerk, nicht ortsfesten Punkt eintritt.

**[0013]** In einer möglichen Ausgestaltung des aeroelastischen Tilgers ist die aerodynamische Kontrollfläche als ein Flügelement ausgebildet, das mit einem Abschnitt frei aus dem Bauwerk vorsteht.

**[0014]** In einer möglichen Ausgestaltung bildet das Flügelement mit seiner zu beiden Seiten des Lagerpunkts angeordneten Masse im Zusammenspiel mit einer Feder zwischen Flügelement und Bauwerk den mechanischen Tilger. In einer alternativen Ausgestaltung ist das Flügelement mit einem Arm ausgebildet, der in das Bauwerk hineinragt und dort mittels einer Feder mit dem Bauwerk verbunden ist. Hier bilden Flügelement, Arm und Feder gemeinsam den mechanischen Tilger.

**[0015]** In einer bevorzugten Weiterführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist der Arm des Flügelements an seinem Ende einen Massenkörper auf.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausgestaltung sind mindestens zwei aeroelastische Tilger paarweise an gegenüberliegenden Seiten einer Achse angeordnet, wobei sowohl Torsionsschwingungen um die Achse als auch Schwingungen in bestimmte Richtungen gedämpft oder getilgt werden sollen.

**[0017]** Je nach vorgesehener Federkonstante und gegebenenfalls auch Dämpfungskonstante, können auch jeweils mehrere Feder- oder Dämpferelemente vorgesehen sein, deren Befestigungspunkte in dem Bau- oder Tragwerk bevorzugt räumlich verteilt sind.

**[0018]** Zwei bevorzugte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

**[0019]** Es zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts

einer Hängebrücke und

Fig. 2 eine schematische Ansicht des Brückenträgers im Querschnitt mit zwei erfindungsgemäßen Dämpfungseinrichtungen einer ersten Ausgestaltung, jeweils eine auf jeder Seite des Brückenträgers, und

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Bauwerks mit einer erfindungsgemäßen Dämpfungseinrichtung in einer zweiten Ausgestaltung, bei der die Kontrollfläche von dem Bauwerk abgesetzt ist.

**[0020]** Fig. 1 zeigt einen Brückenträger 10 im Ausschnitt, wie er bei Hängebrücken verwendet wird. Der Versteifungsträger 12 wird durch Hänger 14 an zwischen den Masten der Brücke gespannten Seilen 16 gehalten. An dem Versteifungsträger 12 sind beidseitig drehbar gelagerte Flügelemente angeschlossen.

**[0021]** Fig. 2 zeigt den Körper des Brückenträgers 12 im Querschnitt. Die Längsachse des Brückenträgers ist mit 18 gekennzeichnet. Seitlich an dem Brückenträger stehen zwei Flügelemente 20, 22 vor, die jeweils in einem Lagerpunkt 24, 26 schwenkbar gelagert sind und die aerodynamische Kontrollflächen bilden. Auf ihrer Innenseite, in dem Brückenträger 12, besitzen die Flügelemente 20, 22 Arme 28, 30, an deren Enden jeweils ein Massenkörper 32, 34 vorgesehen ist.

**[0022]** In dem dargestellten Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist jeder Arm 28 oder 30 über ein Federelement 36 bzw. 40 und ein Dämpferelement 38 bzw. 42 mit dem Brückenträger 12 verbunden. Flügelemente 20, 22 sowie Massenkörper 32, 34 und Federn 36, 40 sind jeweils so angeordnet, dass ohne äußeren Krafteinfluss die Flügelemente 20, 22 in einer vorbestimmten Position verbleiben. Eine Auslenkung der Flügelemente aus ihrer Ruhelage führt zu einer Schwingung, die die Bewegung des Brückenträgers 12 dämpft.

**[0023]** In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 besteht der mechanische Tilger aus mehreren jeweils beteiligten Massen (Massenkörper 32 bzw. 34, Arm 28 bzw. 30, Flügelement 20 bzw. 22), aus einer Feder 36 bzw. 40 und einem Dämpferelement 38 bzw. 42. Sein Bewegungsfreiheitsgrad ist die Drehung um den Lagerpunkt 24 bzw. 26. Er wird durch Vertikal- und Torsionsschwingungen des Brückenträgers zu Schwingungen angeregt. Die Schwingungsanregung des Tilgers und damit seine Wirksamkeit erfordern im Allgemeinen eine Unausgewogenheit der Massenverteilung und damit eine Vorspannung der Feder 36 bzw. 40 in der statischen Ruhelage. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sollte die Masse der Flügelemente im Interesse großer Wirksamkeit des mechanischen Tilgers möglichst klein sein. Die zwangläufige kinematische Kopplung zwischen mechanischem Tilger und aerodynamischer Kontrollfläche besteht in diesem Ausführungsbeispiel einfach aus dem beide Elemente verbindenden Arm 28 bzw. 30.

**[0024]** Die Tilgerwirkung des mechanischen Tilgers

entsteht durch die Trägheitskräfte der beteiligten Massen und die Dämpfungskräfte in dem Dämpferelement.

**[0025]** Bei dem aeroelastischen Tilger des Ausführungsbeispiels überträgt sich die - Verdrehung des mechanischen Tilgers (relativ zur Brücke) auf die im Windstrom liegende, drehbar gelagerte aerodynamische Kontrollfläche 20 bzw. 22, die dem jeweiligen mechanischen Tilger zugeordnet ist. Hierdurch wird das Strömungsfeld dynamisch verändert und zusätzlich zeitveränderliche Luftkräfte induziert. Durch die Abstimmung des Tilgers wirken diese den schwingungsanfachenden Kräften entgegen, wodurch fremdinduzierte Brückenschwingungen beruhigt und die kritische Windgeschwindigkeit für das Flattern erhöht wird.

**[0026]** Der erfindungsgemäße mechanische Tilger kann auch in eine vorgegebene gerade Richtung schwingen und kann anstelle des starr mit der aerodynamischen Kontrollfläche verbundenen Hebels auch andere zwangläufige Verbindungen, wie beispielsweise Übersetzungshebel und -getriebe aufweisen. Die Abstimmung des aeroelastischen Tilgers erfolgt durch die Wahl von Masse  $m$ , Federkonstante  $k$  und Dämpfungskonstante  $c$  als den zentralen mechanischen Kenngrößen, der Wahl des Abstands des mechanischen Tilgers von der Brückenachse, der Wahl seines Bewegungsfreiheitsgrads, der Kinematik der zwangläufigen kinematischen Verbindungen sowie der Kontur und der Masse der aerodynamischen Kontrollflächen.

**[0027]** Wie vorstehend bereits erläutert, besteht die Hauptwirkung des aeroelastischen Tilgers darin, durch eine Schwingungsbewegung der aerodynamischen Kontrollfläche die Luftströmung an dem Bauwerk derart zu lenken, dass ein Aufschaukeln unterbleibt und das Bauwerk stabilisiert wird. Gleichzeitig mit der Steuerung der Strömungskräfte durch die Bewegung des Tilgers können die auf die aerodynamische Kontrollfläche wirkenden Strömungskräfte über die bestehende zwangläufige Verbindung auch auf die Schwingung des mechanischen Tilgers zurückwirken. Dieser Einfluss kann je nach Bauwerk und Auslegung des aeroelastischen Tilgers eine unterstützende oder eine störende Wirkung aufweisen. Durch eine geeignete Lagerung der aerodynamischen Kontrollflächen oder andere Maßnahmen kann diese Rückwirkung auf den mechanischen Tilger unterdrückt werden.

**[0028]** Ein Ausführungsbeispiel, in dem diese Rückwirkung durch die Lagerung der Kontrollfläche unterdrückt wird, ist in Fig. 3 gezeigt. In diesem Fall besteht die aerodynamische Kontrollfläche aus einem vom Bauwerk abgesetzten, mit dem Bauwerk durch eine Haltevorrichtung 46 verbundenen Schild 44. Der Schild ist dabei um einen Lagerpunkt 48 im mittleren Bereich des Schilds drehbar gelagert. Die zwangläufige kinematische Kopplung mit dem in Inneren des Brückenträgers befindlichen mechanischen Tilger 60 erfolgt über ein bewegliches Gestängeglied 50, das wahlweise über ein Gestängeglied 52 oder 56 mit dem Schild 44 gekoppelt ist.

**[0029]** Der aeroelastische Tilger kann ein- oder beid-

seitig (relativ zur Brückenlängsachse) vorgesehen sein. Bei beidseitiger Anordnung können beide Tilger auch gekoppelt oder unabhängig voneinander betrieben werden. Letzterer Fall ist in Fig. 2 dargestellt. Sind beide Tilger gekoppelt (nicht- dargestellt), so ist eine entsprechende zwangläufige kinematische Verbindung zwischen beiden Tilgern vorzusehen. Sind dagegen beide Tilger unabhängig voneinander, besteht die Möglichkeit, diese auf einer Seite, z.B. leeseitig zu arretieren.

**[0030]** In den Figuren nicht dargestellt ist eine zwangläufige kinematische Kopplung zwischen mechanischem Tilger und aerodynamischer Kontrollfläche, die es erlaubt Frequenzverhältnisse zwischen der Schwingung des mechanischen Tilgers und der Schwingung der aerodynamischen Kontrollfläche einzustellen. Das Amplitudenverhältnis lässt sich im Falle eines Übersetzungsgestänges z. B. durch Verschieben der Verbindungspunkte der Gestängeglieder, wie in Fig. 3 gezeigt oder ähnlich, einstellen. Ein Drehgelenk 58 ist dabei fest mit dem ersten Gestängeglied 52 verbunden und innerhalb eines Langlochs 54 in dem zweiten Gestängeglied 50 arretiert. Die Einstellung kann somit stufenlos durch Verschieben des Drehgelenks 58 im Langloch 54 erfolgen.

**[0031]** Durch Anschluss des ersten Gestängeglieds in der hinteren Position 52 oder in der vorderen Position 56 kann ein Phasenverhältnis von 0° oder 180° eingestellt werden, wobei die Kopplung des vorderen Gestängeglieds 56 ebenso wie die oben beschriebene Kopplung des hinteren Gestängeglieds 52 erfolgen kann.

**[0032]** Im Falle eines Übersetzungsgetriebes kann das Amplitudenverhältnis abgestuft oder stufenlos mit einem entsprechenden Schaltgetriebe oder stufenlosen Getriebe eingestellt werden.

**[0033]** Das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung wurde im Zusammenhang mit einer Brücke beschrieben, ist jedoch in seinem Einsatz keineswegs auf Brücken beschränkt. Vielmehr kann die erfindungsgemäße Vorrichtung auch bei horizontalen Schwingungen, wie sie beispielsweise bei Türmen auftreten, eingesetzt werden. Hier verläuft die Achse 18 dann in vertikaler Richtung.

**[0034]** Der aeroelastische Tilger besitzt als besonderen Vorzug, bedingt durch die Entbehrlichkeit externer Energieversorgung, einen hohen Grad an Wirtschaftlichkeit und ein hohes Maß an Betriebssicherheit.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Dämpfung oder Unterdrückung von Schwingungen an einem Bauwerk, die folgendes aufweist:

mindestens eine aerodynamische Kontrollfläche (20, 22; 44), die drehbar und/oder verschieblich gelagert ist,

- mindestens einen mechanischen Tilger

(60) mit einem Federelement (36, 40), der relativ zum Bauwerk zu Drehschwingungen oder zu Schwingungen in eine vorgegebene Richtung fähig ist,

und mindestens eine zwangläufige kinematische Kopplung zwischen mechanischem Tilger und aerodynamischer Kontrollfläche, wobei der mechanische Tilger mindestens einen Massekörper (32, 34) besitzt, wobei der mechanische Tilger zusätzlich zu dem Federelement ein Dämpferelement (38, 42) aufweist wobei sowohl Torsionsschwingungen als auch Schwingungen in vorgegebene Richtungen gedämpft oder unterdrückt werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwangläufige kinematische Kopplung zwischen mechanischem Tilger und Kontrollfläche durch bewegliche mechanische Elemente, wie beispielsweise Übersetzungshebel, Übersetzungsgestänge (50, 52, 56) oder Übersetzungsgetriebe hergestellt wird.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplung zwischen mechanischem Tilger und Kontrollfläche ein Einstellen eines Amplituden und/oder Phasen und/oder Frequenzverhältnisses zwischen der Schwingung des mechanischen Tilgers und der Schwingung der aerodynamischen Kontrollfläche erlaubt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplung ein Gestänge mit einem ersten Gestängeglied (52 oder 56) und einem zweiten Gestängeglied (50) aufweist, wobei das Amplitudenverhältnis durch die Lage eines Verbindungspunktes (58) zwischen den Gestängegliedern (50, 52, 56) einstellbar ist und das Phasenverhältnis durch die Lage eines Verbindungspunktes des Gestänges (52 oder 56) mit der Kontrollfläche (44) einstellbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuerung vorgesehen ist, die Amplituden Phasen und/oder Frequenzverhältnisse ansteuert.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als aerodynamische Kontrollfläche eine bewegliche Kante oder ein Flügелеlement (20, 22) vorgesehen ist, das mit einem Abschnitt frei aus dem Bauwerk vorsteht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flügелеlement (20, 22) in einem Lagerpunkt (24, 26) drehbar gelagert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flügelement mit seiner zu beiden Seiten des Lagerpunkts (24, 26) angeordneten Masse den mechanischen Tilger bildet. 5
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flügelement (20, 22) einen Arm (28, 30) aufweist. 10
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flügelement (20, 22), der Arm und das Federelement den mechanischen Tilger bilden. 15
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arm (28, 30) an seinem freien Ende einen Massenkörper (32, 34) aufweist. 20
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als aerodynamische Kontrollfläche ein vom Bauwerk abgesetzter Schild (44) vorgesehen ist, der über Haltevorrichtungen (46) mit dem Bauwerk (12) verbunden ist. 25
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vom Bauwerk abgesetzte Schild (44) drehbar und/oder verschieblich gelagert ist, wobei die Bewegung des Schilds so geführt wird, dass eine Drehung um einen, bezogen auf das Bauwerk, ortsfesten oder nicht ortsfesten Pol eintritt. 30
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf die aerodynamische Kontrollfläche wirkenden Strömungskräfte auf die Schwingungen des mechanischen Tilgers zurückwirken. 35
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf die aerodynamische Kontrollfläche wirkenden Strömungskräfte, durch Wahl einer geeigneten Lagerung der Kontrollfläche, auf die Schwingungen des mechanischen Tilgers nicht zurückwirken. 40
16. Vorrichtung nach Anspruch 15 rückbezogen auf 12 und 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** als aerodynamische Kontrollfläche ein vom Bauwerk abgesetzter Schild vorgesehen ist, der so gelagert ist, dass die Bewegung des Schilds als Drehung um einen Pol im mittleren Bereich des Schilds erfolgt. 45
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mechanische Tilger über zwei zwangsläufige kinematische Kopplungen mit zwei aerodynamischen Kontrollflächen gekoppelt ist, die paarweise auf einander gegenüberliegenden Seiten einer Bauwerksachse (18) angeordnet sind, wobei sowohl Rotationsschwingungen 50

um die Achse (18) als auch Schwingungen in vorgegebener Richtung, insbesondere in Richtung senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Kontrollflächen, gedämpft oder getilgt werden.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei aerodynamische Kontrollflächen mit jeweils zugehörigen mechanischen Tilgern und deren kinematischen zwangsläufigen Kopplung paarweise auf einander gegenüberliegenden Seiten einer Bauwerksachse (18) angeordnet sind, wobei sowohl Rotationsschwingungen um die Achse (18) als auch Schwingungen in vorgegebener Richtung, insbesondere in Richtung senkrecht zur Verbindungslinie zweier gegenüberliegender Kontrollflächen, gedämpft oder getilgt werden. 55
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Kontrollflächen arretiert ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei mechanische Tilger durch eine zwangsläufige kinematische Kopplung miteinander gekoppelt sind.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwangsläufige kinematische Kopplung der mechanischen Tilger eine Übersetzungseinrichtung aufweist, die ein Einstellen und Steuern von Amplituden-, Phasenund/oder Frequenzverhältnissen erlaubt.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden mechanischen Tilger mehrere Federelemente vorgesehen sind.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden mechanischen Tilger mehrere Dämpferelemente vorgesehen sind.
24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Federelemente und/oder die Dämpferelemente an unterschiedlichen Punkten befestigt sind.

## Claims

1. A device for damping or suppressing vibrations in a building, comprising the following:
  - at least one aerodynamic control surface (20, 22; 44) which is supported rotatably and/or movably,

- at least one mechanical absorber (60) comprising a spring element (36, 40) and being capable of performing torsional vibrations or vibrations in a predetermined direction relative to the building,
- and at least one positive kinematic coupling between the mechanical absorber and the aerodynamic control surface, wherein the mechanical absorber comprises a least one mass body (32, 34), wherein
- the mechanical absorber comprises, in addition to the spring element, a damper element (38, 42), wherein both torsional vibrations and vibrations in predetermined directions are damped or suppressed.
2. The device according to claim 1, **characterized in that** the positive kinematic coupling between mechanical damper and control surface is realized by movable mechanical elements such as, for example, transmission lever, transmission rod assembly (50, 52, 56) or transmission gearing.
  3. The device according to any one of claims 1 to 2, **characterized in that** the coupling between mechanical absorber and control surface allows adjustment of an amplitude and/or phase and/or frequency ratio between the vibration of the mechanical absorber and the vibration of the aerodynamic control surface.
  4. The device according to claim 3, **characterized in that** the coupling comprises a rod assembly with a first rod element (52 or 56) and a second rod element (50), wherein the amplitude ratio is adjustable by the position of a connection point (58) between the rod elements (50, 52, 56) and the phase ratio is adjustable by the position of a connection point of the rod assembly (52 or 56) and the control surface (44).
  5. The device according to any one of claim 3 or 4, **characterized in that** a control means is provided for controlling the amplitude, phase and/or frequency ratios.
  6. The device according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** a movable edge or a wing element (20, 22), a portion of which projects freely from the building, is provided as aerodynamic control surface.
  7. The device according to claim 6, **characterized in that** the wing element (20, 22) is rotatably supported in a supporting point (24, 26).
  8. The device according to claim 7, **characterized in that** the mechanical absorber is formed by the wing element with its mass arranged at both sides of the supporting point (24, 26).
  9. The device according to any one of claims 6 to 8, **characterized in that** the wing element (20, 22) comprises an arm (28, 30).
  10. The device according to claim 9, **characterized in that** the wing element (20, 22), the arm and the spring element form the mechanical absorber.
  11. The device according to claim 10, **characterized in that** the arm (28, 30) comprises a mass body (32, 34) at its free end.
  12. The device according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** a shield (44) which is offset from the building and which is connected to the building (12) by means of holding devices (46) is provided as aerodynamic control surface.
  13. The device according to claim 12, **characterized in that** the shield (44) offset from the building is supported rotatably and/or movably, wherein the movement of the shield is controlled such that there is a rotation about a stationary or non-stationary pole relative to the building.
  14. The device according to any one of claims 1 to 13, **characterized in that** the flow forces acting on the aerodynamic control surface have a retroactive effect on the vibrations of the mechanical absorber.
  15. The device according to any one of claims 1 to 13, **characterized in that** the flow forces acting on the aerodynamic control surface do not have a retroactive effect on the vibrations of the mechanical absorber by selecting a suitable support of the control surface.
  16. The device according to claim 15 back-referenced to claims 12 and 13, **characterized in that** a shield which is offset from the building and which is supported such that the movement of the shield is realized as rotation about a pole in the central region of the shield is provided as aerodynamic control surface.
  17. The device according to any one of claims 1 to 16, **characterized in that** by means of two positive kinematic couplings, the mechanical absorber is coupled to two aerodynamic control surfaces which are arranged in pairs on opposite sides of a building axis (18), wherein both torsional vibrations about the axis (18) and vibrations in a predetermined direction, in particular in the direction perpendicular to the connection line of the two control surfaces, are damped or absorbed.

18. The device according to any one of claims 1 to 16, **characterized in that** at least two aerodynamic control surfaces with two associated mechanical absorbers each and their kinematic positive coupling are arranged in pairs on two opposite sides of a building axis (18), wherein both torsional vibrations about the axis (18) and vibrations in a predetermined direction, in particular in the direction perpendicular to the connection line of two opposite control surfaces, are damped or absorbed.
19. The device according to claim 18, **characterized in that** at least one of the control surfaces is locked in place.
20. The device according to claim 18, **characterized in that** at least two mechanical absorbers are coupled with each other by a positive kinematic coupling.
21. The device according to claim 20, **characterized in that** the positive kinematic coupling of the mechanical absorbers comprises a transmission means which allows adjustment and control of amplitude, phase and/or frequency ratios.
22. The device according to any one of claims 1 to 21, **characterized in that** a plurality of spring elements are provided for each mechanical absorber.
23. The device according to any one of claims 1 to 22, **characterized in that** a plurality of damper elements are provided for each mechanical absorber.
24. The device according to claim 22 or 23, **characterized in that** the spring elements and/or the damper elements are attached to different points.

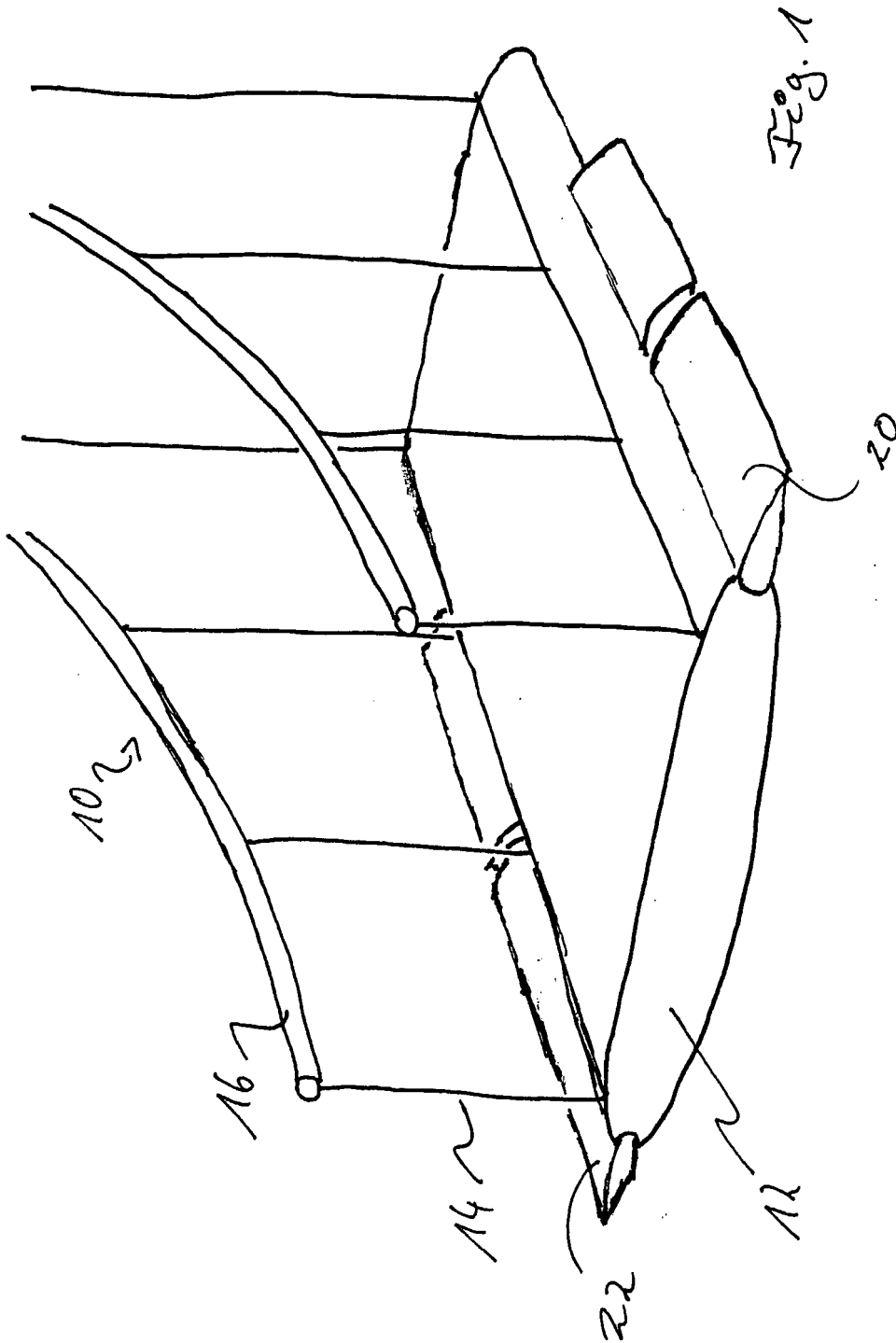
## Revendications

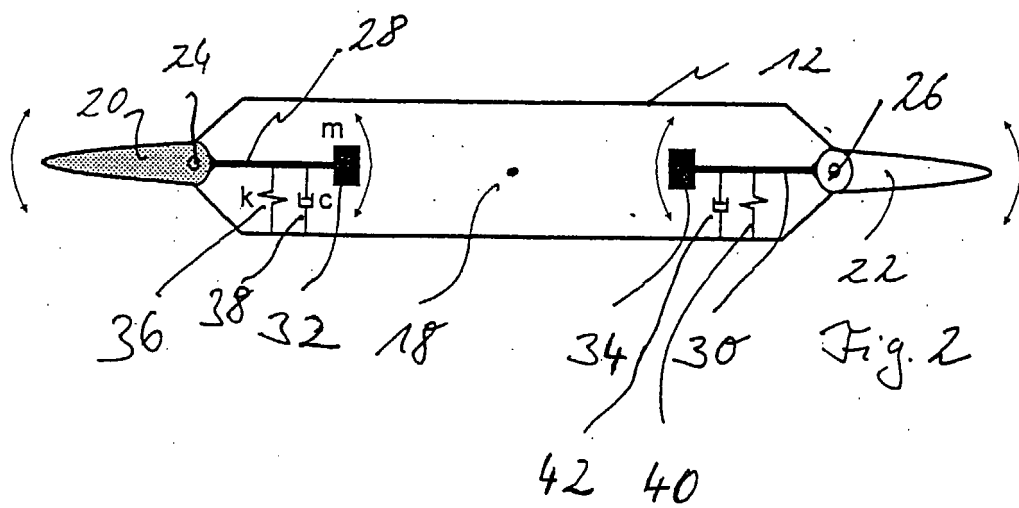
1. Dispositif servant à atténuer ou à supprimer des oscillations sur un édifice, lequel présente ce qui suit :
- au moins une surface de contrôle (20, 22 ; 44) aérodynamique, qui est montée de manière à pouvoir tourner et/ou coulisser,
- au moins un amortisseur (60) mécanique avec un élément de ressort (36, 40), lequel est en mesure d'osciller en rotation ou d'osciller dans une direction prédéfinie par rapport à l'édifice,
- et au moins un couplage cinématique forcé entre un amortisseur mécanique et une surface de contrôle aérodynamique, dans lequel l'amortisseur mécanique possède au moins un corps de masse (32, 34), dans lequel l'amortisseur mécanique présente en plus de l'élément de ressort un élément d'atténuation (38, 42), dans lequel à la fois des oscillations de torsion et des os-

cillations dans des directions prédéfinies sont atténuées ou supprimées.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le couplage cinématique forcé est établi entre un amortisseur mécanique et une surface de contrôle par des éléments mécaniques mobiles, tels qu'un levier de démultiplication, une tringlerie de démultiplication (50, 52, 56) ou un engrenage de démultiplication.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** le couplage entre un amortisseur mécanique et une surface de contrôle permet un réglage d'un rapport d'amplitudes et/ou de phases et/ou de fréquences entre l'oscillation de l'amortisseur mécanique et l'oscillation de la surface de contrôle aérodynamique.
4. Dispositif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le couplage présente une tringlerie avec un premier organe de tringlerie (52 ou 56) et un deuxième organe de tringlerie (50), dans lequel le rapport d'amplitudes peut être réglé par la position d'un point de liaison (58) entre les organes de tringlerie (50, 52, 56) et le rapport de phases peut être réglé par la position d'un point de liaison de la tringlerie (52 ou 56) avec la surface de contrôle (44).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'une** commande est prévue, laquelle pilote les rapports d'amplitudes, de phases et/ou de fréquences.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'est** prévu en tant que surface de contrôle aérodynamique un bord mobile ou un élément de battant (20, 22), qui fait saillie librement de l'édifice par une section.
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'élément de battant (20, 22) est monté de manière à pouvoir tourner en un point de palier (24, 26).
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'élément de battant forme avec son poids disposé des deux côtés du point de palier (24, 26) l'amortisseur mécanique.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** l'élément de battant (20, 22) présente un bras (28, 30).
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élément de battant (20, 22), le bras et l'élément de ressort forment l'amortisseur mécanique.

11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le bras (28, 30) présente au niveau de son extrémité libre un corps de poids (32, 34).
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**un panneau (44) décalé par rapport à l'édifice est prévu en tant que surface de contrôle aérodynamique, lequel est relié à l'édifice (12) par l'intermédiaire de dispositifs de maintien (46). 5
13. Dispositif selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le panneau (44) décalé par rapport à l'édifice est monté de manière à pouvoir tourner et/ou coulisser, dans lequel le déplacement du panneau est guidé de telle sorte qu'une rotation autour d'un pôle stationnaire ou non stationnaire par rapport à l'édifice a lieu. 10
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** les forces d'écoulement agissant sur la surface de contrôle aérodynamique rétroagissent sur les oscillations de l'amortisseur mécanique. 15
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** les forces d'écoulement agissant sur la surface de contrôle aérodynamique ne rétroagissent pas sur les oscillations de l'amortisseur mécanique du fait du choix d'un montage adapté de la surface de contrôle. 20
16. Dispositif selon la revendication 15 en lien avec les revendications 12 et 13, **caractérisé en ce qu'**est prévu en tant que surface de contrôle aérodynamique un panneau décalé de l'édifice, lequel est monté de telle sorte que le déplacement du panneau est effectué sous la forme d'une rotation autour d'un pôle dans la zone centrale du panneau. 25
17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** l'amortisseur mécanique est couplé par l'intermédiaire de deux couplages forcément cinématiques à deux surfaces de contrôle aérodynamiques, qui sont disposées par paire sur des côtés opposés les uns aux autres d'un axe d'édifice (18), dans lequel aussi bien des oscillations de rotation autour de l'axe (18) que des oscillations dans une direction prédéfinie en particulier dans une direction perpendiculaire par rapport à la ligne de liaison des deux surfaces de contrôle sont atténuées ou amorties. 30
18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce qu'**au moins deux surfaces de contrôle aérodynamiques comprenant respectivement des amortisseurs mécaniques associés et leur couplage cinématique forcé sont disposées par 35
- paire sur des côtés opposés les uns aux autres d'un axe d'édifice (18), dans lequel aussi bien des oscillations de rotation autour de l'axe (18) que des oscillations dans une direction prédéfinie, en particulier dans une direction perpendiculaire par rapport à la ligne de liaison de deux surfaces de contrôle se faisant face, sont atténuées ou amorties. 40
19. Dispositif selon la revendication 18, **caractérisé en ce qu'**au moins une des surfaces de contrôle est arrêtée. 45
20. Dispositif selon la revendication 18, **caractérisé en ce qu'**au moins deux amortisseurs mécaniques sont couplés l'un à l'autre par un couplage cinématique forcé. 50
21. Dispositif selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** le couplage cinématique forcé des amortisseurs mécaniques présente un système de multiplication, qui permet un réglage et une commande de rapports d'amplitudes, de phases et/ou de fréquences. 55
22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, **caractérisé en ce que** plusieurs éléments de ressort sont prévus pour chaque amortisseur mécanique.
23. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, **caractérisé en ce que** plusieurs éléments d'atténuation sont prévus pour chaque amortisseur mécanique.
24. Dispositif selon la revendication 22 ou 23, **caractérisé en ce que** les éléments de ressort et/ou les éléments d'atténuation sont fixés en des points différents.





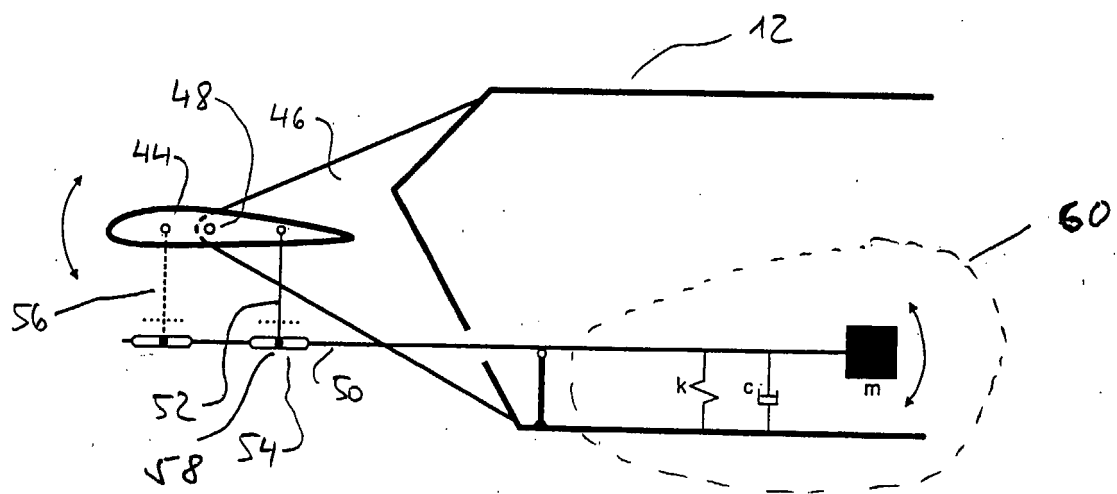


Fig. 3

**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**

- EP 0627031 B1 [0004]
- US 2270537 A [0005]