

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 976 675 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
15.10.2003 Patentblatt 2003/42

(51) Int Cl.7: **B66B 13/14**

(21) Anmeldenummer: **99114061.7**

(22) Anmeldetag: **20.07.1999**

(54) **Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren**

Method of force limitation for automatic elevator doors

Méthode de limitation des efforts pour portes automatiques d'ascenseur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI

(30) Priorität: **30.07.1998 EP 98810733**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.02.2000 Patentblatt 2000/05

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

(72) Erfinder: **Grundmann, Steffen, Dr.-Ing.**
8906 Bonstetten (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 731 398 EP-A- 0 838 424

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 004, 31. März 1998 (1998-03-31) & JP 09 323877 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 16. Dezember 1997 (1997-12-16)**

EP 0 976 675 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 Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren mit einem Türantrieb bestehend aus Steuerung, Motor und Antriebsmechanik zur Bewegung einer Kabinentür und einer Schachttür gemäss eines der Türstellung entsprechenden Geschwindigkeitsverlaufes und Kraftverlaufes von einer Offenstellung in eine Geschlossenstellung oder umgekehrt, wobei der Kraftverlauf an sich im Laufe der Zeit verändernde Türparameter anpassbar ist und die Türen während des Bewegungsvorganges bei einer durch ein Hindernis ausgelösten Störkraft stoppbar und/oder reversierbar sind.

[0002] Aus der Patentschrift DE 39 21 158 ist eine Regeleinrichtung für eine mittels Gleichstrommotor angetriebene Gelenktür bekannt. Das Antriebsmoment ist dem Motorankerstrom proportional. In einer Speichereinrichtung sind der Motorstromverlauf in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Tür im störungsfreien Lauf und mit dem maximal zulässigen Drehmoment abgespeichert. Diese Stromwerte können rechnerisch oder experimentell gewonnen werden. Um an der Tür wirkende Reibungsverluste zu berücksichtigen, wird zur Bildung des Sollwertankerstromes der vorstehend genannte Stromwert mit einem gleitenden Mittelwert addiert, der sich aus dem Istwert des Ankerstromes im hindernisfreien Betrieb ergibt. Die Ermittlung des Sollwertes ist nach jedem einwandfreien Öffnen und Schliessen der Tür vorgesehen. Tritt an der Tür ein Hindernis auf, so steigt der Istwert des Ankerstromes überproportional an. In der Regeleinrichtung wird dieser Istwert mit dem Sollwert verglichen. Liegt der Istwert über dem zulässigen Sollwert, so wird der Ankerstrom und somit das Türantriebsmoment reduziert.

[0003] Ein Nachteil der bekannten Einrichtung liegt in der aufwendigen und umfangreichen Speicherung der für den Mittelwert notwendigen positionsabhängigen Stromverlaufskurven für den gesamten Fahrbereich der Tür.

[0004] Aus der Schrift JP 09323877 ist ein Verfahren zur Begrenzung der Schliesskraft bei automatischen Aufzugstüren bekannt geworden. Ein Türmodellrechner bestimmt aus der Türposition/Türgeschwindigkeit und Parametern eine theoretische Drehmomentvorgabe, die mit einem Drehmomentsollwert verglichen wird. Falls Drehmomentvorgabe und Drehmomentsollwert zu sehr voneinander abweichen, wird ein Reversierbefehl ausgelöst.

[0005] Dieses Verfahren hat zum Nachteil, dass durch den Vergleich des Modellwertes mit dem Drehmomentsollwert Abweichungen zu den effektiven Anlagewerten entstehen. Die effektive Schliesskraft entspricht nicht der Vorgabe.

[0006] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in Anspruch 1 gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, die Nachteile der bekannten Einrichtung zu vermeiden und ein Verfahren zur Antriebskraftbegrenzung mit einem optimierten Störkraftabstand und einer erhöhten Sicherheit für die Aufzugsbenutzer anzugeben.

[0007] Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, dass eine kompakte Form der Beschreibung des störkraftfreien Antriebskraftverlaufes möglich ist. Damit kann eine automatische, optimale Einstellung der Antriebskraftbegrenzung erreicht und der Inbetriebnahmeaufwand gesenkt werden. Weiter vorteilhaft ist, dass ein Kraftgrenzwert nicht nur für eine bestimmte Sollgeschwindigkeitsfunktion der Tür zur Verfügung steht, sondern auch für abweichende Verläufe, beispielsweise bei reduzierter Geschwindigkeit oder erhöhter Beschleunigung bereitgestellt werden kann, ohne zuvor eine neue Lernfahrt durchzuführen.

[0008] Beim Türschliessvorgang besteht die Gefahr, dass sich im zunehmend kleiner werdenden Türspalt Hindernisse wie beispielsweise Personen oder Gegenstände befinden und eingeklemmt werden können. Beim Türöffnungsvorgang besteht die Gefahr, dass beispielsweise Kinderhände oder flache Gegenstände zwischen die sich gegeneinander verschiebenden Türflügel oder zwischen Türflügel und Türrahmen gelangen können.

[0009] Das erfindungsgemässe Verfahren bezieht sich auf den Türschliessvorgang wie auch auf den Türöffnungsvorgang. Kraftbegrenzung bedeutet beim Türschliessvorgang eine Begrenzung der Schliesskraft bzw. eine Begrenzung der Öffnungskraft beim Öffnungsvorgang. Kraftverlauf bezieht sich auf den Kraftverlauf während des Türschliessvorganges bzw. während des Türöffnungsvorganges.

[0010] Im folgenden wird die Erfindung anhand von ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemässen Verfahrens und

Fig. 2 statistische Funktionen zur Auswertung der Differenz zwischen Soll- und Istschiesskraftwerten.

[0011] Fig. 1 zeigt ein System für den Betrieb einer automatischen Aufzugstür bestehend aus einem Sollwerterzeuger 1 für die Geschwindigkeit, einem Istwerterfasser 2 der Geschwindigkeit/Türposition, einem Bewegungsregler 3, einem Geschwindigkeitserzeuger 4 in der Form eines Türantriebes bestehend aus Steuerung, Motor und Antriebsmechanik sowie einem Istwerterfasser 5 für die erzeugte bzw. aufgebrachte Antriebskraft. Als Antriebs- oder Motorkraft wird dabei die vom Motor aufgebrachte, unter Berücksichtigung der realisierten Getriebeübersetzungen auf die Tür umgerechnete Kraft bezeichnet. Die Schliesskraft bzw. Öffnungskraft ist diejenige Kraft, die während eines Schliessvorganges bzw. Öffnungsvorganges von der Türkante bzw. Tür auf ein Hindernis ausgeübt wird. Ein Antriebskraftmodell 6 für die Antriebskraft errechnet aufgrund eines mathematischen Modells und der ermittelten Türparameter die im stör-

kraftfreien Betrieb aufzubringende Antriebskraft. Ein Grenzwertrechner 7 berechnet aus dem Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert, der mittels eines Vergleichers 8 dem Istwert der Antriebskraft bzw. der aufgebrachten Antriebskraft gegenübergestellt wird. Beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes wird die Tür gestoppt und/oder eine Reversierbewegung ausgelöst.

[0012] Mit Hilfe eines mathematischen Modells der beteiligten Tür und Antriebskomponenten stellt das Antriebskraftmodell 6 die aufzuwendende Antriebskraft zur Verfügung. Dieses mathematische Modell bestimmt anhand von Bewegungsgleichungen und der vorab ermittelten Türparameter die bei einer bestimmten Beschleunigung und bei einer bestimmten Geschwindigkeit unter normalen, ungestörten Verhältnissen aufzubringende Antriebskraft. Der Kraftgrenzwert wird aus der aufzubringenden Antriebskraft und der maximal zulässigen Störkraft berechnet. Trifft die Tür während der Bewegung auf ein Hindernis, so wird beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes durch die aufgebrachte Antriebskraft ein Stoppen und/oder Reversieren der Aufzugstür ausgelöst, um die Sicherheit der Aufzugsbenutzer zu gewährleisten.

[0013] Das mathematische Modell kann fest eingestellt werden oder in einer weiteren Ausführungsvariante adaptiv gestaltet werden, wobei eine Anpassung an die während des Betriebes auftretenden Parameteränderungen erfolgt.

[0014] Das Modell kann basierend auf Differentialgleichungen (explizit) realisiert werden. Das explizite mathematische Modell basiert auf den Newtonschen Bewegungsgleichungen für die Türmechanik. Diese sind hier für ein vereinfachtes Modell der Türmechanik angegeben.

[0015] Für die nachfolgenden Betrachtungen werden alle Kräfte und Geschwindigkeiten im Richtungssinn der schliessenden Tür positiv definiert. Wird die Mechanik als Einmassensystem mit der auf die Türkante umgerechneten Gesamtürmasse m_{GT} modelliert, so ergibt sich die folgende Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Kraft (Newtonsche Bewegungsgleichung, direkte Kraftübertragung zwischen Gegengewicht und Türkante vorausgesetzt):

$$\dot{v}_T = \frac{F_{MT} - F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad [1]$$

wobei

\dot{v}_T die Beschleunigung,

v_T die Geschwindigkeit der Türkante,

F_{MT} die vom Motor aufgebrachte, unter Berücksichtigung der kraftübertragenden und kraftumformenden Mechanik auf die Türkante/Tür umgerechnete Antriebskraft,

F_R die als konstant angenommene Summe aller auf die Türkante umgerechneten Gleit- und Rollreibungskräfte der Türmechanik,

$\text{sign}(v_T)$ die Signumfunktion, die für $v_T > 0$ den Wert 1 und für $v_T < 0$ den Wert -1 aufweist,

g die Schwerebeschleunigung $9,81 \text{ m/s}^2$,

m_G die Masse des Gegengewichtes und

m_{GT} die Summe der unter Berücksichtigung der kraftübertragenden und kraftumformenden Mechanik auf die Türkante/Tür umgerechneten Massen aller bewegten Teile (Türflügel, Rollen, Zahnriemen, Riemenscheiben, Stahlseile, Gegengewicht, Rotor des Motors, usw.) bedeuten.

[0016] Durch Umstellen nach der Kraft F_{MT} erhält man:

$$F_{MT} = \dot{v}_T \cdot m_{GT} + F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G \quad [2]$$

$$\dot{v}_T \approx \frac{v_T(t) - v_T(t-T)}{T} \quad [3]$$

[0017] Dies ist ein mechanisches Türmodell in expliziter Form, bei der die physikalischen Parameter noch als solche erkennbar sind.

[0018] Nach der angeführten Gleichung lässt sich die zu jedem Zeitpunkt aufzubringende Antriebskraft in Abhängigkeit von den Parametern und der Beschleunigung \dot{v}_T berechnen. Die Beschleunigung wird wie in Gleichung [3] dargestellt näherungsweise aus den Geschwindigkeitswerten berechnet, wobei T eine geeignet gewählte Abtastzeit ist.

[0019] Die Gleichungen [2], [3] können leicht programmiert werden und liefern den Antriebskraftmodellwert für die Kraftüberwachung. Werden die Parameter F_R , m_G und m_{GT} einmalig, beispielsweise bei der Herstellung oder bei der

Inbetriebnahme der Tür, fest eingestellt, so handelt es sich um ein fest eingestelltes Modell. Werden die Parameter des Modells während des Betriebes der Tür automatisch an die tatsächlichen Parameter der Türmechanik angepasst, so spricht man von einem adaptiven Modell.

[0020] Der Sollwerterzeuger 1 erzeugt einen Geschwindigkeitssollwert als Funktion der Zeit oder des Weges bzw. der Türposition. Der Bewegungsregler 3 kann beispielsweise ein Geschwindigkeits-/Positionsregler sein, der auf der Basis einer gemessenen Geschwindigkeits/Positionsinformation eine Geschwindigkeitsvorgabe erzeugt.

[0021] Das mathematische Modell stellt die Abhängigkeit der jeweiligen erzeugten Antriebskraft von der Beschleunigung, der Geschwindigkeitsvorgabe und der Türposition her. Vom mathematischen Modell wird diejenige Motorkraft berechnet, die ohne Hindernis die vorgegebene Geschwindigkeitskurve erzeugt. Dieser Normalverlauf hängt beispielsweise von der vorgegebenen Beschleunigung, der Charakteristik der Geschwindigkeitserzeugung, den Reibkräften, der Masse der bewegten Teile und von den Parametern der Mechanik und der Reibungsverhältnissen in der Mechanik ab.

[0022] Die vom Antriebskraftmodell 6 generierte, aufzuwendende Antriebskraft ist im Laufe des Betriebes der Tür Veränderungen durch Verschleiss und Alterung ausgesetzt. Deshalb kann das Antriebskraftmodell 6 so gestaltet sein, dass eine langsame Adaption der aufzubringenden Antriebskraft an den Veränderungen unterworfenen Verlauf erfolgt. Der Istwert der Antriebskraft bzw. die aufgebrachte Antriebskraft kann in Verbindung mit der Soll/Istgeschwindigkeit ausgewertet werden, um die effektive, bewegte Masse, das Schliessgewicht der Tür und die Reibkraft einmalig oder laufend während des Betriebes zu bestimmen.

[0023] Zur Gewinnung der unbekannten physikalischen Parameter des expliziten Modells werden Testfahrten durchgeführt, bei denen die Messwerte für die auf die Türkante/Tür umgerechneten Motorkraft und die Geschwindigkeit der Türkante/Tür periodisch erfasst und gespeichert werden. Nach Gleichung [1] ist die Beschleunigung von der Motorkraft abhängig. Die rechte Seite der Gleichung [1] enthält einen zur Kraft linearen und einen konstanten Anteil.

$$\dot{v}_T = \frac{1}{m_{GT}} \cdot F_{MT} + \frac{-F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad a \cdot F_{MT} + b \quad [4]$$

[0024] Werden für einen Öffnungs- oder Schliessvorgang die Grössen v_T und F_{MT} über der Zeit aufgezeichnet, so lassen sich die Koeffizienten a und b der linearen Gleichung [4] leicht, beispielsweise mittels linearer Regression bestimmen. Die ermittelten Werte für einen Schliessvorgang seien mit a_s und b_s , die für einen Öffnungsvorgang mit a_0 und b_0 bezeichnet. Dann gilt:

$$a_s = a_0 = \frac{1}{m_{GT}} \quad [5]$$

$$m_{GT} = \frac{1}{a_s} = \frac{1}{a_0} \quad [6]$$

$$b_s = \frac{-F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} = \frac{-F_R \cdot 1 + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad [7]$$

$$b_0 = \frac{-F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} = \frac{-F_R \cdot (-1) + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad [8]$$

$$m_G = \frac{(b_s + b_0) \cdot m_{GT}}{2g} \quad [9]$$

$$F_R = \frac{(b_0 + b_s) \cdot m_{GT}}{2} \quad [10]$$

[0025] Damit sind alle interessierenden Parameter des expliziten Modells bekannt. (Die Schwerebeschleunigung g wird als bekannt vorausgesetzt). Erfolgt die beschriebene Parameteridentifikation nur einmalig, wird das resultierende

Modell fest eingestellt. Die Messwerte können aber ebenso im laufenden Betrieb erfasst und verarbeitet werden. Die so gewonnenen aktuellen Parameter können zur Nachführung der Modellparameter und zur Anpassung an langsame Veränderungen in der Türmechanik, beispielsweise durch Verschleiss und Verschmutzung, genutzt werden. In diesem Fall wird das Modell adaptiert.

[0026] Das mathematische Modell kann auch als implizites Modell realisiert werden. Ein implizites mathematisches Modell erzeugt für einen gegebene Beschleunigungsverlauf ebenfalls einen Referenzwert der Motorkraft, allerdings ohne dabei auf die anschaulichen physikalischen Parameter zurückzugreifen zu müssen. Ein implizites mathematisches Modell kann durch ein künstliches neuronales Netz dargestellt werden.

[0027] Ein implizites Modell wird durch eine Trainingsphase vorbereitet, bei der das Verhalten des Modells durch eine grössere Anzahl von Beispielen für das Ein/Ausgangsverhalten vorgegeben wird. Diese Beispieldaten werden erzeugt, indem ein reales System, dessen Verhalten durch das Modell nachgeahmt werden soll, mit verschiedenen Eingangsdaten angeregt wird und gleichzeitig das Eingangssignal und die Ausgangssignale, die die Reaktion des Systems zeigen, aufgezeichnet werden. Im konkreten Fall wird man eine Anzahl von Öffnungs- und Schliessbewegungen der Tür durchführen und die dabei auftretenden Messwertverläufe aufzeichnen. Die internen Parameter des impliziten Modells werden dabei solange optimiert, bis das Modell für alle Eingangsdaten ähnliche Ausgangsdaten erzeugt wie das reale Vorbildsystem, bis sich Modell und Wirklichkeit hinreichend gleichen.

[0028] Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise ein Asynchronmotor in Verbindung mit einem Frequenzumrichter mit einer darauf implementierten rotorflussorientierten Stromregelung und überlagerter Geschwindigkeitsregelung verwendet werden, wobei die momentbildende, zum Rotorfluss orthogonale Stromkomponente i_{sq} als interne Grösse verwendbar ist.

[0029] Zur Erzeugung des Drehmomentes in einem rotatorischen Asynchronmotor ist die Erzeugung eines um die Motorachse rotierenden magnetischen Feldes erforderlich. Eine besonders einfache Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Motorstrom, magnetischem Fluss und Motormoment ist durch Gleichungen möglich, wenn man eine Koordinatentransformation durchführt.

[0030] Die in den drei Motorphasen gemessenen Statorströme überlagern sich zu einem resultierenden Stromvektor \vec{i}_s , der durch Betrag und den Winkel bezüglich der ersten Motorwicklungsachse gekennzeichnet ist. Die Koordinatentransformation besteht darin, dass man als Bezugspunkt nicht die Position der ersten Wicklungsachse, sondern den aktuellen magnetischen Fluss im Rotor der Maschine wählt. Der Strom im Stator \vec{i}_s kann dann zerlegt werden in eine zum Rotorfluss parallele Komponente i_{sd} und eine dazu rechtwinklige Komponente i_{sq} . Der Betrag des Rotorflusses kann durch die geeignet gesteuerte Stromkomponente i_{sd} konstant gehalten werden. Es gilt dann Proportionalität zwischen i_{sq} und dem aufgetragenen Motormoment, so dass i_{sq} ein Mass für die an der Türkante/Tür wirksame Antriebskraft ist.

[0031] Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise auch ein Asynchronmotor in Verbindung mit einer darauf implementierten U/f-Steuerung verwendet werden, wobei der erfasste Schlupf als Mass für die aufgetragene Antriebskraft dient.

[0032] Der Schlupf s ist definiert nach folgender Gleichung:

$$s = \frac{w_s - w}{w_s} = \frac{n_s - n}{n_s} \quad [11]$$

$$n_s = f_s / z_p$$

wobei

s der Schlupf,

n_s die Synchrondrehzahl des umlaufenden magnetischen Feldes,

n die mechanische Drehzahl der Motorwelle,

w_s die Synchronkreisfrequenz des magnetischen Feldes,

w die mechanische Kreisfrequenz,

f_s die aktuelle Synchron- bzw. Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters und

z_p die Polzahl des verwendeten Motors ist.

[0033] Nach der bekannten Klossschen Formel gilt:

$$m_M = \frac{2M_K}{s/s_K + s_K/s} = \frac{2M_K \cdot s}{s^2/s_K + s_K} \quad [12]$$

5 wobei

M_K das Kippmoment und
 s_K der Kippschlupf ist.

10 **[0034]** Beide Grössen sind für einen gegebenen Motor und U/f-Kennliniensteuerung konstant.

[0035] Für kleine Schlupfbeträge ($s < s_K$) gilt die Näherung:

$$m_M = \frac{2M_K \cdot s}{s^2/s_K + s_K} \approx \frac{2M_K \cdot s}{s_K} \quad [13]$$

15

so dass aus einer gemessenen mechanischen Drehzahl n und der bekannten Frequenz der Ausgangsspannung f_s eines Frequenzumrichters der Schlupf und aus diesem wiederum das Motormoment nach der Formel

20

$$m_M = \frac{2M_K}{s_K} \cdot \frac{f_s/z_p - n}{f_s/z} \quad [14]$$

berechnet werden kann.

25 **[0036]** Als Geschwindigkeitserzeuger kann beispielsweise auch ein spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor verwendet werden, wobei der gemessene Ständerstrombetrag als Mass für die Antriebskraft dient.

[0037] Der zeitliche Mittelwert des Strombetrages durch die Ständerwicklung der Asynchronmaschine ist bei U/f-Steuerung vom aufgebrauchten Motormoment m_M über die Formeln

30

$$m_M = -K \cdot I_{r\alpha} \quad [15]$$

$$|I_s| = \sqrt{I_\mu^2 + I_{r\alpha}^2} \quad [16]$$

35

abhängig, wobei $I_{r\alpha}$ die im zeitlichen Mittel momentproportionale Stromkomponente, K eine von den Motordaten abhängige Konstante und I_μ der konstante Magnetisierungsstrombetrag ist. Damit ergibt sich der Betrag des Moments aus dem gemessenen Strombetrag nach

40

$$m_M = -K \cdot I_{r\alpha} \quad [15]$$

$$|m_M| = 1/K \cdot \sqrt{I_s^2 - I_\mu^2} \quad [17]$$

45

$$K = 3/2 \cdot z_p \cdot \frac{L_m \cdot U_{nom}}{L_s \cdot 2\pi \cdot f_{nom}} \quad [18]$$

50

$$I_\mu = \frac{U_{nom}}{2\pi \cdot f_{nom} \cdot L_m} \quad [19]$$

55 wobei

z_p die Polpaarzahl,
 I_s der Betrag des Ständerstromes,

L_m die Hauptinduktivität des Motors,
 L_s die Ständerinduktivität des Motors,
 U_{nom} die Nennspannung des Motors und
 f_{nom} die Nennfrequenz des Motors ist.

[0038] Damit ist der Betrag des Antriebsmomentes aus dem gemessenen Strombetrag berechenbar. Andere Anordnungen und Regelverfahren, wie beispielsweise Synchronantriebe mit Messung des Polradwinkels oder des Statorstrombetrages oder Gleichstromantriebe mit Ständerstrommessung, etc., die einen Rückschluss auf die tatsächlich vom Aktor aufgebrachte Kraft zulassen, sind als Geschwindigkeitserzeuger auch möglich.

[0039] Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise auch ein Synchronmotor verwendet werden.

[0040] Der Grenzwertserzeuger 7 berechnet aus dem mittels des mathematischen Modells bestimmten Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert. Im einfachsten Fall geschieht dies durch Addition der per Vorschrift festgesetzten höchstzulässigen Störkraft von beispielsweise 120 N.

[0041] Als sensiblere Lösung für die Bestimmung des Kraftgrenzwertes kann ein statistisches Auswerteverfahren beispielsweise nach einer Gaußschen Normalverteilung eingesetzt werden. Die Gaußsche Normalverteilung ist nur eine von vielen möglichen Verteilungsfunktionen. Exponential-, Weibull- oder Gleichverteilung sind ebenso einsetzbar. Alle diese Funktionen haben eine Dichtefunktion und eine Verteilungsfunktion, wobei die berechneten Zahlenwerte natürlich verschieden sein können. Durch die statistische Auswertung der Differenz zwischen dem Istwert der Antriebskraft und dem vom mathematischen Modell gelieferten Wert der Antriebskraft lässt sich bestimmen, wie gut die Messwerte bei ungestörtem Verlauf mit den theoretischen Werten übereinstimmen. Unter der Annahme einer Gaußschen Normalverteilung der Differenzwerte lässt sich, wie in Fig. 2 gezeigt, aus der ermittelten Standardabweichung bestimmen, wieviel Prozent aller Differenzwerte ausschliesslich infolge von zufallsbedingten Einflüssen einen bestimmten Grenzwert überschreiten ohne dass tatsächlich ein Hindernis im Laufe des Schliessvorganges aufgetreten ist. Umgekehrt lässt sich der minimale Grenzwert angeben und nutzen, bei dem die Wahrscheinlichkeit für ein fälschlicherweise ausgelöstes Reversieren akzeptabel klein ist.

[0042] Angenommen bei einer grösseren Anzahl von Messungen wird festgestellt, dass die Differenzwerte um den Mittelwert 0 der Dichtefunktion $\phi(z)$ (Kurve 9) der Normalverteilung streuen und zwar mit einer Standardabweichung von 10 N. Gemäss der Verteilungsfunktion $\Phi(z)$ (Kurve 10) der Normalverteilung sind somit 50% aller Differenzwerte kleiner als 0. 84% aller Grenzwerte sind kleiner als 10 N, 97,7% sind kleiner als 20 N und 99,86% sind kleiner als 30 N. Setzt man den Grenzwert also 30 N grösser an als den vom mathematischen Modell gelieferten Sollwert der Türschliesskraft, so werden nur 0,14% aller Messwerte durch zufällige Störungen den Grenzwert überschreiten. Damit lässt sich ohne Einbusse bei der Zuverlässigkeit eine niedrigere Auslöseschwelle realisieren und das Verletzungsrisiko senken. Anhand der laufenden statistischen Auswertung der Differenzwerte kann eine Adaption während des Betriebes erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren mit einem Türantrieb bestehend aus Steuerung, Motor und Antriebsmechanik zur Bewegung einer Kabinentür und einer Schachttür gemäss eines der Türstellung entsprechenden Geschwindigkeitsverlaufes und Kraftverlaufes von einer Offenstellung in eine Geschlossenstellung oder umgekehrt, wobei der Kraftverlauf an sich im Laufe der Zeit verändernde Türparameter anpassbar ist und die Türen während des Bewegungsvorganges bei einer durch ein Hindernis ausgelösten Störkraft stoppbar und/oder reversierbar sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass der im störkraftfreien Betrieb aufzubringende Antriebskraftverlauf mittels eines mathematischen Modells für den Türantrieb bestimmt wird und mit dem Istwert des Antriebskraftverlaufs verglichen wird und dass durch die Störkraft ausgelöste Abweichungen bestimmter Grösse zwischen dem aufzubringenden Kraftverlauf und dem Istwert des Kraftverlaufs die Türen stoppen und/oder reversieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass das mathematische Modell auf Newtonschen Bewegungsgleichungen für die Türmechanik basiert.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass das mathematische Modell ein adaptives Modell ist, bei dem die Parameter während des laufenden Betriebes der Tür automatisch an die tatsächlichen Parameter der Türmechanik angepasst werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das mathematische Modell durch ein künstliches neuronales Netz darstellbar ist, wobei das Modell durch eine Trainingsphase vorbereitet wird, bei der das Modell ein reales System nachahmt.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein spannungsund frequenzgesteuerter Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei der erfasste Motorschlupf als Mass für die Antriebskraft dient.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein spannungsund frequenzgesteuerter Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei der erfasste Ständerstrombetrag als Mass für die Antriebskraft dient.
7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein frequenzumrichter gespeister Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei die zum Rotorfluss orthogonale Stromkomponente i_{sq} als Mass für die Antriebskraft dient.
8. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein Synchronmotor vorgesehen ist.
9. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass aus dem mittels des mathematischen Modells bestimmten Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert bestimmt wird, wobei beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes die Türen stoppen und/oder reversieren.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kraftgrenzwert mittels eines statistischen Auswerteverfahrens nach einer Dichte- und Verteilungsfunktion bestimmt wird.

Claims

1. Method of force limitation for automatic elevator doors with a door drive comprising a control, motor, and drive mechanism for imparting motion to a car door and a hoistway door according to a pattern of speed and pattern of force corresponding to the position of the door from an open position to a closed position or vice versa, the pattern of force itself being adaptable to door parameters which change with the passage of time, and the doors being stoppable and/or reversible due to a disruptive force being caused by an obstruction occurring while they are in motion,
characterized in that
the pattern of driving force needed during unobstructed operation is determined by means of a mathematical model for the door drive and compared with the actual value of the pattern of driving force, and **in that** differences of a specified amount between the necessary pattern of force and the actual value of the pattern of force caused by the disruptive force stop and/or reverse the doors.
2. Method according to Claim 1,
characterized in that
the mathematical model is based on Newtonian equations of motion for the door mechanism.
3. Method according to Claim 2,
characterized in that
the mathematical model is an adaptive model in which the parameters are automatically adjusted to the actual parameters of the door mechanism while the door is in operation.

4. Method according to Claim 1,
characterized in that
the mathematical model can be represented by an artificial neural network, the model being prepared by means
of a training phase during which the model imitates a real system.
5. Method according to Claim 1,
characterized in that
an asynchronous motor with voltage and frequency control is provided to generate the pattern of force, the meas-
ured motor slip serving as a measure of the driving force.
6. Method according to Claim 1,
characterized in that
an asynchronous motor with voltage and frequency control is provided to generate the pattern of force, the meas-
ured value of the stator current serving as a measure of the driving force.
7. Method according to Claim 1,
characterized in that
an asynchronous motor supplied by a frequency converter is provided to generate the pattern of force, the com-
ponent of current i_{sq} orthogonal to the rotor flux serving as a measure of the driving force.
8. Method according to Claim 1,
characterized in that
a synchronous motor is provided to generate the pattern of force.
9. Method according to Claim 1,
characterized in that
a limiting value of force is determined from the model value for the driving force obtained from the mathematical
model and a permissible disruptive force, the doors stopping and/or reversing when the limiting value of force is
exceeded.
10. Method according to Claim 9,
characterized in that
the limiting value of force is determined by means of a method of statistical analysis by reference to a density
function and a distribution function.

Revendications

1. Procédé de limitation de force pour des portes d'ascenseur automatiques avec un entraînement de porte compre-
nant commande, moteur et mécanique d'entraînement pour le mouvement d'une porte de cabine et d'une porte
palière suivant une courbe de vitesse et une courbe de force correspondant à la position de la porte à partir d'une
position ouverte vers une position fermée ou inversement, la courbe de force pouvant être adaptée à des para-
mètres de porte variant au cours du temps et les portes pouvant être arrêtées et/ou leur mouvement être inversé
pendant le processus de mouvement en cas de force perturbatrice déclenchée par un obstacle, **caractérisé en**
ce que la courbe de force d'entraînement à fournir pendant le fonctionnement exempt de force perturbatrice est
déterminée au moyen d'un modèle mathématique pour l'entraînement de porte et est comparée avec la valeur
réelle de la courbe de force d'entraînement et que les écarts de grandeur déterminée déclenchés par la force
perturbatrice entre la courbe de la force à fournir et la valeur réelle de la courbe de force arrêtent les portes et/ou
inversent leur mouvement.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle mathématique est basé sur des équations de
déplacement de Newton pour la mécanique de porte.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le modèle mathématique est un modèle adaptatif, dans
lequel les paramètres sont adaptés automatiquement aux paramètres réels de la mécanique de porte au cours
du fonctionnement de la porte.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle mathématique peut être représenté par un

réseau neuronal artificiel, le modèle étant préparé par une phase d'entraînement pendant laquelle le modèle imite un système réel.

5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur asynchrone commandé en tension et fréquence, le glissement de moteur saisi servant de mesure pour la force d'entraînement.
6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur asynchrone commandé en tension et fréquence, la grandeur de courant du stator déterminée servant de mesure pour la force d'entraînement.
7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur asynchrone alimenté par un convertisseur de fréquence, la composante de courant i_{sq} orthogonale au flux du rotor servant de mesure pour la force d'entraînement.
8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur synchrone.
9. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, à partir de la valeur de modèle de force d'entraînement déterminée au moyen du modèle mathématique et d'une force perturbatrice admissible, on détermine une valeur limite de force, les portes étant arrêtées et/ou leur mouvement inversé en cas de dépassement de la valeur limite de force.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la valeur limite de force est déterminée au moyen d'un procédé d'évaluation statistique suivant une fonction de densité et de distribution.

Fig. 1

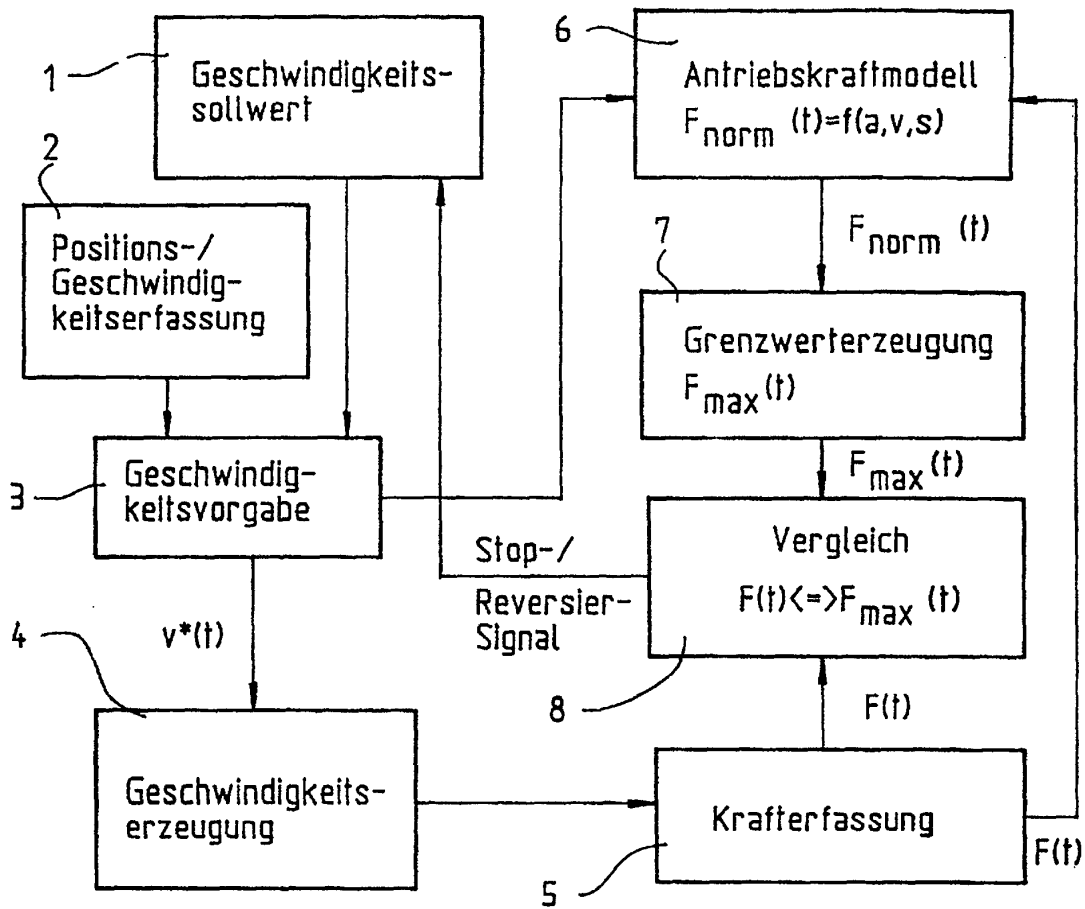


Fig. 2

