

(19)



(11)

EP 1 547 956 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.09.2007 Patentblatt 2007/36

(51) Int Cl.:
B66B 7/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04029143.7**

(22) Anmeldetag: **09.12.2004**

(54) Einrichtung und Verfahren zur Schwingungsdämpfung an einer Aufzugskabine

Device and method for reducing vibration in an elevator cabin

Dispositif et méthode pour la réduction des vibrations d'un cage d'ascenseur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **22.12.2003 EP 03405917**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.06.2005 Patentblatt 2005/26

(73) Patentinhaber: **INVENTIO AG**
6052 Hergiswil NW (CH)

(72) Erfinder:
• **Husmann, Josef**
6006 Luzern (CH)
• **Cortona, Elena**
8800 Thalwil (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 262 439 **US-A- 5 304 751**
US-A- 5 896 949 **US-A1- 2001 037 916**

EP 1 547 956 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung sowie ein Verfahren zur Reduktion von Schwingungen an einer an Schienen geführten Aufzugskabine.

[0002] Während der Fahrt einer Aufzugskabine in einem Aufzugsschacht können unterschiedliche Kräfte auf den Kabinenkörper bzw. einen den Kabinenkörper haltenden Kabinenrahmen einwirken und das System zu Schwingungen anregen. Ursache für die Schwingungen sind insbesondere Unebenheiten in den Führungsschienen sowie durch den Fahrtwind hervorgerufene Kräfte, welche die Kabine dazu veranlassen können, in horizontaler Richtung oder um eine der beiden Horizontalachsen bzw. um die Vertikalachse leicht zu schwingen. Auch seitliche Zugkräfte, die durch die Zugseile übertragen werden, oder plötzliche Lagerveränderungen der Last während der Fahrt können Ursache von Querschwingungen sein.

[0003] Um den Fahrkomfort für den Aufzug benutzende Personen und auch die Sicherheit des Systems zu erhöhen, werden Regelsysteme verwendet, welche versuchen, den auf die Aufzugskabine wirkenden Kräften entgegenzuwirken. Aus der EP 0 731 051 B1 der Anmelderin ist beispielsweise ein System bekannt, welches mehrere zwischen zwei Endstellungen bewegbar mit der Aufzugskabine verbundene Führungselemente aufweist, wobei quer zur Fahrtrichtung auftretende Schwingungen von mehreren an der Kabine angebrachten Sensoren erfasst und zur Steuerung mehrerer Aktuatoren verwendet werden, die zwischen der Kabine und den Führungselementen angeordnet sind. Die Aktuatoren werden dabei mit Hilfe einer Regeleinrichtung derart angesteuert, dass sie entgegengesetzt zu den auftretenden Kräften arbeiten und damit Schwingungen möglichst effektiv unterdrücken.

[0004] Eine typische Eigenschaft dieser Verfahren zur aktiven Dämpfung von Vibrationen in Aufzugskabinen ist, dass der Reglerausgang oder das Stellsignal für die elektrischen Aktuatoren begrenzt werden muss, da andernfalls die Gefahr der thermischen Überhitzung besteht. In der Veröffentlichung "Thermal Protection of Electromagnetic Actuators" von E. Cortona wird ein Verfahren beschrieben, bei dem die oben erwähnte Begrenzung des Stellsignals variabel und von der Temperatur der Aktuatoren abhängig gestaltet wird. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Aktuatoren nicht aufgrund einer zu hohen thermischen Belastung beschädigt werden.

[0005] Eine weitere typische Eigenschaft der oben erwähnten Verfahren zur aktiven Schwingungsdämpfung besteht ferner darin, dass der die Position der Aufzugskabine regelnde Positionsregler ein vorwiegend integrierendes Verhalten hat. Dies hat zur Folge, dass bei konstanter Regelabweichung das Ausgangssignal des Reglers mit der Zeit immer größer wird. Wird nun das oben erwähnte Verfahren der Begrenzung des Stellsignals eingesetzt, so kann der Effekt auftreten, dass das Ausgangssignal des Positionsreglers immer größer wird, so-

lange noch eine verhältnismäßig große Regelabweichung besteht. Wird dann die Regelabweichung jedoch wieder kleiner, dauert es zu lange bis das Stellsignal wieder den gewünschten Wert erreicht hat.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, die vorliegend genannten Nachteile zu vermeiden. Insbesondere soll erreicht werden, dass der Regler nach Erreichen der Begrenzung des Stellsignals schnell wieder richtig anspricht, sobald der Positionsfehler wieder kleiner wird.

[0007] Die Aufgabe wird durch eine Einrichtung zur Reduktion von Schwingungen einer an Schienen geführten Aufzugskabine gemäß Anspruch 1 bzw. durch ein Verfahren gemäß Anspruch 8 gelöst.

[0008] Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers und dem limitierten, also dem tatsächlich an die Aktuatoren weitergeleiteten Signal als zusätzliches Eingangssignal zu dem Regler zurückzuführen, wobei der Regler derart ausgeführt ist, dass die zurückgeführte Differenz möglichst gering bleibt.

[0009] Die erfindungsgemäße Maßnahme, die auch als Anti-Reset Windup (ARW) bezeichnet wird, ermöglicht es, die nach außen nicht sichtbaren Zustandsgrößen des Reglers so zu verändern, dass die angesprochene Differenz zwischen dem tatsächlichen Ausgangssignal des Reglers und dem an die Aktuatoren weitergeleiteten limitierten Ausgangssignal möglichst gering bleibt. Hierdurch ist sichergestellt, dass der Regler sehr schnell wieder auf Veränderungen des Systems anspricht, insbesondere in solchen Situationen, in denen der Positionsfehler wieder abnimmt.

[0010] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung enthält der Rückführungszweig, über den das Differenzsignal zu dem Regler zurückgeführt wird, einen Zeitverzögerungsblock, der das Differenzsignal zeitverzögert an den Regler übermittelt. Hierdurch ist sichergestellt, dass in dem Regelsystem keine geschlossene algebraische Schleife entsteht. Vorzugsweise arbeitet die Regeleinrichtung zeitdiskret, wobei der Zeitverzögerungsblock das Differenzsignal dann um eine Abtastperiode zeitverzögert zurück an den Regler übermittelt.

[0011] Der Maximalwert, auf den die Begrenzungseinheit das von dem Regler ausgegebene Ausgangssignal limitiert, kann wiederum temperaturabhängig geschaltet werden, wobei die Einrichtung hierzu einen Temperatursensor aufweist, der die Temperatur der Aktuatoren erfasst oder ein mathematisches Modell, das die Temperatur aufgrund der Ströme, der Umgebungstemperatur und des Dissipationsverhaltens der Aktuatoren, berechnet.

[0012] Die Regeleinrichtung ist vorzugsweise zweiteilig ausgestaltet und weist zum einen einen Positionsregler, welcher die Aktuatoren derart ansteuert, dass die Führungselemente gegenüber den Schienen eine vorgegebene Position einnehmen, sowie einen Beschleunigungsregler, welcher die Aktuatoren derart ansteuert,

dass an der Aufzugskabine auftretende Schwingungen unterdrückt werden, auf. Die Signale des Positionsreglers und des Beschleunigungsreglers werden hierbei addiert und dann als Summe den Aktuatoren zugeführt. Erfindungsgemäß ist bei diesem Ausführungsbeispiel die oben erwähnte Begrenzungseinheit mit dem Rückführungszweig lediglich für den Positionsregler vorgesehen.

[0013] Durch die erfindungsgemäße Maßnahme kann das Regelverhalten des Systems zur Schwingungsdämpfung deutlich optimiert werden, wobei nach wie vor sichergestellt ist, dass die Aktuatoren nicht überhitzen. Die Betriebssicherheit des Systems bleibt daher unverändert gewährleistet.

[0014] Nachfolgend soll die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer an Schienen geführten Aufzugskabine, bei der das erfindungsgemäße Regelungssystem zum Einsatz kommt;

Figur 2 das Signalflossschema eines Systems zur aktiven Schwingungsdämpfung mit einem Positions- und einem Beschleunigungsregler; und

Figur 3 das Signalflossschema der erfindungsgemäß ausgestalteten Regeleinrichtung.

[0015] Bevor die erfindungsgemäße Regeleinrichtung anhand der Figuren 2 und 3 erläutert wird, soll zunächst anhand von Figur 1 die Realisierung eines Gesamtsystems zur aktiven Dämpfung von Vibrationen einer Aufzugskabine besprochen werden.

[0016] Die in Figur 1 dargestellte und allgemein mit dem Bezugszeichen 1 versehene Kabine ist dabei in einen Kabinenkörper 2 sowie einen Kabinenrahmen 3 unterteilt. Der Kabinenkörper 2 ist in dem Rahmen 3 mit Hilfe mehrerer Gummifedern 4 gelagert, die zur Isolation von Körperschall vorgesehen sind. Diese Gummifedern 4 sind verhältnismäßig steif ausgelegt, um das Auftreten niederfrequenter Schwingungen zu unterdrücken.

[0017] Die Kabine 1 wird mit Hilfe von vier Rollenführungen 5 an den beiden Führungsschienen 15 geführt, die in einem (nicht gezeigten) Aufzugsschacht angeordnet sind. Die vier Rollenführungen 5 sind üblicherweise identisch aufgebaut und seitlich unten und oben an dem Kabinenrahmen 3 angebracht. Sie weisen jeweils einen Ständer auf, an dem jeweils drei Führungsrollen 6 gelagert sind, zwei seitliche und eine mittlere Rolle. Die Führungsrollen 6 sind dabei jeweils mit Hilfe eines Hebels 7 beweglich gelagert und werden über eine Feder 8 auf die Führungsschienen 15 gedrückt. Die Hebel 7 der beiden seitlichen Führungsrollen 6 sind ferner über eine Zugstange 9 miteinander verbunden, so dass sie sich synchron miteinander bewegen.

[0018] Pro Rollenführung 5 sind zwei elektrische Aktuatoren 10 vorgesehen, die jeweils eine Kraft auf die

Hebel 7 ausüben, die parallel zu den zugehörigen Federn 8 wirkt. Ein erster Aktuator 10 bewegt dabei den mittleren Hebel 7 mit der zugehörigen mittleren Führungsrolle 6, während hingegen der zweite Aktuator 10 die beiden seitlichen Hebel 7 mit den zugehörigen seitlichen Führungsrollen 6 bewegt. Über die Aktuatoren 10 wird somit die Stellung der Hebel 7 bzw. der Rollen 6 und damit die Position der Aufzugskabine 1 bezüglich der Führungsschienen 15 beeinflusst.

[0019] Die Kabinenschwingungen oder Vibrationen, die von der Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zu dämpfen sind, treten in den folgenden fünf Freiheitsgraden auf:

- Verschiebungen in X-Richtung
- Verschiebungen in Y-Richtung
- Drehungen um die X-Achse
- Drehungen um die Y-Achse
- Drehungen um die Z-Achse

[0020] Die verschiedenen Verschiebungen bzw. Drehungen in den fünf Freiheitsgraden sind dabei jeweils auf eine unterschiedliche Lagerung der Aufzugskabine 1 an den vier Rollenführungen 5 in X- und/oder in Y-Richtung zurückzuführen.

[0021] Um Schwingungen der Kabine 1 in allen fünf oben genannten Freiheitsgraden erfassen zu können, sind pro Rollenführung 5 zunächst zwei Positionssensoren 11 vorgesehen, ein erster Sensor zur Erfassung der Lage des mittleren Hebels 7 mit der zugehörigen Führungsrolle 6 und ein zweiter Sensor zum Erfassen der Lage der beiden seitlichen Hebel 7 mit den zugehörigen seitlichen Führungsrollen 6. Darüber hinaus ist jede Rollenführung 5 mit zwei horizontal ausgerichteten Beschleunigungssensoren 12 ausgestattet, von denen einer Beschleunigungen in Verschiebungsrichtung der mittleren Führungsrolle 6 und der zweite Beschleunigungen senkrecht dazu in Verschiebungsrichtung der beiden seitlichen Führungsrollen 6 erfasst. Die Messsignale der Sensoren 11 und 12 geben Auskunft über die aktuelle Lage der Aufzugskabine 1 in Bezug auf die beiden Führungsschienen 15 und informieren ferner darüber, ob der Kabinenkörper 1 aktuellen Beschleunigungen ausgesetzt ist, die zu Schwingungen führen können.

[0022] An einer der Rollenführungen 5 (hier an der rechten oberen Rollenführung) ist ferner ein Drehbewegungssensor 13 vorgesehen, der den Drehwinkel einer ihm zugeordneten Führungsrolle 6 misst. Die über diesen Drehbewegungssensor 13 erhaltenen Messwerte geben Auskunft über den Fahrweg der Kabine sowie über deren aktuelle Fahrgeschwindigkeit in vertikaler, also in Z-Richtung. Ein auf der Decke des Kabinenkörpers 2 befestigtes Steuergerät 14 verarbeitet schließlich die von den Sensoren 11 und 12 übermittelten Signale und steuert nach Auswertung der Sensorsignale mit Hilfe eines Leistungsteils die elektrischen Aktuatoren 10 der vier Rollenführungen 5 an, um den Beschleunigungen und Vibrationen in geeigneter Weise entgegenzuwirken.

[0023] Die Figuren 2 und 3 zeigen das Signalflussschema des erfindungsgemäßen Systems zur aktiven Schwingungsdämpfung. Der grundsätzliche Aufbau gemäß Figur 2 entspricht dabei im wesentlichen dem Verfahren, wie es auch in der EP 0 731 051 B1 zum Einsatz kommt. Die dargestellten Signale sind dabei als Vektorsignale zu verstehen, welche mehrere Signale gleicher Art umfassen. Die Regeleinrichtung ist als sogenannter MIMO (Multi-Input Multi-Output) Regler ausgestaltet, der anhand von mehreren Eingangssignalen mehrere Stellsignale für die an den Rollenführungen befindlichen Aktuatoren ermittelt.

[0024] Bei dem in Figur 1 dargestellten System wirken auf die Kabine 1 äußere Störungen ein, welche sich aus indirekten Störkräften von den Schienen 15 sowie aus direkt an der Kabine 1 angreifenden Störkräften 16 in Form von Kabinenlast, Seil- und Windkräften zusammensetzen. Mit Hilfe der Positionssensoren 11 und der Beschleunigungssensoren 12 wird der aktuelle Zustand der Kabine ermittelt, wobei zunächst die von den Positionssensoren 11 gemessenen Positionen in einem Summationsblock 17 mit Referenzwerten verglichen werden, welche eine Referenzstellung der Kabine 1 in Bezug auf die Schienen 15 wiedergeben. Resultat der Summenbildung ist das Fehlersignal oder die Regelabweichung e_p , welche die Abweichungen der Positionen der Rollenführungen hinsichtlich der Referenzstellung beschreibt. Im Summationsblock 18 hingegen werden die Beschleunigungswerte der Beschleunigungssensoren 12 negiert, d.h. von dem Ideal- bzw. Referenzwert 0 (keine Beschleunigungen) abgezogen, wodurch das zweite Fehlersignal e_a erzeugt wird.

[0025] Die Regeleinrichtung 19 setzt sich wie bereits erwähnt aus zwei Reglern zusammen, einem Positionsregler (K_p) 20 sowie einem Beschleunigungsregler (K_a) 21. Der Grund für die Verwendung zweier getrennter Regler besteht darin, dass ein Ziel der Regeleinrichtung 19 darin besteht, Kabinenschwingungen im hohen Frequenzbereich (zwischen 0,9 und 15 Hz, und vorzugsweise zwischen 0,9 und 5 Hz) zu unterdrücken, ohne dass der geregelte Aufzug außerhalb dieses Frequenzbereiches sich schlechter verhält als der unregelte. Auf der anderen Seite muss die Regeleinrichtung 19 dafür sorgen, dass die Einstellung des Kabinenrahmens 3 bezüglich der Führungsschienen 15 so geregelt wird, dass jederzeit ein ausreichender Dämpfungsweg an den Rollen zur Verfügung steht. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Kabine 1 asymmetrisch beladen wird.

[0026] Für den ersten Regelungszweck ist eine Beschleunigungs- oder Geschwindigkeitsrückführung mit Trägheitssensoren ausreichend, während hingegen für das zweite Regelungsziel eine Positionsrückführung erforderlich ist. Beide Rückführungen haben zwei widersprüchliche Ziele, welche durch die Verwendung der beiden getrennten Regler 20 und 21 verfolgt werden. Wie in Figur 2 dargestellt ist, berücksichtigt der Positionsregler 20 ausschließlich die Messwerte der Positionssensoren 11 und ist dementsprechend für die Aufrechterhal-

tung der Führungsspiele der Kabine 1 verantwortlich. Der Beschleunigungsregler 21 hingegen verarbeitet die Messwerte der Beschleunigungssensoren 12 und ist für die Unterdrückung der Schwingungen erforderlich. Die Soll- bzw. Stellwerte beider Regler 20 und 21 werden in dem Summationsblock 23 addiert und als ein gemeinsames Stellsignal den Aktuatoren 10 zugeführt.

[0027] Die Lösung zum Vermeiden des oben angesprochenen Konflikts zwischen den beiden Reglern 20 und 21 basiert auf dem Umstand, dass die für eine Schiefelage der Kabine 1 verantwortlichen Kräfte (eine nicht-symmetrische Beladung der Kabine, eine große seitliche Seilkraft und dergleichen) sich wesentlich langsamer ändern als die anderen Störquellen, welche die Kabinenschwingungen verursachen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Schienenunebenheiten oder Luftstörkräfte. Die Verstärkungsänderungen im Frequenzbereich sind immer kontinuierlich, das heißt: es gibt keine festen Grenzen. Bei einer bestimmten Frequenz haben beide Regler 20 und 21 gleich viel Einfluss. Darüber wirkt der Beschleunigungsregler 21 stärker, darunter wirkt der Positionsregler 20 stärker.

[0028] Durch die Unterteilung der Regeleinrichtung 19 in einen Positions-Regelkreis sowie einen Beschleunigungs-Regelkreis können somit beide oben angesprochenen Regelziele verfolgt werden. Ein weiterer Vorteil der Unterteilung besteht ferner darin, dass die Regler 20 und 21 keine Nicht-Linearitäten enthalten. Anderenfalls wäre eine Stabilitätsanalyse und somit eine entsprechende Konfigurierung der beiden Regler nur schwer möglich.

[0029] Das Ausgangssignal F_p des Positionsreglers 20 wird jedoch im vorliegenden Fall zunächst noch einer Begrenzungseinheit 22 zugeführt, welche das Signal auf einen maximalen Betrag F_{max} limitiert. Das auf diese Weise erzeugte limitierte Ausgangssignal F_{pl} , für das

$$F_{pl} = \max[\min(F_p, F_{max}), -F_{max}]$$

gilt, wird schließlich in dem Block 23 mit dem Stellsignal F_a des Beschleunigungsreglers 21 addiert und dem bzw. den Aktuatoren 10 zugeführt.

[0030] Die Maximalgröße F_{max} der Begrenzungseinheit 22 ist von der thermischen Belastbarkeit der elektrischen Aktuatoren 10 und damit von deren aktueller Temperatur T_{act} abhängig. Hierzu sind an den Aktuatoren (in Fig. 1 nicht dargestellte) Temperatursensoren angebracht, welche ein entsprechendes Signal an die Regelungseinheit 19 übermitteln, die der Begrenzungseinheit 22 daraufhin den entsprechenden Maximalwert $F_{max}(T_{act})$ zuführt. Anstelle durch Messung kann die Temperatur T_{act} durch ein mathematisches Modell ermittelt werden. Dieses berücksichtigt die Ströme an den Aktuatoren 10, die Umgebungstemperatur und das Dissipationsverhalten der Aktuatoren 10.

[0031] Die in der bisherigen Weise durchgeführte Li-

mitierung des Ausgangssignals des Positionsreglers 20 hat zur Folge, dass das von dem Regler 20 ermittelte "theoretisch optimale" Stellsignal F_p immer weiter ansteigt, sofern über einen längeren Zeitraum hinweg Regelabweichungen von der Optimalposition vorliegen. Der Grund hierfür liegt darin, dass der Positionsregler 20 ein vorwiegend integrierendes Verhalten aufweist. Die Folge hiervon wäre, dass dann, wenn die Regelabweichung wieder abfällt, es zu lange dauert, bis das Ausgangssignal F_p des Reglers 20 wieder den gewünschten Wert erreicht hat, bis also der Regler auf die neue Situation reagieren kann. Um diese Problematik zu umgehen, ist erfindungsgemäß eine Erweiterung des Regelkreises vorgesehen, die nunmehr anhand von Figur 3 diskutiert werden soll. Dabei ist in Figur 3 ausschließlich die Regeleinrichtung 19 dargestellt, da die weiteren Komponenten des in Figur 2 dargestellten Signalflussschemas unverändert bleiben.

[0032] Die erfindungsgemäße Erweiterung besteht darin, dass nunmehr ein Rückführzweig vorgesehen ist, über den dem Positionsregler 20 ein weiteres Eingangssignal zugeführt wird. Bei diesem weiteren Eingangssignal handelt es sich um die Differenz zwischen dem Ausgangssignal F_p des Reglers 20 und dem von der Begrenzungseinheit 22 ausgegebenen limitierten Ausgangssignal F_{pl} . Beide Werte werden einem Summationsblock 24 zugeführt, der die Differenz e^F_k bildet. Das auf diese Weise ermittelte Fehlersignal wird dann einem Zeitverzögerungsblock (z^{-1}) 25 zugeführt, der das Signal zeitverzögert - vorzugsweise um eine Abtastperiode der zeitdiskret arbeitenden Regeleinrichtung 19 - als Eingangssignal e^F_{k-1} zu dem Positionsregler 20 zurückführt. Die Zeitverzögerung dieses Fehlersignals ist erforderlich, damit in dem Regelungs-System keine geschlossene algebraische Schleife entsteht.

[0033] Der Positionsregler 20 erhält somit nunmehr neben dem Fehlersignal e_p hinsichtlich der Position der Kabine 1 auch noch ein weiteres Eingangssignal e^F_{k-1} in Form des Differenzsignals zwischen dem Ausgangssignal F_p und dem limitierten Ausgangssignal F_{pl} . Der Regler 20 ist dabei derart konzipiert, dass das Differenzsignal e^F_k möglichst klein bleibt. Das Ausgangssignal F_p des Positionsreglers 20 soll somit durch die Begrenzungseinheit 22 lediglich geringfügig eingeschränkt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass für den Fall, dass das Positions-Fehlersignal e_p nach einem vorübergehenden Zeitraum mit höheren Abweichungen wieder einen kleineren Wert annimmt, der Regler möglichst umgehend auf die neue Situation reagieren kann. Dies ist nunmehr möglich, da nicht mehr der Effekt auftreten kann, dass das Ausgangssignal des Reglers 20 deutlich über den Maximalwert F_{max} der Begrenzungseinheit 22 hinausdriftet.

[0034] Die Implementierung des Rückführzweigs in die Regeleinrichtung wird dadurch erreicht, dass der Positionsregler 20 durch einen sogenannten Anti-Reset Windup (ARW) Algorithmus erweitert wird. Dieser Algorithmus verändert die internen Zustandsgrößen x des Po-

sitionsreglers 20 derart, dass das Differenzsignal e^F_k in der gewünschten Weise möglichst klein bleibt. Die das lineare Verhalten des Positionsreglers beschreibenden Gleichungen

$$x_{k+1} = A^p x_k + B^p e_p$$

$$F_{p,k} = C^p x_k + D^p e_p$$

werden hierzu mit einer sogenannten ARW-Matrix B^{ARW} erweitert, wodurch sich das folgende, das Verhalten des zu regelnden Systems beschreibende Gleichungssystem ergibt:

$$x_{k+1} = A^p x_k + [B^p, B^{ARW}] \cdot \begin{bmatrix} e_p \\ e^F_{k-1} \end{bmatrix}$$

$$F_{p,k} = C^p x_k + [D^p, [0]] \cdot \begin{bmatrix} e_p \\ e^F_{k-1} \end{bmatrix}$$

[0035] Die Berechnung der ARW-Matrix erfolgt dann bei dem Entwurf des Reglers mit dem sogenannten H_∞ -Verfahren. Dies ist ein - beispielsweise aus der Veröffentlichung "Robuste Regelung" von Hans P. Geering, IMRT-Press, Institut für Mess- und Regeltechnik der Eidgenössische Technische Hochschule Zürich - bekanntes Verfahren, mit dem ein Regler bei Kenntnis des Verhaltens des zu regelnden Systems entworfen werden kann, wobei der Hauptvorteil dieses Verfahrens darin besteht, dass es sich weitestgehend automatisieren läßt. Im vorliegenden Fall mit dem erweiterten Regelkreis werden dann zusätzliche Informationen verwendet, die ansonsten ungenutzt bleiben. Die Anwendung des H_∞ -Verfahrens und die Berechnung der ARW-Matrix sind beispielsweise auch aus U. Christen: Engineering Aspects of H_∞ Control, Diss. ETH Nr. 11433 (1996) bekannt.

[0036] Anzumerken ist, dass bei der dargestellten Unterteilung der Regeleinrichtung in die beiden Regelkreise die Limitierung und erfindungsgemäße Rückführung lediglich für das Ausgangssignal des Positionsreglers durchgeführt wird, was wiederum mit dem integrierenden Verhalten des Positionsreglers zusammenhängt. Der Beschleunigungsregler hingegen besitzt - wie erwähnt - eher das Verhalten eines Bandpaßfilters. Da die von ihm zur beherrschenden Vorgänge deutlich schneller sind als die von dem Positionsregler auszugleichenden Positionsveränderungen der Kabine, besteht nicht die Gefahr, dass die Aktuatoren durch die Stellsignale des Beschleu-

nigungsreglers dauerhaft einseitig beansprucht werden und somit die Gefahr einer Überhitzung besteht.

[0037] Durch die erfindungsgemäße Lösung ist somit sichergestellt, dass der Positionsregler in gewünschter Weise schnell auf sich ändernde Verhältnisse reagieren kann. Insbesondere erreicht der Regler mit Hilfe der erfindungsgemäßen Erweiterung auch für den Fall, dass das Positionsfehlersignal für einen längeren Zeitraum einen höheren Wert annimmt, schnell den gewünschten neuen Stellwert, sobald das Positionsfehlersignal wieder auf einen niedrigeren Wert fällt. Gleichzeitig ist allerdings sichergestellt, dass das Stellsignal des Reglers die vorgegebenen Maximalwerte nicht überschreitet und somit die Aktuatoren nicht Gefahr laufen, aufgrund einer überhöhten thermischen Belastung beschädigt zu werden.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Reduktion von Schwingungen einer an Schienen (15) geführten Aufzugskabine (1), aufweisend:

- mehrere Führungselemente (5, 6, 7) zum Führen der Aufzugskabine (1) entlang der Schienen (15),
- einen Sensor (11, 12) zum Erfassen von Positionsänderungen der Aufzugskabine (1) und/oder von an der Aufzugskabine (1) auftretenden Beschleunigungen,
- einen zwischen der Aufzugskabine (1) und den Führungselementen (5, 6, 7) angeordneten Aktuator (10) sowie
- eine Regeleinrichtung (19), welche auf Basis der von dem Sensor (11, 12) übermittelten Werte den Aktuator (10) zur Veränderung der Lage der Kabine (1) gegenüber den Schienen (15) ansteuert, wobei

die Regeleinrichtung (19)

- a) einen Regler (20, 21), der auf Basis der von dem Sensor (11, 12) übermittelten Werte ein Ausgangssignal zum Ansteuern des Aktuators (10) erzeugt, sowie
- b) eine Begrenzungseinheit (22), welche das von dem Regler (20, 21) ausgegebene Ausgangssignal auf einen Maximalwert limitiert und auf diese Weise das von der Regeleinrichtung (19) auszugebende Stellsignal erzeugt,

aufweist,

die Regeleinrichtung (19) ferner einen Rückführungsblock (24, 25) aufweist, über welchen dem Regler (20, 21) die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20, 21) und dem von der Begrenzungseinheit (22) erzeugten limitierten Ausgangssignal als weiteres Eingangssignal zugeführt

wird, wobei

der Regler (20, 21) derart ausgeführt ist, dass die zurückgeführte Differenz möglichst gering bleibt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückführungsblock (25) aufweist, welcher die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20, 21) und dem von der Begrenzungseinheit (22) erzeugten limitierten Ausgangssignal zeitverzögert an der Regler (20, 21) zurück übermittelt.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (19) zeitdiskret arbeitet, wobei der Zeitverzögerungsblock (25) das Differenzsignal um eine Abtastperiode zeitverzögert an den Regler (20, 21) übermittelt.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximalwert, auf den die Begrenzungseinheit das von dem Regler (20, 21) ausgegebene Ausgangssignal limitiert, temperaturabhängig ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximalwert von der Temperatur des Aktuators (10) abhängt, wobei die Einrichtung ferner mindestens einen die Temperatur des Aktuators (10) erfassenden Temperatursensor aufweist, dessen Messsignale der Begrenzungseinheit (22) zugeführt werden oder anstelle einer Messung kann die Temperatur des Aktuators (10) durch ein mathematisches, thermisches Modell ermittelt werden.

6. Einrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (19) aufweist:

- einen Positionsregler (20), welcher den Aktuator (10) in Abhängigkeit von Signalen von an der Aufzugskabine (1) angeordneten Positionssensoren (11) derart ansteuert, dass die Führungselemente (5, 6, 7) eine vorgegebene Position einnehmen, sowie
- einen Beschleunigungsregler (21), welcher den Aktuator (10) in Abhängigkeit von Signalen von an der Aufzugskabine (1) angeordneten Beschleunigungssensoren (12) derart ansteuert, dass an der Aufzugskabine (1) auftretenden Schwingungen unterdrückt werden,

wobei die Stellsignale des Positionsreglers (20) und des Beschleunigungsreglers (21) addiert und dem Aktuator (10) als Summensignal zugeführt werden.

7. Einrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Begrenzungseinheit (22) und der Rückführungs-
zweig (24, 25) lediglich zur Begrenzung und Rückführung des von dem Positionsregler (20) ausgegebenen Ausgangssignal vorgesehen sind. 5
8. Verfahren zur Reduktion von Schwingungen einer an Schienen (15) geführten Aufzugskabine (1), wobei die Kabine aufweist: 10
- mehrere Führungselemente (5, 6, 7) zum Führen der Aufzugskabine (1) entlang der Schienen (15),
 - einen Sensor (11, 12) zum Erfassen von Positionsänderungen der Aufzugskabine (1) und von an der Aufzugskabine (1) auftretenden Beschleunigungen. 15
 - einen zwischen der Aufzugskabine (1) und den Führungselementen (5, 6, 7) angeordneten Aktuator (10), sowie 20
 - eine Regeleinrichtung (19), welche auf Basis der von dem Sensor (11, 12) übermittelten Werte den Aktuator (10) zur Veränderung der Lage der Kabine (1) gegenüber den Schienen (15) ansteuert, 25
- wobei das von einem in der Regeleinrichtung (19) vorgesehenen Regler (20, 21) erzeugte Ausgangssignal zum Ansteuern des Aktuators (10) auf einen Maximalwert limitiert und auf diese Weise ein von der Regeleinrichtung (19) auszugebendes Stellsignal erzeugt wird, 30
- wobei die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20, 21) und dem limitierten Ausgangssignal dem Regler (20, 21) als zusätzliches Eingangssignal zugeführt wird, und 35
- wobei der Regler (20, 21) derart ausgeführt ist, dass die zurückgeführte Differenz möglichst gering bleibt. 40
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rückführung der Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20, 21) und dem limitierten Ausgangssignal zeitverzögert erfolgt. 45
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regeleinrichtung (19) zeitdiskret arbeitet, wobei die Rückführung um eine Abtastperiode zeitverzögert erfolgt. 50
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Maximalwert, auf den das von dem Regler (20, 21) ausgegebene Ausgangssignal limitiert wird, temperaturabhängig ist. 55

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Maximalwert von der Temperatur des Aktuators (10) abhängt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regeleinrichtung (19) aufweist 10
- einen Positionsregler (20), welcher den Aktuator (10) in Abhängigkeit von Signalen von an der Aufzugskabine (1) angeordneten Positionssensoren (11) derart ansteuert, dass die Führungselemente (5, 6, 7) eine vorgegebene Position einnehmen, sowie
 - einen Beschleunigungsregler (21), welcher den Aktuator (10) in Abhängigkeit von Signalen von an der Aufzugskabine (1) angeordneten Beschleunigungssensoren (12) derart ansteuert, dass an der Aufzugskabine (1) auftretenden Schwingungen unterdrückt werden, 15
- wobei die Stellsignale des Positionsreglers (20) und des Beschleunigungsreglers (21) addiert und dem Aktuator (10) als Summensignal zugeführt werden. 20
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass lediglich das Ausgangssignal des Positionsreglers (20) limitiert und zurückgeführt wird. 25

Claims

1. Equipment for reducing vibrations of a lift cage (1) guided at rails (15), comprising: 35
- a plurality of guide elements (5, 6, 7) for guiding the lift cage (1) along the rails (15),
 - a sensor (11, 12) for detecting positional changes of the lift cage (1) and accelerations occurring at the lift cage (1),
 - an actuator (10) arranged between the lift cage (1) and the guide elements (5, 6, 7) and
 - a regulating device (19) which on the basis of values transmitted from the sensor (11, 12) controls the actuator (10) for changing the position of the cage (1) relative to the rails (15), 40
- wherein the regulating device (19) comprises 45
- a) a regulator (20, 21) which on the basis of values transmitted from the sensor (11, 12) produces an output signal for controlling the actuator (10) and
 - b) a limiter unit (22) which limits the output signal issued by the regulator (20, 21) to a maximum value and in this manner produces the setting 50

signal to be issued by the regulating device (19),

and the regulating device (19) further comprises a feedback branch (24, 25) by way of which the difference between the output signal of the regulator (20, 21) and the limited output signal produced by the limiter unit (22) is fed to the regulator (20, 21) as a further input signal, wherein the regulator (20, 21) is constructed in such a manner that the difference which is fed back remains as small as possible.

2. Equipment according to claim 1, **characterised in that** the feedback branch comprises a time delay block (25) which transmits the difference between the output signal of the regulator (20, 21) and the limited output signal, which is produced by the limiter unit (22), delayed in time back to the regulator (20, 21).
3. Equipment according to claim 2, **characterised in that** the regulating equipment (19) operates in time-discrete manner, wherein the time delay block (25) transmits the difference signal delayed in time by a scanning period to the regulator (20, 21).
4. Equipment according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the maximum value to which the limiter unit limits the output signal issued by the regulator (20, 21) is temperature-dependent.
5. Equipment according to claim 4, **characterised in that** the maximum value depends on the temperature of the actuator (10), wherein the equipment further comprises at least one temperature sensor which detects the temperature of the actuator (10) and the measurement signals of which are fed to the limiter unit (22) or the temperature of the actuator (10) can be ascertained by a mathematical thermal model instead of a measurement.
6. Equipment according to one of the preceding claims, **characterised in that** the regulating equipment (19) comprises:

- a position regulator (20) which controls the actuator (10) in dependence on signals from position sensors (11), which are arranged at the lift cage (1), in such a manner that the guide elements (5, 6, 7) adopt a predetermined position and
- an acceleration regulator (21) which controls the actuator (10) in dependence on signals from acceleration sensors (12), which are arranged at the lift cage (1), in such a manner that vibrations arising at the lift cage (1) are suppressed,

wherein the setting signals of the position regulator

(20) and of the acceleration regulator (21) are summed and fed to the actuator (10) as a summation signal.

7. Equipment according to claim 6, **characterised in that** the limiter unit (22) and the feedback branch (24, 25) are provided merely for limitation and feedback of the output signal issued by the position regulator (20).
8. Method of reducing vibrations of a lift cage (1) guided at rails (15), wherein the cage comprises:
 - a plurality of guide elements (5, 6, 7) for guiding the lift cage (1) along the rails (15),
 - a sensor (11, 12) for detecting positional changes of the lift cage (1) and/or accelerations occurring at the lift cage (1),
 - an actuator (10) arranged between the lift cage (1) and the guide elements (5, 6, 7) and
 - a regulating device (19) which on the basis of values transmitted from the sensor (11, 12) controls the actuator (10) for changing the position of the cage (1) relative to the rails (15),
 wherein the output signal, which is produced by a regulator (20, 21) provided in the regulating equipment (19), for controlling the actuator (10) is limited to a maximum value and in this manner a setting signal to be issued by the regulating equipment (19) is produced, wherein the difference between the output signal of the regulator (20, 21) and the limited output signal is fed to the regulator (20, 21) as an additional input signal and wherein the regulator (20, 21) is constructed in such a manner that the difference which is fed back remains as small as possible.
9. Method according to claim 8, **characterised in that** the feedback of the difference between the output signal of the regulator (20, 21) and the limited output signal takes place delayed in time.
10. Method according to claim 9, **characterised in that** the regulating equipment (19) operates in time-discrete manner, wherein the feedback takes place delayed in time by a scanning period.
11. Method according to one of claims 8 to 10, **characterised in that** the maximum value to which the output signal issued by the regulator (20, 21) is limited is temperature-dependent.
12. Method according to claim 11, **characterised in that** the maximum value depends on the temperature of the actuator (10).

13. Method according to one of claims 8 to 12, **characterised in that** the regulating equipment (19) comprises:

- a position regulator (20) which controls the actuator (10) in dependence on signals from position sensors (11), which are arranged at the lift cage (1), in such a manner that the guide elements (5, 6, 7) adopt a predetermined position and
- an acceleration regulator (21) which controls the actuator (10) in dependence on signals from acceleration sensors (12), which are arranged at the lift cage (1), in such a manner that vibrations arising at the lift cage (1) are suppressed,

wherein the setting signals of the position regulator (20) and of the acceleration regulator (21) are summed and fed to the actuator (10) as a summation signal.

14. Method according to claim 13, **characterised in that** merely the output signal of the position regulator (20) is limited and fed back.

Revendications

1. Dispositif pour réduire les vibrations d'une cabine d'ascenseur (1) guidée sur des rails (15), comportant :

- plusieurs éléments de guidage (5, 6, 7) pour guider la cabine (1) le long des rails (15),
- un capteur (11, 12) pour détecter les variations de position de la cabine (1) et les accélérations survenant au niveau de celle-ci,
- un actionneur (10) disposé entre la cabine (1) et les éléments de guidage (5, 6, 7), et
- un dispositif de régulation (19) qui, sur la base des valeurs transmises par le capteur (11, 12), commande l'actionneur (10) pour modifier la position de la cabine (1) par rapport aux rails (15),

étant précisé que le dispositif de régulation (19) comporte

- a) un régulateur (20, 21) qui, sur la base des valeurs transmises par le capteur (11, 12), produit un signal de sortie pour commander l'actionneur (10), et
- b) une unité de limitation (22) qui limite à une valeur maximale le signal de sortie émis par le régulateur (20, 21) et qui produit de cette manière le signal de réglage à émettre par le dispositif de régulation (19),

que le dispositif de régulation (19) comporte aussi

une branche de rétroaction (24, 25) grâce à laquelle la différence entre le signal de sortie du régulateur (20, 21) et le signal de sortie limité produit par l'unité de limitation (22) est transmise comme signal d'entrée supplémentaire au régulateur (20, 21), et que le régulateur (20, 21) est conçu pour que la différence de rétroaction reste aussi faible que possible.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la branche de rétroaction comporte un bloc de temporisation (25) qui ramène au régulateur (20, 21) avec un retard la différence entre le signal de sortie du régulateur (20, 21) et le signal de sortie limité produit par l'unité de limitation (22).

3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (19) a un fonctionnement discret en temps, le bloc de temporisation (25) transmettant le signal différentiel au régulateur (20, 21) avec un retard correspondant à une période d'analyse.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la valeur maximale à laquelle l'unité de limitation limite le signal de sortie émis par le régulateur (20, 21) est fonction de la température.

5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la valeur maximale dépend de la température de l'actionneur (10), le dispositif comportant aussi au moins un capteur de température qui détecte la température de l'actionneur (10) et dont les signaux de mesure sont transmis à l'unité de limitation (22), ou au lieu d'être mesurée, la température de l'actionneur (10) est déterminée grâce à un modèle thermique mathématique.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (19) comporte :

- un régulateur de position (20) qui commande l'actionneur (10), en fonction des signaux de capteurs de position (11) disposés sur la cabine d'ascenseur (1), de telle sorte que les éléments de guidage (5, 6, 7) adoptent une position prédéfinie, et
- un régulateur d'accélération (21) qui commande l'actionneur (10), en fonction des signaux de capteurs d'accélération (12) disposés sur la cabine (1), de manière à réduire les vibrations apparaissant sur celle-ci,

les signaux de réglage du régulateur de position (20) et du régulateur d'accélération (21) étant additionnés et transmis à l'actionneur (10) sous la forme d'un signal de somme.

7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'unité de limitation (22) et la branche de rétroaction (24, 25) ne sont prévues que pour limiter et ramener pour une rétroaction le signal de sortie émis par le régulateur de position (20). 5
8. Procédé pour réduire les vibrations d'une cabine d'ascenseur (1) guidée sur des rails (15), la cabine comportant : 10
- plusieurs éléments de guidage (5, 6, 7) pour guider la cabine (1) le long des rails (15),
 - un capteur (11, 12) pour détecter les variations de position de la cabine (1) et les accélérations qui apparaissent sur celle-ci, 15
 - un actionneur (10) disposé entre la cabine (1) et les éléments de guidage (5, 6, 7), et
 - un dispositif de régulation (19) qui, sur la base des valeurs transmises par le capteur (11, 12), commande l'actionneur (10) pour modifier la position de la cabine (1) par rapport aux rails (15), 20
- étant précisé que le signal de sortie qui est produit par un régulateur (20, 21) prévu dans le dispositif de régulation (19) et qui est destiné à commander l'actionneur (10) est limité à une valeur maximale, et de cette façon, un signal à émettre par le dispositif de régulation (19) est produit, 25
- que la différence entre le signal de sortie du régulateur (20, 21) et le signal de sortie limité est transmise au régulateur (20, 21) comme signal d'entrée supplémentaire, 30
- et que le régulateur (20, 21) est conçu pour que la différence ramenée pour une rétroaction reste aussi faible que possible. 35
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la rétroaction de la différence entre le signal de sortie du régulateur (20, 21) et le signal de sortie limité se fait avec un retard. 40
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (19) a un fonctionnement discret en temps, la rétroaction se faisant avec un retard correspondant à une période d'analyse. 45
11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** la valeur maximale à laquelle est limité le signal de sortie émis par le régulateur (20, 21) est fonction de la température. 50
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la valeur maximale dépend de la température de l'actionneur (10). 55
13. Procédé selon l'une des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (19)
- comporte
- un régulateur de position (20) qui commande l'actionneur (10), en fonction des signaux de capteurs de position (11) disposés sur la cabine d'ascenseur (1), de telle sorte que les éléments de guidage (5, 6, 7) adoptent une position prédéfinie, et
 - un régulateur d'accélération (21) qui commande l'actionneur (10), en fonction des signaux de capteurs d'accélération (12) disposés sur la cabine (1), de manière à réduire les vibrations qui apparaissent sur celle-ci,
- les signaux de réglage du régulateur de position (20) et du régulateur d'accélération (21) étant additionnés et transmis à l'actionneur (10) sous la forme d'un signal de somme.
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** seul le signal de sortie du régulateur de position (20) est limité et ramené pour une rétroaction.

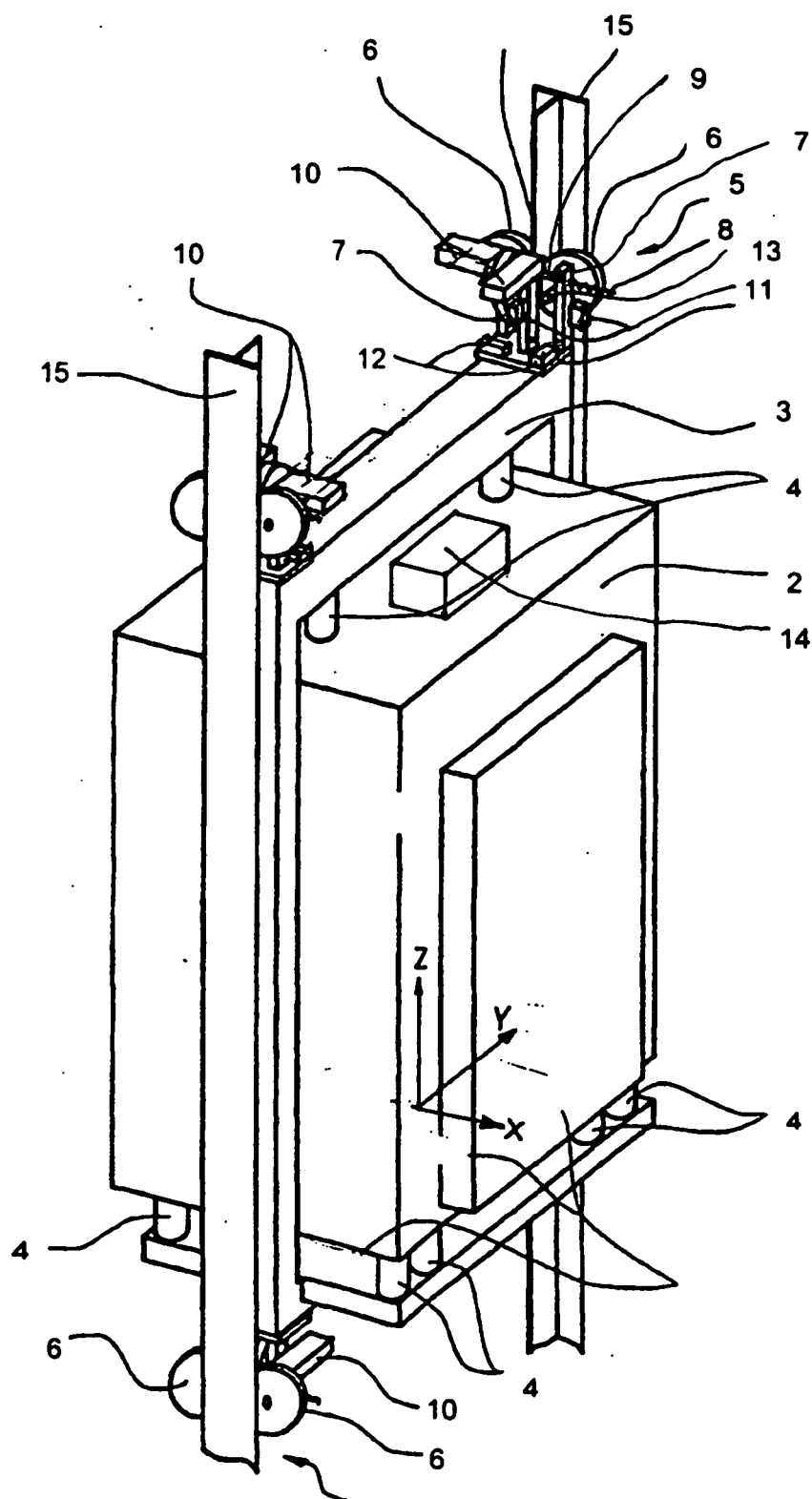


Fig. 1

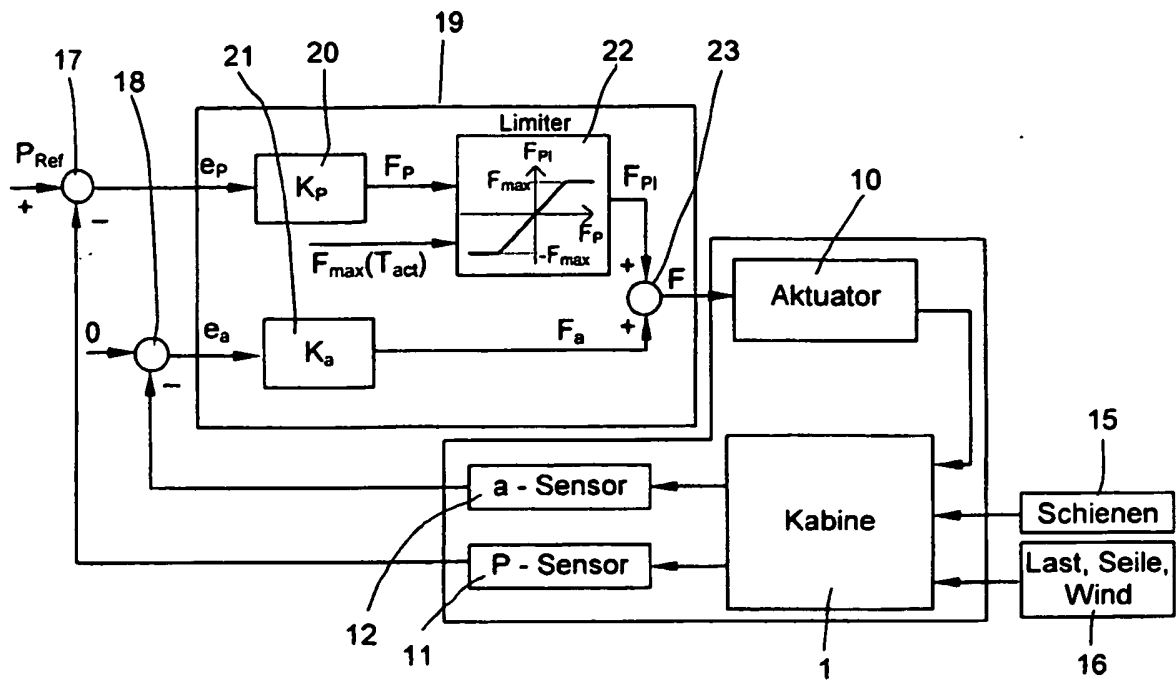


Fig. 2

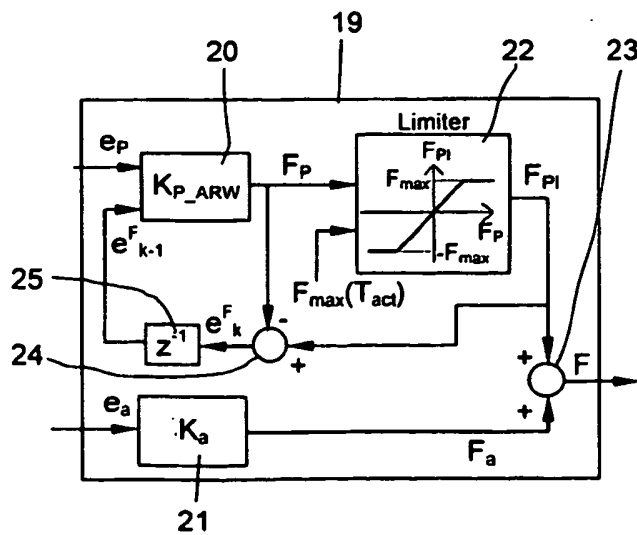


Fig. 3

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 0731051 B1 [0003] [0023]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HANS P. GEERING.** Robuste Regelung. IM-RT-Press [0035]
- **U. CHRISTEN.** Engineering Aspects of H^∞ Control, Diss, 1996, (11433 [0035])