

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 976 675 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

02.02.2000 Patentblatt 2000/05

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

(21) Anmeldenummer: 99114061.7

(22) Anmeldetag: 20.07.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: INVENTIO AG

CH-6052 Hergiswil (CH)

(72) Erfinder: Grundmann, Steffen, Dr.-Ing.

8906 Bonstetten (CH)

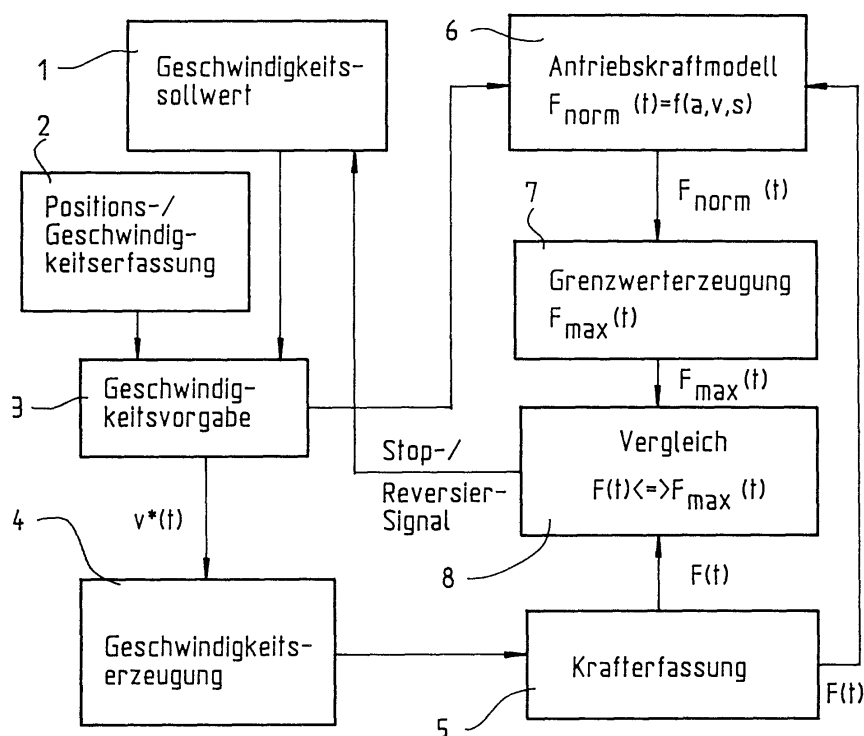
(30) Priorität: 30.07.1998 EP 98810733

(54) Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren

(57) Dieses System für den Betrieb einer automatischen Aufzugstür besteht aus einem Sollwerterzeuger (1) für die Geschwindigkeit, einem Istwerterfasser (2) der Geschwindigkeit/Türposition, einem Bewegungsregler (3), einem Geschwindigkeitserzeuger (4) in der Form eines Türantriebes und einem Istwerterfasser (5) für die aufgebrachte Antriebskraft. Ein Antriebskraftmodell (6) für die Antriebskraft errechnet aufgrund eines

mathematischen Modells und der ermittelten Türparameter die im störkraftfreien Betrieb aufzubringende Antriebskraft. Ein Grenzwertgeber (7) berechnet aus dem Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert, der mittels eines Vergleichers (8) dem Istwert der Antriebskraft gegenübergestellt wird. Beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes wird die Tür gestoppt und/oder eine Reversierbewegung ausgelöst.

Fig. 1



EP 0 976 675 A1

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] 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.

[0005] 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.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] 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 störkraftfreien Betrieb aufzubringende Antriebskraft. Ein Grenzwertgeber 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.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] 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 Schwerkraftbeschleunigung $9,81 \text{ m/s}^2$,

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.

[0014] Durch Umstellen nach der Kraft F_{MT} erhält man:

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

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

[0015] Dies ist ein mechanisches Türmodell in expliziter Form, bei der die physikalischen Parameter noch als solche erkennbar sind.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

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

[0022] 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:

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

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

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

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

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

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

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] Nach der bekannten Klossschen Formel gilt:

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

wobei

M_K das Kippmoment und

s_K der Kippschlupf ist.

[0032] Beide Grössen sind für einen gegebenen Motor und U/f-Kennliniensteuerung konstant.

[0033] Für kleine Schlupfbeträge ($s < s_K$) gilt die Näherung:

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

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

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

berechnet werden kann.

[0034] Als Geschwindigkeitserzeuger kann beispielsweise auch ein spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor verwendet werden, wobei der gemessene Ständerstrombetrag als Mass für die Antriebskraft dient.

[0035] Der zeitliche Mittelwert des Strombetrages durch die Ständerwicklung der Asynchronmaschine ist bei U/f-Steuerung vom aufgebrauchten Motormoment m_M über die Formeln

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

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

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

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

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

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

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

wobei

zp 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.

[0036] Damit ist der Betrag des Antriebsmomentes aus dem gemessenen Strombetrag berechenbar. Andere Anordnungen und Regelverfahren, wie beispielsweise Synchronantriebe mit Messung des Polradwinkels oder des Stator-

strombetrages oder Gleichstromantriebe mit Ständerstrommessung, etc., die einen Rückschluss auf die tatsächlich vom Aktor aufgebrachte Kraft zulassen, sind als Geschwindigkeitserzeuger auch möglich.

[0037] Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise auch ein Synchronmotor verwendet werden.

[0038] Der Grenzwertzeuger 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.

[0039] Als sensiblere Lösung für die Bestimmung des Kraftgrenzwertes kann ein statistisches Auswerteverfahren beispielsweise nach einer Gausssschen Normalverteilung eingesetzt werden. Die Gaussssche 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 Gausssschen 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.

[0040] 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 vom Türantrieb erzeugten Antriebskraftverlauf verglichen wird und dass durch die Störkraft ausgelöste Abweichungen bestimmter Grösse zwischen dem aufzubringenden Kraftverlauf und dem erzeugten Kraftverlauf 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 spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor vorgesehen ist,
wobei der erfasste Motorschlupf als Mass für die Antriebskraft dient.

- 5 **6.** Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor vorgesehen ist,
wobei der erfasste Ständerstrombetrag als Mass für die Antriebskraft dient.
- 10 **7.** Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein frequenzumrichtergespeister Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei
die zum Rotorfluss orthogonale Stromkomponente i_{sq} als Mass für die Antriebskraft dient.
- 15 **8.** Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein Synchronmotor vorgesehen ist.
- 20 **9.** Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass aus dem mittels des mathematischen Modells bestimmten Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Stör-
kraft einen Kraftgrenzwert bestimmt wird, wobei beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes die Türen stoppen und/
oder reversieren.
- 25 **10.** Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kraftgrenzwert mittels eines statistischen Auswerteverfahrens nach einer Dichte- und Verteilungsfunktion
bestimmt wird.

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

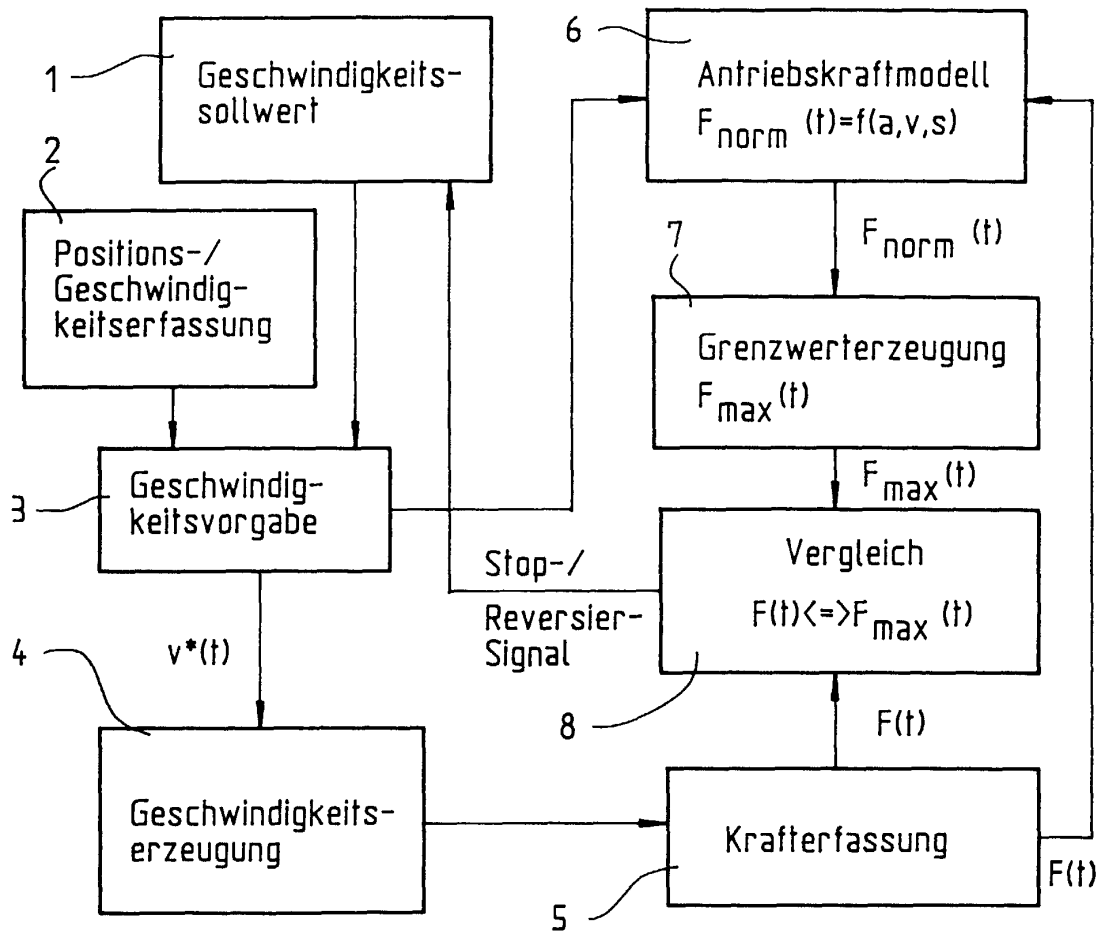
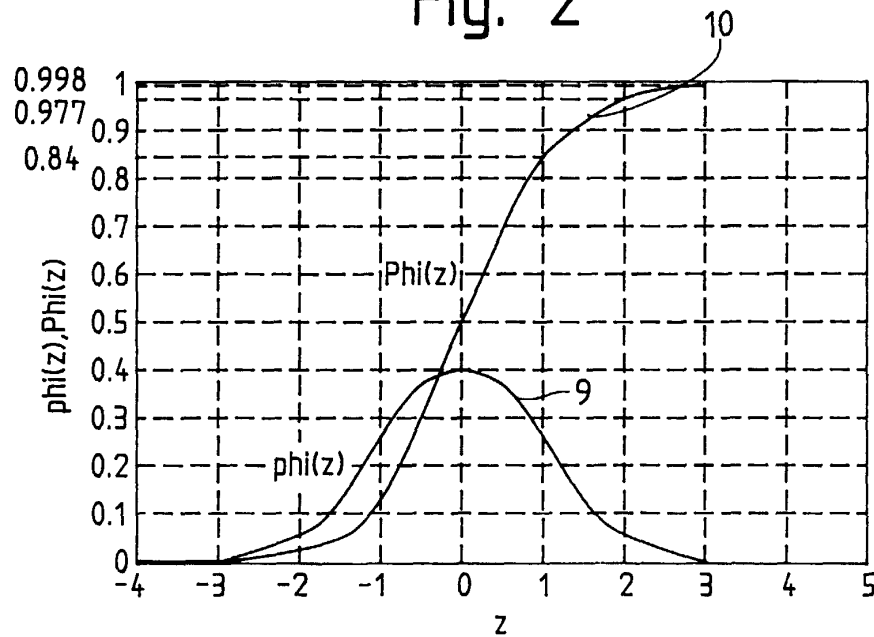


Fig. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 11 4061

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	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)	1,9	B66B13/14
A	* Zusammenfassung *	2-8,10	
A	EP 0 838 424 A (OTIS ELEVATOR CO) 29. April 1998 (1998-04-29) * Seite 3, Zeile 53 - Seite 4, Zeile 10 *	1-10	
A	EP 0 731 398 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ;TOYOTA SCHOOL FOUNDATION (JP)) 11. September 1996 (1996-09-11) * Zusammenfassung * * Seite 5, Zeile 17 - Zeile 50 * * Ansprüche *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B66B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
DEN HAAG		6. Oktober 1999	
Prüfer		Salvador, D	
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche 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			

EPO FORM 1503 03/92 (P4/C03)

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

EP 99 11 4061

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

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

06-10-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 09323877 A	16-12-1997	KEINE	
EP 0838424 A	29-04-1998	US 5760350 A	02-06-1998
		AU 3746297 A	30-04-1998
		BR 9704867 A	01-12-1998
		CA 2214382 A	25-04-1998
		CN 1184769 A	17-06-1998
EP 0731398 A	11-09-1996	JP 8249008 A	27-09-1996
		US 5798919 A	25-08-1998

EPO FORM P0461

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