

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.06.2005 Patentblatt 2005/26

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

(21) Anmeldenummer: **04029143.7**

(22) Anmeldetag: **09.12.2004**

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

(71) Anmelder: **INVENTIO AG**
6052 Hergiswil NW (CH)

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

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

(54) **Einrichtung und Verfahren zur Schwingungsdämpfung an einer Aufzugskabine**

(57) Bei einer Einrichtung zur Reduktion von Schwingungen einer an Schienen (15) geführten Aufzugskabine (1) mit mehreren Führungselementen (5, 6, 7) zum Führen der Aufzugskabine (1) entlang der Schienen (15), einem Sensor (11, 12) zum Erfassen von Positionsänderungen der Aufzugskabine (1) und/oder von an der Aufzugskabine (1) auftretenden Beschleunigungen, einem zwischen der Aufzugskabine (1) und den Führungselementen (5, 6, 7) angeordneten Aktuator (1) sowie einer Regeleinrichtung (19), welche auf Basis der von dem Sensor (11, 12) übermittelten Werte den Ak-

tuator (10) zur Veränderung der Lage der Kabine (1) gegenüber den Schienen (15) ansteuert, wird das von einem in der Regeleinrichtung (19) vorgesehenen Regler (20) erzeugte Ausgangssignal zum Ansteuern des Aktuators (10) auf einen Maximalwert limitiert und auf diese Weise ein von der Regeleinrichtung (19) auszugebendes Stellsignal erzeugt. Die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20) und dem limitierten Ausgangssignal wird dem Regler (20) als zusätzliches Eingangssignal zugeführt, wobei der Regler (20) derart ausgeführt ist, dass die zurückgeführte Differenz möglichst gering bleibt.

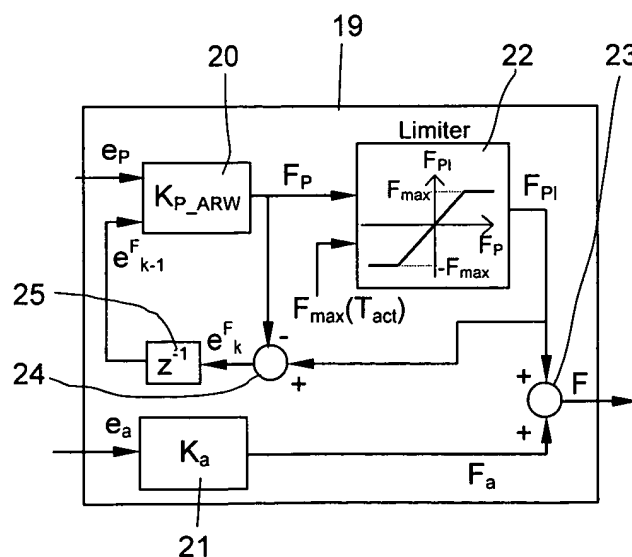


Fig. 3

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, solange 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 Beschleu-

nigungsregler, 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 Signalflussschema eines Systems zur aktiven Schwingungsdämpfung mit einem Positions- und einem Beschleunigungsregler; und

Figur 3 das Signalflussschema 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 Isolierung 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 Regelungsziel 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 Aufrechterhaltung 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 Regeleinheit 19 übermitteln, die der Begrenzungsein-

heit 22 daraufhin den entsprechenden Maximalwert $F_{\max}(T_{\text{act}})$ 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 Dissipationsverhaltens der Aktuatoren 10.

[0031] Die in der bisherigen Weise durchgeführte Limitierung 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 Rückführungszweig 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 Schlaufe 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 Rückführungszweigs 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 Positionsreglers 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 auszugleichen- den Positionsveränderungen der Kabine, besteht nicht die Gefahr, dass die Aktuatoren durch die Stellsignale des Beschleunigungsreglers dauerhaft einseitig bean- sprucht 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 (1) 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,

die Regeleinrichtung (19) weist

- a) einen Regler (20), 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) ausgegebene Ausgangssignal auf einen Maximalwert limitiert und auf diese Weise das von der Regeleinrichtung (19) auszugebende Stellsignal erzeugt,

auf,

die Regeleinrichtung (19) ferner einen Rückführungszweig (24, 25) aufweist, über welchen dem Regler (20) die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20) und dem von der Begrenzungseinheit (22) erzeugten limitierten Ausgangssignal als weiteres Eingangssignal zugeführt wird, der ist Regler (20) derart ausgeführt ist, dass die zurückgeführte Differenz möglichst gering bleibt.

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

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximalwert, auf den die Begrenzungseinheit das von dem Regler (20) 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 Rückführungsweig (24, 25) lediglich zur Begrenzung und Rückführung des von dem Positionsregler (20) ausgegebenen Ausgangssignal vorgesehen sind.
8. Verfahren zur Reduktion von Schwingungen einer an Schienen (15) geführten Aufzugskabine (1), wobei die Kabine aufweist:
- 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 (1), 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 das von einem in der Regeleinrichtung (19) vorgesehenen Regler (20) erzeugte Ausgangssignal zum Ansteuern des Aktuators (10) auf einen Maximalwert limitiert und auf diese Weise ein von der Regeleinrichtung (19) auszugebendes Stellsignal erzeugt wird,
wobei die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20) und dem limitierten Ausgangssignal dem Regler (20) als zusätzliches Eingangssignal zugeführt wird, und
wobei der Regler (20) derart ausgeführt ist, dass die zurückgeführte Differenz möglichst gering bleibt.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rückführung der Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Reglers (20) und dem limitierten Ausgangssignal zeitverzögert erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regeleinrichtung (19) zeitdiskret arbeitet, wobei die Rückführung um eine Abtastperiode zeitverzögert erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Maximalwert, auf den das von dem Regler (20) ausgegebene Ausgangssignal limitiert wird, temperaturabhängig ist.

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
- 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.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass lediglich das Ausgangssignal des Positionsreglers (20) limitiert und zurückgeführt wird.

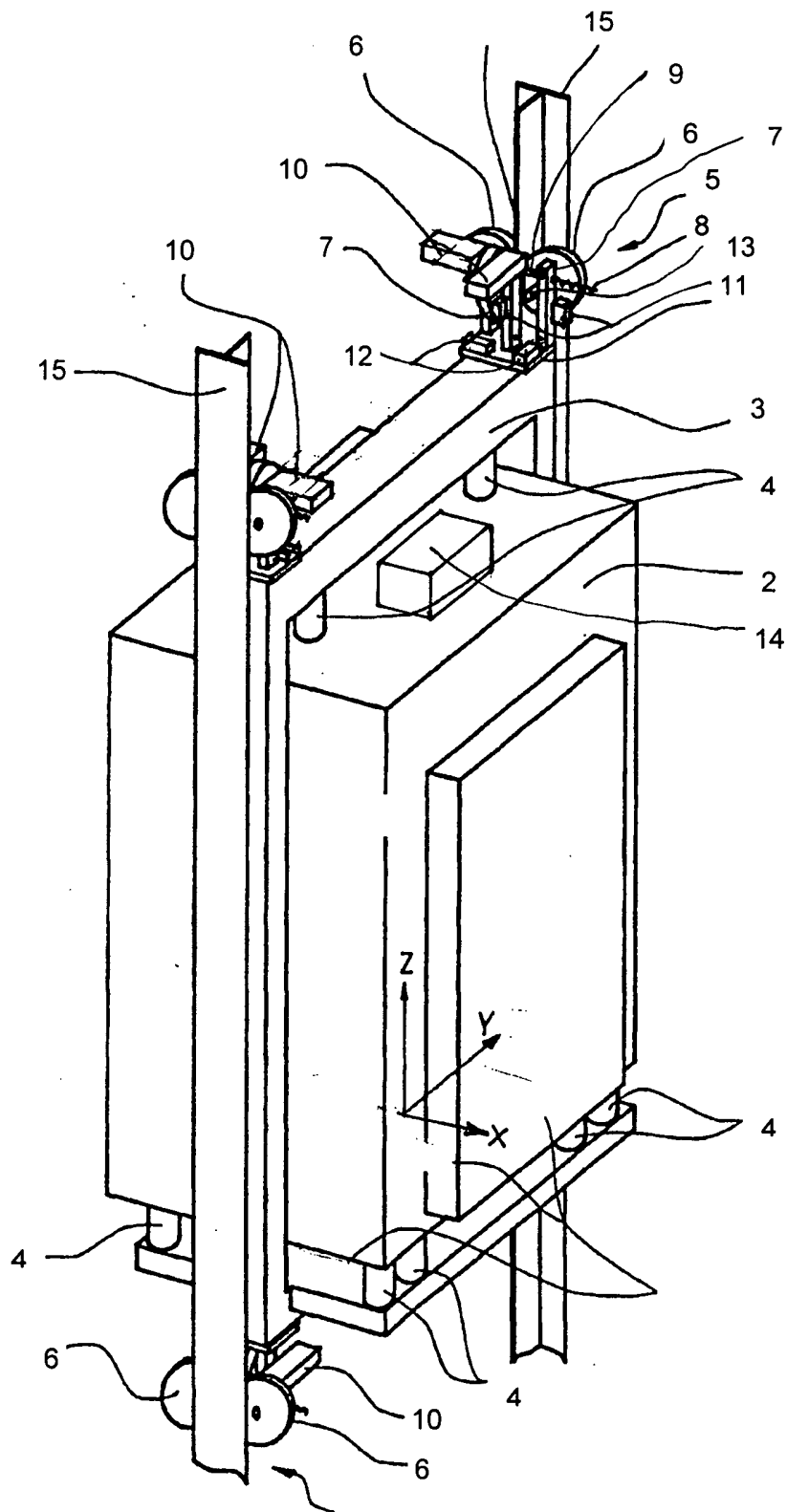


Fig. 1

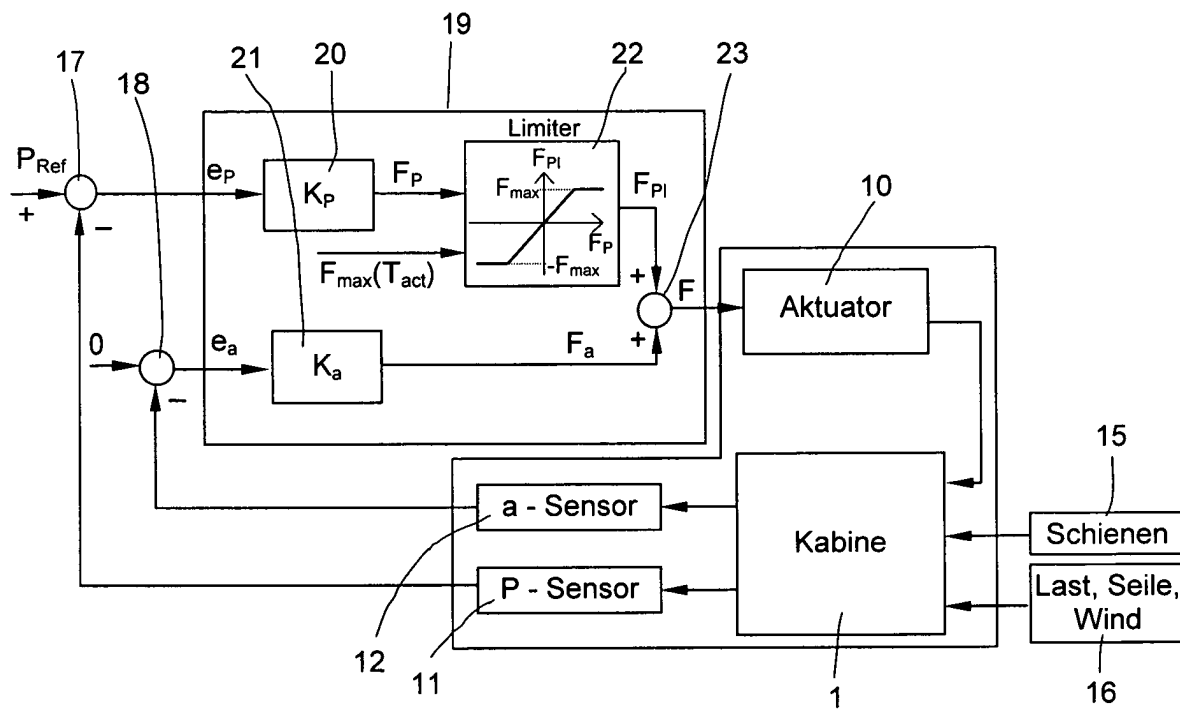


Fig. 2

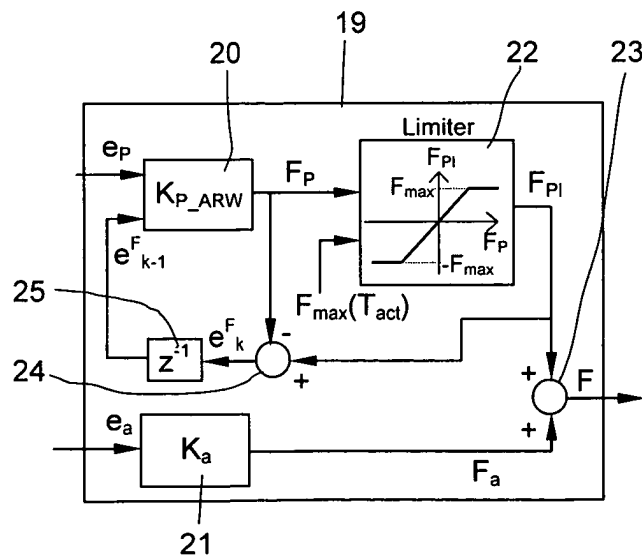


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 9143

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 5 896 949 A (HAMDY AYMAN ET AL) 27. April 1999 (1999-04-27) * das ganze Dokument *	1,9	B66B7/04
A	US 5 304 751 A (SKALSKI CLEMENT A ET AL) 19. April 1994 (1994-04-19) * Spalte 1 - Spalte 5; Abbildung 10 *	1,9	
A	EP 1 262 439 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 4. Dezember 2002 (2002-12-04) * Zusammenfassung *	1,9	
A	US 2001/037916 A1 (MORISHITA MIMPEI) 8. November 2001 (2001-11-08) * Abbildungen 9,11,13 *	1,9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B66B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. April 2005	Prüfer Trimarchi, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 02 9143

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-04-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5896949 A	27-04-1999	AT 201380 T	15-06-2001
		AU 702382 B2	18-02-1999
		AU 4791996 A	19-09-1996
		CA 2171376 A1	11-09-1996
		CN 1134392 A ,C	30-10-1996
		DE 59606928 D1	28-06-2001
		EP 0731051 A1	11-09-1996
		HK 1011340 A1	15-02-2002
		JP 8245117 A	24-09-1996
US 5304751 A	19-04-1994	SG 54248 A1	16-11-1998
		AU 689211 B2	26-03-1998
		AU 1632295 A	15-06-1995
		AU 656784 B2	16-02-1995
		AU 1965892 A	21-01-1993
		CA 2072240 A1	17-01-1993
		DE 69127786 D1	06-11-1997
		DE 69127786 T2	15-01-1998
		DE 69205744 D1	07-12-1995
		DE 69205744 T2	28-03-1996
		DE 69230071 D1	04-11-1999
		DE 69230071 T2	25-05-2000
		EP 0467673 A2	22-01-1992
		EP 0523971 A1	20-01-1993
		EP 0641735 A1	08-03-1995
		HK 63896 A	19-04-1996
		HK 1004914 A1	11-12-1998
		HK 1006113 A1	02-03-2001
		JP 3179193 B2	25-06-2001
EP 1262439 A	04-12-2002	JP 5201621 A	10-08-1993
		KR 232342 B1	01-12-1999
		KR 258282 B1	15-05-2000
		SG 92600 A1	19-11-2002
		SG 93783 A1	21-01-2003
		US 2002356287 A	10-12-2002
US 2001037916 A1	08-11-2001	CN 1389387 A	08-01-2003
		EP 1262439 A2	04-12-2002
		NO 20014494 A	02-12-2002
		TW 510885 B	21-11-2002
		US 2002179377 A1	05-12-2002
US 2001037916 A1	08-11-2001	JP 2001261260 A	26-09-2001
		CN 1314302 A ,C	26-09-2001
		TW 546249 B	11-08-2003

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82