(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. November 2010 (04.11.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/124927 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: *G01D 5/244* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/054777

(22) Internationales Anmeldedatum: 13. April 2010 (13.04.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 019 015.5
27. April 2009 (27.04.2009) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **EGGER, Andreas** [AT/AT]; Gallgasse 19/1/1, A-1130 Wien (AT). **HOLZINGER, Stefan** [AT/AT]; Auer-Welsbach-Str. 39, A-1230 Wien (AT). **MORAWEK, Roman** [AT/AT]; Böcklinstr. 63/6, A-1020 Wien (AT).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING AN ENTRAPMENT SITUATION

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERKENNEN EINER EINKLEMMSITUATION

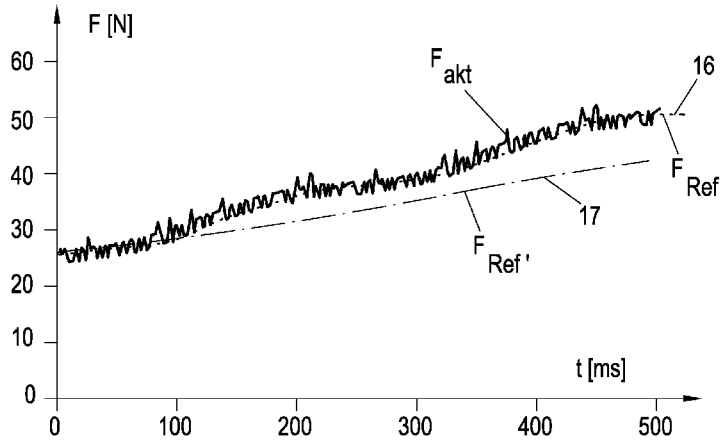

Fig. 4

(57) Abstract: To detect an entrapment situation when a driven component is adjusted using a mechanical adjustment system which comprises an electric motor (2), a value (F_{akt}) relating to the force acting upon the driven component is compared with a threshold value (F_{Th}) relating to a reference value (F_{Ref}). The reference value (F_{Ref}), and thus the threshold value (F_{Th}), are continuously matched, for the purpose of force tracking, with the force value which changes during the movement of adjustment depending on the mechanical system.

(57) Zusammenfassung: Zum Erkennen einer Einklemmsituation beim Verstellen einer angetriebenen Komponente mit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/124927 A2

Hilfe eines mechanischen Verstellsystems enthaltend einen Elektromotor (2) wird ein auf die an der angetriebenen Komponente wirkende Kraft bezogener Wert (F_{akt}) mit einem auf einen Referenzwert (F_{Ref}) bezogenen Schwellenwert (F_{Th}) verglichen, wobei der Referenzwert (F_{Ref}), und damit der Schwellenwert (F_{Th}), laufend im Sinne einer Kraftverfolgung an den sich abhängig vom mechanischen System bei der Verstellbewegung ändernden Kraft-Wert angeglichen wird.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Erkennen einer Einklemmsituation

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Erkennen einer Einklemmsituation beim Verstellen einer angetriebenen Komponente mit Hilfe eines mechanischen Verstellsystems enthaltend einen Elektromotor, wobei ein auf die an der angetriebenen Komponente wirkende Kraft bezogener Wert (F_{akt}) mit einem auf einen Referenzwert (F_{Ref}) bezogenen Schwellenwert (F_{Th}) verglichen wird.

Verstellsysteme oder Verstelleinrichtungen werden beispielsweise in Kraftfahrzeugen eingesetzt, um Fenster oder Schiebedächer als angetriebene Komponenten zu verstellen. Andere Anwendungen sind beispielsweise jene für die Betätigung von elektrischen Heckklappen oder Schiebetüren, so dass nachfolgend der Einfachheit halber auf angetriebene Komponenten, gegebenenfalls - ohne Beschränkung der Allgemeinheit - auf Schiebedächer Bezug genommen wird. Bei derartigen Systemen ist weiters, insbesondere auch aufgrund von gesetzlichen Forderungen, vorgesehen, ein Einklemmen eines Objekts, etwa einer Hand oder eines Kopfes einer Person, während einer Schließbewegung zu erkennen. Diese Einklemmerkennung basiert auf einer errechneten Schließkraft, die beispielsweise aus der Drehzahl und der Spannung und/oder dem Strom des für den Antrieb vorgesehenen elektrischen Motors berechnet wird. Diese Schließkraft ändert sich, wenn ein Objekt eingeklemmt wird. Diese Schließkraft-Änderung, d.h. eine relativ sprunghafte Erhöhung der Kraft über einen vorgegebenen Schwellenwert hinaus, dient zur Entscheidung auf eine Einklemmsituation.

Eine Änderung der Schließkraft kann sich jedoch auch dann ergeben, wenn keine Einklemmsituation gegeben ist, nämlich aufgrund geänderter Bedingungen bei der Verstellbewegung, wie etwa aufgrund von Temperaturänderungen und damit einhergehenden Änderungen von Reibungskräften, insbesondere in Dichtungen, aber auch aufgrund von Verschmutzungen im Verstellsystem und dgl. mehr.

Es ist daher erforderlich, derartige Kraftschwankungen aufgrund geänderter Rahmenbedingungen von jenen Kraftanstiegen unterscheiden zu können, die durch eingeklemmte Objekte verursacht werden.

Um eine derartige Unterscheidung treffen zu können, wurde bereits versucht, anstatt des Absolutwerts der berechneten Schließkraft die Differenz zwischen der Schließkraft zu einem bestimmten Zeitpunkt und der Schließkraft zu einem definierten vergangenen Zeitpunkt als Kriterium heranzuziehen. Der Abstand der Zeitpunkte wird dabei so gewählt, dass das System auf die Steifheit der zu erkennenden Objekte möglichst gut abgestimmt wird. Durch die beschriebene Differenzbildung fallen statische Einflüsse weg; somit werden auch vergleichsweise geringfügige Kraftänderungen „ausgefiltert". Von Nachteil ist hier jedoch, dass einerseits ein großer Bedarf an Pufferspeicherplatz für die Vergangenheits-Vergleichswerte gegeben ist, und dass andererseits nur ein begrenzter Abschnitt aus der Vergangenheit zur Einklemmerkennung verwendet und damit weiter zurückliegende Informationen nicht genützt werden (können).

Es wäre wünschenswert, die Einklemmerkennung auf der Basis der aktuellen Kraftwerte durchführen zu können. Dabei muss jedoch wie erwähnt auf das Problem Rücksicht genommen werden, dass durch unterschiedliche mechanische Verhalten, also ver-

schiedene Rahmenbedingungen, verschiedene (quasi-)statische Kraftpegel auftreten können; insbesondere können, durch ein entsprechendes mechanisches Verhalten, die Kraftverläufe auch ohne ein Einklemmen eine steigende Tendenz aufweisen. Derartige Kraftänderungen können sich beispielsweise beim Anfahren, weiters - bei Schiebedächern - zufolge mechanisch mitbewegter Teile, wie z.B. Windabweiser und Sonnenschutzmitnahme, aber auch zufolge System-bedingter Parameter, wie z.B. einer Erwärmung des elektrischen Motors oder auch wie bereits erwähnt zufolge von Schmutz im Verstellsystem ergeben.

Üblicherweise wird als Vergleichsbasis ein Referenzwert vorgegeben, um dann durch Vergleichen des aktuellen Kraftwerts mit dem Referenzwert bzw. mit einem hierauf fest bezogenen Schwellenwert eine Einklemmsituation erkennen zu können. Der Referenzwert wird beim Starten des Motors festgelegt und ist bei früheren Einklemmschutzsystemen ein konstanter Wert. Gegebenenfalls werden vorhersehbare Referenz-Änderungen, die als Kennlinien gespeichert sind, berücksichtigt, vgl. beispielsweise DE 10 2007 050173 B3 oder DE 19633941 A1. Wie vorstehend ausgeführt wurde, kann es dann aufgrund von geänderten Bedingungen zu einem Auseinanderlaufen des realen Kraftverlaufs vom erwarteten Kraftverlauf kommen, wobei es sogar zu einem Feststellen eines Einklemmens kommen kann, obwohl kein Objekt eingeklemmt wird. Auch erhöhte Klemmkräfte wären möglich, was unter Umständen zur Verletzung von gesetzlichen Forderungen führen könnte.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, hier Abhilfe zu schaffen und ein Verfahren wie eingangs angeführt vorzuschlagen, bei dem auf einfache Weise, ohne die Notwendigkeit von großen Pufferspeichern, zuverlässig eine Einklemmsituation von anderen Kraftänderungen unterschieden und erkannt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzwert, und damit der Schwellenwert, laufend im Sinne einer Kraftverfolgung an den sich abhängig vom mechanischen System bei der Verstellbewegung ändernden Kraft-Wert angeglichen wird. In entsprechender Weise enthält die erfindungsgemäße Vorrichtung Rechnermittel, die dazu eingerichtet sind, ein erfindungsgemäßes Angleich-Verfahren durchzuführen.

Beim vorliegenden Verfahren liegt somit die Idee zugrunde, die langsame Abweichung der aktuellen Kraftwerte von den erwarteten Kräften auszugleichen, indem eine „Kraftverfolgung" der Referenzkraft durchgeführt wird. Die Referenzkraft (der Referenzwert) wird somit laufend der aktuellen Kraft bzw. den darauf bezogenen Kraft-Werten nachgeführt; demgemäß wird auch parallel dazu die Differenzkraft, bei deren Überschreiten durch die tatsächliche Kraft auf ein Einklemmen erkannt wird, nachgeführt, um so die Änderungen im Kraftverlauf im mechanischen System, etwa aufgrund einer schwergängigen Mechanik, als möglichen Grund für eine Einklemmdetektion auszuschalten. Andererseits werden dabei die - üblicherweise wesentlich steileren - Kraftänderungen, die auf Klemmvorgänge, auf ein Einklemmen eines Objekts zurückzuführen sind, von der beschriebenen Kraftverfolgung ausgenommen bzw. fließen gegebenenfalls derartige Kraftänderungen nur geringfügig in die Angleichung ein, um solche Einklemmvorgänge weiterhin sicher erkennen zu können. Diese Ausgrenzung von Kraftanstiegen zur Folge von Klemmvorgängen könnte z.B. auf der Basis erfolgen, dass die Anstiegsrate des Kraftverlaufs bei Klemmvorgängen deutlich höher ist als jene von mechanischen System-Schwankungen, so dass über einen bestimmten – kurzen – Zeitraum gemittelte Anstiegsraten bei der Kraftverfolgung zugrunde gelegt werden könnten. Eine wesentlich einfachere Lösung ergibt sich hier, wenn die laufende Angleichung des Referenz-

werts (und damit des Schwellenwerts) betragsmäßig begrenzt wird, um so auf Klemmvorgänge zurückführende – stärkere - Änderungen auszunehmen. Durch diese Begrenzung der Kraftverfolgung werden Einklemmvorgänge nur unwesentlich gedämpft, im Gegensatz zu den Schwankungen im Kraftverlauf aufgrund von geänderten Bedingungen in der Mechanik. Die Begrenzung wird dabei zweckmäßig derart vorgenommen werden, dass mechanische Schwankungen gerade noch ausgeglichen werden. Dies kann durch Vorsehen von entsprechend kleinen (maximalen) Grenzwerten erfolgen.

Ein einfacher Algorithmus hierfür ergibt sich, wenn der Referenzwert (F_{Ref}) bei positiven Abweichungen der Kraft-Werte (F_{akt}) vom Referenzwert, nämlich $F_{akt}(s) \geq F_{Ref}(s)$, mit s = die Position der angetriebenen Komponente, gemäß der Beziehung $F_{Ref}(s + \Delta s) = F_{Ref}(s) + \min [(F_{akt}(s) - F_{Ref}(s)), F_{Limit}]$ angeglichen wird, wobei $s + \Delta s$ die auf die Position s folgende Position und F_{Limit} einen vorgegebenen Grenzwert als Verfolgungslimit bezeichnen. In entsprechender Weise ist es weiters hierfür günstig, wenn der Referenzwert bei negativen Abweichungen, also $F_{akt}(s) < F_{Ref}(s)$, mit s = Position der angetriebenen Komponente, gemäß der Beziehung $F_{Ref}(s + \Delta s) = F_{Ref}(s) - \min [(F_{Ref}(s) - F_{akt}(s)), F_{Limit}]$ angeglichen wird, wobei $s + \Delta s$ die auf die Position s folgende Position und F_{Limit} einen vorgegebenen Grenzwert als Verfolgungslimit bezeichnen.

Diese vorstehenden Begrenzungen der Kraftverfolgung können rechnerisch, mit herkömmlichen Mikroprozessoren, einfach und rasch durchgeführt werden, so dass sich eine Angleichung des Referenzwerts, d.h. eine Kraftverfolgung, in Echtzeit ergibt. Eine besonders einfache Ermittlung ergibt sich dabei weiters, wenn ein einheitlicher Grenzwert F_{Limit} für die Angleichung so-

wohl bei positiven als auch bei negativen Abweichungen der Kraft-Werte vom Referenzwert vorgegeben wird.

Das vorliegende Verfahren lässt sich in vorteilhafter Weise weiters mit dem Umstand verknüpfen, dass üblicherweise für ein jeweiliges mechanisches Verstellsystem mechanische Kennfelder in einem Speicher abgelegt sind. Die Referenzkraft folgt in einem solchen Fall zunächst einem sich aus den Kennfeldern ergebenden Kennlinienverlauf, und zusätzlich wird ein Angleichen an die sich ändernde aktuelle Kraft im Sinne der vorbeschriebenen Kraftverfolgung vorgesehen.

Der Grenzwert für die Kraftverfolgung kann konstant sein, dies ist jedoch nicht notwendigerweise so. Es können während der Verstellung einer Komponente, durch das mechanische System vorgegeben, unterschiedliche Kraftwerte auftreten, wie etwa unmittelbar nach dem Starten des Motors, wobei dann in dieser Phase relativ hohe Kräfte auftreten bzw. zum Verstellen der Komponente erforderlich sind. Für derartige Phasen mit unterschiedlichen Kraftniveaus (statischen Kraftniveaus) kann beim vorliegenden Verfahren in einer vorteilhaften Weiterbildung vorgesehen werden, dass der Grenzwert nicht konstant, sondern variabel ist; insbesondere kann der Grenzwert ein von der Position der angetriebenen Komponente, also vom Verstellweg, abhängiger Grenzwert sein. Damit kann ein relativ hoher Grenzwert beim Start der Verstellung zugrunde gelegt werden, so dass sich in dieser Phase auch starke Kraftschwankungen ausgleichen lassen. Zu Beginn der Verstellbewegung entspricht daher die Referenzkraft weitestgehend der gemessenen (aktuellen) Kraft. Der Grenzwert wird danach sukzessive reduziert, bis ein konstanter niedriger Wert für die Phase eines gleichmäßigen Motorlaufs erreicht wird. Beispielsweise kann in diesem Zusammenhang ein exponentiell abnehmender Grenzwert vorgesehen werden.

Eine andere Möglichkeit für einen geänderten Grenzwert während einer Verstellbewegung kann sich dadurch ergeben, dass im Verstellsystem - bekannte - mechanische Problemstellen vorliegen, wie etwa im Fall eines Schiebedachs mit einem Windabweiser, der in bestimmten Situationen, d.h. in bestimmten Positionen des Schiebedachs, auch temperaturabhängig zu relevanten Störungen, d.h. vergleichsweise höheren Kraftanstiegen, führen kann. Auch in diesen Positionsbereichen kann von vornherein ein erhöhter Grenzwert vorgesehen werden, um dadurch die angesprochenen Störungen auszugleichen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit der vorliegenden Vorgangsweise liegt darin, dass durch Vorsehen eines variablen Verlaufs des Grenzwerts auch Spannungsschwankungen, etwa Schwankungen in der Bordnetzspannung eines Kraftfahrzeugs, ausgeglichen werden. Es kann daher in einem Gesamt-Grenzwert z.B. ein additiver Term enthalten sein, der sich abhängig von derartigen Spannungsschwankungen ändert, wobei sich beispielsweise ein mit der Höhe der Spannungsschwankung quadratisch ansteigender Wert dieses Terms ergibt. Weiters können gegebenenfalls abgespeicherte Kennlinien, die vorhersehbare Referenz-Änderungen - wie an sich bekannt - berücksichtigen, gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung eingesetzt werden, um die Referenzwert-Angleichung besonders effizient durchzuführen; es ist demgemäß vorteilhaft, wenn bei der Angleichung des Referenzwerts (F_{Ref}) von einem Referenzwert-Verlauf auf Basis von abgespeicherten Kennliniendaten ausgegangen wird. Auch ist es von Vorteil, wenn für einen Motor-Startvorgang ein vorübergehend vergleichsweise hoher Grenzwert verwendet wird, um den Referenzwert den beim Startvorgang starken Kraft-Änderungen rasch anzugleichen. Dabei ist es für eine einfache Berechnung günstig, wenn ein von ei-

nem vergleichsweise hohen Anfangswert exponentiell abfallender Grenzwert verwendet wird.

Der vorliegende Ansatz der Kraftverfolgung kann dazu führen, dass ein Anteil des Einklemmvorgangs ausgeglichen wird und damit für die Detektion des Einklemmens verloren geht. Um diese Möglichkeit zu beschränken, wird wie erwähnt ein eher geringer Grenzwert eingeführt. Ist jedoch ein höherer Grenzwert vorgegeben, so können nur mehr relativ steife Objekte mit hohem Kraftanstieg in der Differenzkraft selektiv hinsichtlich Einklemmen erkannt werden. Bei bestehenden Einklemmschutz-Algorithmen ist es oft schwierig, sehr steife Objekte rechtzeitig zu erkennen. Derartige harte Objekte sind beispielsweise die gemäß der US-Richtlinie FMVSS 118 S5 geforderten 65 N/mm-Federraten, und wenn ein hoher Grenzwert festgelegt wird, lassen sich derartige steife oder harte Objekte gut erkennen, da alle anderen „Störungen" stark gefiltert werden. Es ist nun möglich, eine eigene, zusätzliche Einklemmerkennung für derartige spezielle Objekte durchzuführen, wobei ein entsprechend hoher Grenzwert zugrunde gelegt wird, der spezifisch auf derartige harte Objekte abgestimmt ist. Dies lässt sich noch weiter ergänzen, indem beispielsweise für verschiedene spezifische Objekthärten (insbesondere die gesetzlich geforderten Objekthärten 10 N/mm, 20 N/mm und 65 N/mm) jeweils eine eigene Klemmerkennung, mit einem eigenen Grenzwert, vorgesehen wird. Dadurch lassen sich ganz spezifische Auslöseschwellen für die unterschiedlichen Objekthärten festlegen. Die Klemmkräfte für die unterschiedlichen Objekthärten können damit auf einfache Weise konstant gehalten werden, wodurch die Robustheit des Systems erhöht wird.

Es ist demgemäß von besonderem Vorteil, wenn für die Begrenzung ein auf die Steifheit von Einklemm-Objekten abgestellter Grenzwert festgelegt wird, wobei der Grenzwert umso höher

ist, je höher die Steifheit des Einklemm-Objekts ist; wobei es weiters günstig ist, wenn zumindest zwei Kraftverfolgungen mit verschiedenen Grenzwerten zueinander parallel durchgeführt werden, um für verschieden steife Einklemm-Objekte eigene, angepasste Angleichungen des Referenzwerts an die Kraft-Werte vorzunehmen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, und unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. In der Zeichnung zeigen dabei im Einzelnen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines mechanischen Verstellsystems mit einem elektrischen Motor, beispielsweise für ein Kraftfahrzeug-Fenster oder aber ein Schiebedach, mit Einklemmschutz;

Fig. 2 schematisch ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf der tatsächlichen Kraft F_{akt}, der Referenzkraft F_{Ref} und des Schwellenwerts F_{Th} sowie weiters der Position der bewegten Komponente über der Zeit zeigt;

Fig. 3 etwas mehr im Detail den Verlauf der tatsächlichen Kraft im Vergleich zu einem konstanten Kraft-Referenzwert bzw. zu einer gemäß abgespeicherten Kennfeldern erhaltenen Referenzkraft-Kennlinie, wobei das Auseinanderlaufen des erwarteten Kraftverlaufs vom realen Kraftverlauf erkennbar ist;

Fig. 4 in einem der Fig. 3 entsprechenden Diagramm den Verlauf der aktuellen Kraft und den Verlauf der Referenzkraft, und zwar einmal bei einem vollen Ausgleich gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren und zum anderen bei einem teilweisen Ausgleich;

Fig. 5 in einem Diagramm einen möglichen Positions-abhängigen bzw. Zeit-abhängigen Verlauf eines für die erfindungsgemäße „Kraftverfolgung" eingesetzten Grenzwerts F_{Limit};

Fig. 6 in einem Diagramm den Verlauf einer Differenz der Schließkraft abhängig vom Verstellweg, d.h. der Position s, gemäß Stand der Technik;

die Fig. 7 und 8 in vergleichbaren Diagrammen einerseits (Fig. 7) im oberen Teil einen Verlauf der tatsächlichen Schließkraft ohne angeglichene Referenz und im unteren Teil den Verlauf einer Differenzkraft ohne Kraftverfolgung sowie eine zugehörige Auslöseschwelle, wobei ersichtlich ist, dass ohne die erfindungsgemäße Angleichung oder Kraftverfolgung ein Fehlreversieren, zufolge einer falschen Einklemmerkennung, auftreten kann, bzw. (Fig. 8) im oberen Teil einen entsprechenden Schließkraft-Verlauf mit angeglichener Referenz und im unteren Teil der Verlauf der Differenzkraft bzw. der Auslöseschwelle mit Kraftverfolgung;

Fig. 9 in einem Diagramm den Verlauf der Batteriespannung, d.h. Motor-Versorgungsspannung, einer Tiefpass-gefilterten Spannung und eines „adaptierten" Grenzwerts;

Fig. 10 den Verlauf einer aktuellen Kraft, einer zugehörigen Referenz bei Angleichung und des zugehörigen Schwellenwerts in einer Phase des Anlaufens des Motors; und

Fig. 11 ein zur Fig. 10 vergleichbares Diagramm, wobei nun jedoch, anders als in Fig. 10, von einem gespeicherten Kraftwert ausgegangen wird, wobei sich dann ergibt, dass bei Verwendung der letzten Verschiebekraft, die noch gespeichert ist, als Startwert das Angleichen der Anlaufphase beschleunigt werden kann, so dass der stationäre Zustand des Algorithmus früher erreicht wird.

In Fig. 1 ist schematisch in einem Blockschaltbild eine Verstelleinrichtung 1 mit einem elektrischen Motor 2 zum Antreiben einer im Übrigen nicht weiter dargestellten Kfz-Komponente, wie ein Schiebedach, dargestellt, wobei zentrale Rechnermittel 3 (CPU 3) als wesentlicher Bestandteil der Einrichtung 1 vorgesehen sind, um eine Ansteuerung, z.B. eine PWM-Ansteuerung, des Motors 2 über einen PWM-Schalter 4 auszuführen; dieser PWM-Schalter 4 ist in Fig. 1 nur schematisch dargestellt und wird in der Praxis in der Regel z.B. mit Hilfe eines Feldeffekttransistors (FET) realisiert. Der PWM-Schalter 4 legt entsprechend einem durch die Rechnermittel 3

vorgegebenen Tastverhältnis eine Versorgungsspannung U_{Bat}, die an Klemmen 5, 6 der Vorrichtung 1 liegt, an den Motor 2 an. Die tatsächlich am Motor 2 anliegende Spannung U_{Mot} wird optional mit Hilfe von Messmitteln 7 gemessen, wobei die entsprechenden Messwerte den Rechnermitteln 3 zugeführt werden. Weiters ist im gezeigten Beispiel ein Sensor 8 zur Messung der Drehbewegung, nämlich im Hinblick auf die Erfassung von Position s, Geschwindigkeit v bzw. Winkelgeschwindigkeit ω und/oder Kraft des Motors 2 vorgesehen; dieser Sensor 8 kann zusätzlich oder anstatt der Messmittel 7 für die Bildung eines Regelsystems vorgesehen sein, und er kann beispielsweise ein Hallsensor sein. Das Ausgangssignal (Messsignal) des Sensors 8 wird ebenfalls den Rechnermitteln 3 zugeführt. Weiters sind die Rechnermittel 3 mit einem Speicher 9 verbunden, in dem Daten betreffend die mechanische Kennlinie der Verstelleinrichtung 1 bzw. des mechanischen Systems dieser Verstelleinrichtung abgelegt sind. Eine mögliche Kennlinie F(t) ist in Fig. 3 beispielhaft mit der Kurve 10 veranschaulicht, wobei ersichtlich ist, dass sich die Kraft F abhängig von der Zeit t bzw. von der Position s etwa eines Schiebedachs ändert. Diese sich mit dem Verstellweg (der Position s) ändernde Kraft F ist somit der Einrichtung 1 bekannt.

Aus Fig. 1 ist sodann noch ersichtlich, dass auch Messmittel 11 zur Messung der Versorgungsspannung U_{Bat} vorhanden sind, wobei die Messwerte ebenfalls den Rechnermitteln 3 zugeführt werden. Die Rechnermittel 3 bilden in an sich herkömmlicher Weise PWM-Ansteuermittel für den Motor 2, die durch ein PWM-Modul 3A in Fig. 1 in Kombination mit dem PWM-Schalter 4 realisiert sind. In Verbindung damit steht ein durch ein Modul 3B in den Rechnermitteln 3 angedeutetes Einklemmschutzmodul, wobei zum Einklemmschutzsystem, zu dem auch Schaltrelais 12, 13 gehören, um nach Reduktion der Motorgeschwindigkeit im

Fall der Erkennung eines Einklemmens, wie an sich bekannt, auch den Motor 2 reversieren zu können.

Die Schaltrelais 12, 13 sind in Fig. 1 schematisch in einer ihrer Normal-Betriebsstellungen gezeigt, wobei sie beim Reversieren des Motors 2 beide die Schaltstellung wechseln. In der (nicht gezeigten) Ruhestellung nehmen beide Schaltrelais 12, 13 ihre gemäß Fig. 1 obere Stellung ein, d.h. sie liegen dann beide an der Klemme 5, wie in Fig. 1 beim Schaltrelais 12 mit gestrichelter Linie angedeutet ist.
Der PWM-Schalter 4 ist in der Ruhestellung offen.

In Abwandlung der gezeigten Ausführungsform ist es auch z.B. denkbar, anstatt der Schaltrelais 12, 13 und des PWM-Schalters (FET) 4 eine Vollbrücke mit vier FETs vorzusehen, die von den Rechnermitteln 3 über die (dann kombinierten) Module 3A, 3B angesteuert werden, um einerseits die PWM-Ansteuerung des Motors 2 und andererseits die Motor-Reversierung zu realisieren.

Es ergibt sich aus der Darstellung in Fig. 1, dass als vorgegebene Größen die Versorgungsspannung U_{Bat}, optional die Motorspannung U_{Mot} und die Motor-Drehzahl ω angesehen werden können, d.h. diese Größen werden gemessen, und es wird darauf reagiert. Diese Reaktion betrifft die PWM-Ansteuerung, wobei mit dem PWM-Modul 3A und dem PWM-Schalter 4 die Motorspannung U_{Mot} eingestellt wird.

Im Einzelnen definieren physikalische Gegebenheiten den Zusammenhang zwischen der Spannung U_{Mot} am Motor, der Kraft F am Motor und der Winkelgeschwindigkeit ω des Motors wie folgt:

Die statische Motorgleichung

$$U_{Mot} = k_\omega \cdot \omega + R \cdot I$$

führt zu

$$I = \frac{U_{Mot} - k_\omega \cdot \omega}{R}.$$

Darin bedeutet:
I....Motorstrom (Ankerstrom) des Motors 2
k_ω...Proportionalitätsfaktor (Motorkonstante)
R....Ankerwiderstand.

Wenn eine weitere Motorkonstante k_m als Proportionalitätsfaktor vorgegeben wird, so ist das Drehmoment M des Motors 2 über diese Konstante k_m proportional zum Ankerstrom I:

$$M = k_m \cdot I = \frac{k_m}{R}\left(U_{Mot} - k_\omega \cdot \omega\right)$$

Mit dem Radius r der Seilwicklung des Motors und dem jeweils gegebenen Übersetzungsverhältnis ü ergibt sich die Kraft F am Seilzug und damit am Schiebedach etc. wie folgt:

$$F = \frac{\ddot{u}}{r} M = \frac{\ddot{u} \cdot k_m}{r \cdot R}\left(U_{Mot} - k_\omega \cdot \omega\right)$$

Es ergibt sich somit folgender Zusammenhang zwischen der Kraft F, der Motorspannung U_{Mot}, und der Winkelgeschwindigkeit ω

$$F = k_1 \cdot U_{Mot} + k_2 \cdot \omega,$$

wobei in dieser Gleichung neben den erwähnten Größen nur bekannte Systemkonstanten k1, k2 vorkommen.

Diese gemäß der vorstehenden Beziehung errechnete Schließkraft wird gemäß Stand der Technik bei der Einklemmerkennung

zugrunde gelegt. Die Schließkraft ändert sich dabei, wenn ein Objekt, wie etwa ein Arm, eine Hand oder aber ein Kopf, von der angetriebenen Komponente, z.B. einem Kfz-Seitenfenster oder einem Schiebedach, eingeklemmt wird. Die Schließkraft kann sich jedoch im Betrieb überdies ändern, wenn sich die Umgebungsbedingungen ändern, ohne dass ein Objekt eingeklemmt wird. So können sich beispielsweise Reibungskräfte in Dichtungen aufgrund von Temperaturänderungen ändern und eine Schließkraft-Schwankung bewirken. Es ist nun erforderlich, derartige mechanische Kraft-Änderungen aufgrund geänderter Rahmenbedingungen, wie bei Temperaturänderungen etc., nicht als Einklemmen eines Objekts zu erkennen, sondern diese mechanischen Kraftänderungen von durch eingeklemmte Objekte verursachten Kraftschwankungen sicher unterscheiden zu können.

Zur allgemeinen Erläuterung ist in Fig. 2 ein Diagramm veranschaulicht, in dem beispielhaft ein Verlauf der aktuellen Kraft F_{akt}, weiters der Verlauf einer Referenzkraft F_{Ref} sowie - parallel zu letzterem - der Verlauf eines Schwellenwerts, einer Schwellenwertkraft F_{Th}, veranschaulicht sind. Zusätzlich ist in Fig. 2 die Bewegung der angetriebenen Komponente, z.B. eines Schiebedachs, beim Schließen durch den Verlauf der Position s gezeigt, wobei im Normalfall dieser Positionsverlauf etwa linear mit der Zeit erfolgt. Gemäß Fig. 2 beginnt nun in der Position 14, zu einem Zeitpunkt t_1, ein Einklemmvorgang, wobei durch das eingeklemmte Objekt die tatsächliche Kraft F_{akt} relativ zur Referenzkraft F_{Ref} relativ stark ansteigt, bis der Schwellenwert F_{Th} zum Zeitpunkt t_2, in der Position 15, erreicht wird. Bei Erreichen des Schwellenwerts F_{Th} wird vom System, d.h. von den Rechnermitteln 3 in Fig. 1, auf einen Einklemmvorgang entschieden, wobei in der Folge der Motor 2 gestoppt und reversiert wird, was in Zusammenhang mit dem Verlauf der Position s in Fig. 2 zum Zeitpunkt t_3 ange-

deutet ist. Bis zum Zeitpunkt t_1 laufen jedoch im Beispiel von Fig. 2 die Kräfte F_{akt} und F_{Ref} einheitlich, d.h. es treten keine mechanischen Kraftschwankungen auf.

Derartige mechanische Kraftschwankungen ergeben sich jedoch beispielhaft aus den Fig. 3 und 4 für die aktuelle Kraft F_{akt}, wobei ersichtlich ist, dass es zu einem Auseinanderlaufen zwischen der Referenzkraft F_{Ref} und der aktuellen Kraft F_{akt} kommt. Im Diagramm gemäß Fig. 3 ist dabei wie erwähnt zusätzlich noch mit der Kurve 10 der - erwartete - Kraftverlauf zufolge der abgespeicherten Kennliniendaten eingetragen. Auch in Zusammenhang mit dieser Kurve 10, die in dem mechanischen System inhärente Parameter beim erwarteten Kurvenverlauf von vornherein berücksichtigt, und die bei Installation des Einklemmschutzsystems anfangs empirisch erfasst werden kann, ist ein allmähliches Entfernen der aktuellen Kraft F_{akt} zufolge sonstiger Parameter im mechanischen System, wie etwa geänderter Reibungswerte, aber auch Auftreten von Verschmutzungen usw., festzustellen. Dieses Auseinanderlaufen deutet beispielsweise auf eine (bereichsweise oder allgemeine) mittlerweile schwergängigere Mechanik hin, und dieses allmähliche Auseinanderlaufen, diese relativ langsame Abweichung der Kraft F_{akt} von der Referenzkraft F_{Ref}, soll nun von einem relativ starken Anstieg zufolge eines Einklemmens eines Objekts unterschieden werden.

Dies wird dadurch erzielt, dass im Zuge einer „Kraftverfolgung" der Referenzwert bzw. die Referenzkraft F_{Ref} laufend an die aktuelle Kraft F_{akt} angeglichen oder herangeführt wird. Diese Kraftverfolgung wird jedoch betragsmäßig begrenzt, um zu verhindern, dass auch Einklemmvorgänge ausgeglichen werden. Die Begrenzung ist demgemäß so zu wählen, dass mechanische Kraftveränderungen, die zu dem Auseinanderlaufen wie in Fig. 3 und 4 gezeigt führen, ausgeglichen oder „gedämpft"

werden, wogegen zufolge der deutlich höheren Anstiegsraten bei Klemmvorgängen, verglichen mit den mechanischen Schwankungen, eine nur unwesentliche Dämpfung durch die Kraftverfolgung mit der angeführten Begrenzung einhergeht.

Für dieses begrenzte Angleichen der Referenzwerte F_{Ref} an die aktuelle Kraft F_{akt} kann beispielsweise die nachfolgende Beziehung herangezogen werden, wobei in dieser Beziehung mit $F_{Ref}(s)$ die Referenzkraft in der Position s und $F_{akt}(s)$ die gemessene (aktuelle) Kraft der Mechanik in dieser Position s bezeichnet wird; weiters wird der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Positionen, wo eine entsprechende Krafermittlung und Angleichung erfolgt, mit Δs bezeichnet; somit ergibt sich die Referenzkraft an einer folgenden Position $s + \Delta s$ wie folgt:

$$F_{Ref}(s + \Delta s) = F_{Ref}(s) + \min\,[F_{akt}(s) - F_{Ref}(s),\ F_{Limit}]$$

In dieser Beziehung bezeichnet F_{Limit} einen für die Kraftverfolgung vorzugebenden Grenzwert, d.h. ein „Verfolgungslimit". Dieser Grenzwert beschreibt die maximale Steifheit eines gedachten, in der Mechanik eingeklemmten Objekts, welches durch die Kraftverfolgung noch voll ausgeglichen wird.
Die vorstehende Beziehung gilt für positive Abweichungen, also für $F_{akt}(s) \geq F_{Ref}(s)$. Die vorliegende Kraftverfolgung kann jedoch auch im Fall von negativen Abweichungen vorgesehen werden, also für $F_{akt}(s) \geq F_{Ref}(s)$, wobei dann gilt:

$$F_{Ref}(s + \Delta s) = F_{Ref}(s) - \min\,[F_{Ref}(s) - F_{akt}(s),\ F_{Limit}]$$

Im Idealfall, wenn keine Schwankungen im mechanischen System gegeben sind, d.h. der Differenzwert ΔF zwischen F_{akt} und $F_{Ref} = 0$ ist, ändert sich auch der Referenzwert F_{Ref} nicht. Im Fall von Differenzen zwischen dem aktuellen Kraftwert F_{akt} und dem

Referenzwert F_{Ref} wird diese Differenz solange zum Ausgleich herangezogen, d.h. zum vorhergehenden Referenzwert $F_{Ref}(s)$ hinzu addiert oder davon subtrahiert, um zum Referenzwert in der nächsten Position $s + \Delta s$ zu kommen, solange dieser Differenzwert den Grenzwert F_{Limit} nicht übersteigt. Ansonsten wird der Grenzwert F_{Limit} für die Angleichung eingesetzt.

Im Idealfall ist nun dieser Grenzwert F_{Limit} so gewählt, dass sich für den angeglichenen Referenzwert F_{Ref} der Verlauf gemäß Kurve 16 in Fig. 4 ergibt. Wenn der Grenzwert F_{Limit} jedoch vergleichsweise kleiner ist, ergibt sich für den Referenzwert, s. F_{Ref}' in Fig. 4, der Verlauf gemäß der Kurve 17. In diesem Fall liegt ein linearer Anstieg vor, da zu jedem „Abtast"-Intervall Δs ein konstanter Wert, nämlich F_{Limit}, zum vorhergehenden Referenzwert hinzu addiert wird. Dies ist jedoch nur ein Beispiel von mehreren Möglichkeiten.

Die vorliegende Methode der Referenzwert-Angleichung lässt sich beispielsweise mit besonderem Vorteil mit abgespeicherten mechanischen Kennfeldern, mit Referenzwerten entsprechend dem Kurvenverlauf 10 in Fig. 3, kombinieren, wobei dann als Ausgangs-Referenzwert F_{Ref} in den vorstehenden Beziehungen immer ein Referenzwert entsprechend dieser Kurve 10 herangezogen wird, also kein konstanter Referenzwert. Der erhaltene Referenzwert wird dann nicht bloß durch die beschriebene Kraftverfolgung, ausgehend von einem konstanten Wert gebildet, sondern er ergibt sich als Summe aus dem Referenzkraftverlauf 10 (gemäß Kennlinie der Mechanik) und dem Anteil der Kraftverfolgung gemäß den vorstehenden Beziehungen, bei mechanischen Kraftschwankungen.

Der Grenzwert F_{Limit} für die Kraftverfolgung wurde vorstehend beispielhaft als konstant angenommen. Dies muss jedoch nicht unbedingt der Fall sein, vielmehr lässt sich bei der vorlie-

genden Referenzwert-Angleichung in vorteilhafter Weise auch ein variabler Grenzwert F_{Limit} verwenden, wobei mit der Größe des Grenzwerts F_{Limit} den Gegebenheiten des mechanischen Systems Rechnung getragen werden kann.

Beispielsweise kann für den Motor-Startvorgang ein vorübergehend hoher Grenzwert F_{Limit} vorgesehen werden, welcher z.B. gemäß einer exponentiellen Kurve mit dem Fortschreiten der Zeit (bzw. des Wegs) abnimmt, wie aus dem Diagramm gemäß Fig. 5 ersichtlich ist. In der Startphase wird somit ein hoher Grenzwert F_{Limit} verwendet, so dass sich auch starke Kraftschwankungen in dieser Startphase ausgleichen lassen. Dadurch wird erreicht, dass in dieser Phase der Referenzwert F_{Ref} möglichst sicher der sich in diesem Zeitintervall sehr stark ändernden aktuellen Kraft F_{akt} entspricht. Der Grenzwert, d.h. das Verfolgungslimit, wird dann jedoch allmählich reduziert, bis der aus Fig. 5 im rechten Teil des Diagramms ersichtliche niedrige, z.B. konstante Wert für den gleichmäßigen Motorlauf erreicht wird.

In ähnlicher Weise können sich auch vorübergehend erhöhte Grenzwerte F_{Limit} als vorteilhaft erweisen, etwa wenn abhängig von der Position, z.B. wenn sich ein Schiebedach in einer bestimmten Position nahe dem Schließzustand befindet und ein Windabweiser vorliegt, ein mechanisch nicht reproduzierbares Verhalten (z.B. temperaturabhängig) gegeben ist. Demgemäß kann in diesem Bereich Positions-abhängig das Verfolgungslimit erhöht werden, um derartige Störungen besser ausgleichen zu können.

Ein alternativer Ansatz für die Berücksichtigung eines derartigen erhöhten Kraftanstiegs bei einer bestimmten (Zwischen-)Position, d.h. Problemstelle, wäre, an dieser Stelle die Auslöseschwelle F_{Th} zu erhöhen. Wie sich jedoch gezeigt hat,

wird dadurch ein erhöhter Kraftbedarf nach der Problemstelle im Positionsverlauf (wo ein solcher erhöhter Kraftbedarf auftreten kann) nicht abgefangen, im Gegensatz zu der vorbeschriebenen Kraftverfolgungs-Technik.

In diesem Zusammenhang sei vorab auf das Diagramm gemäß Fig. 6 hingewiesen, das veranschaulicht, dass als Kriterium für die Klemmerkennung nicht der Absolutwert der Schließkraft herangezogen wird, sondern die Differenz ΔF zwischen der Schließkraft zu einem bestimmten Zeitpunkt und der Schließkraft zu einem definierten Zeitpunkt in der Vergangenheit. Der Abstand dieser Zeitpunkte wird dabei so gewählt, dass der Steifheit der zu erkennenden Objekte Rechnung getragen wird. Durch die Differenzbildung fallen statische Einflüsse weg. Nachteilig an dieser Lösung ist jedoch, dass ein großer Bedarf an Pufferspeicherplatz für die Vergangenheits-Vergleichswerte notwendig ist, und dass nur ein begrenzter Abschnitt aus der Vergangenheit zur Einklemmerkennung verwendet, weiter zurückliegende Informationen jedoch nicht genützt werden können.

In den Fig. 7 und 8 sind nun jeweils im oberen Teil Kraftverläufe für die aktuelle Kraft F_{akt} und für die nicht angeglichene Referenzkraft F_{Ref} (Fig. 7) bzw. für die angeglichene Referenz F_{Ref} (Fig. 8) veranschaulicht. Der angeglichene Referenz-Verlauf ergibt sich auf die vorstehend beschriebene Weise, vgl. insbesondere auch Fig. 4. Es ist ersichtlich, dass im Bereich rund um die Zeit „200 ms" eine Problemstelle im mechanischen System vorliegt. Gemäß Fig. 7 wird nun in diesem Bereich vorweg die Auslöseschwelle F_{Th} kurzfristig erhöht, wobei diese Erhöhung in Fig. 7 mit 18 bezeichnet ist. Mit der Kurve 19 ist die Differenzkraft, die ohne Kraftverfolgung wie vorstehend beschrieben erhalten wird, bezeichnet. Dabei ist aus dem Diagramm gemäß Fig. 7 bei 20 erkennbar, dass dieser

Ansatz gemäß Stand der Technik in nachteiliger Weise zu einem Fehlreversieren führen würde.

Wenn nun gemäß Fig. 8 eine nach dem Prinzip der Kraftverfolgung ermittelte Differenzkraft zugrunde gelegt wird, vgl. Kurve 21, so wird der - hier beispielsweise konstante - Schwellenwert, gemäß der geraden Linie 22, nicht erreicht; es kommt somit im Bereich der Problemstelle 18 (Fig. 7) zu keiner unrichtigen Einklemmdetektion und damit zu keinem Fehlreversieren.

Außer diesen Zeit- oder Positions-abhängigen Variationen des Grenzwerts F_{Limit} können sich veränderliche (erhöhte) Grenzwerte auch für den Fall von Spannungsschwankungen der Bordnetzspannung U_{Bat} (vgl. Fig. 1) als zweckmäßig erweisen. In diesem Fall kann ein Anteil in den oben stehenden Beziehungen, der zur Höhe der Spannungsschwankung proportional ist, zum angegebenen Grenzwert F_{Limit} hinzu addiert werden. Dieser auf die Spannungsschwankung zurückzuführende Term kann beispielsweise dadurch bestimmt werden, dass von der ungefilterten Spannung $U_{Bat}(t)$ ein Spannungswert $U_{LP}(t)$ nach Tiefpass-Filterung subtrahiert wird. Es ergibt sich daher die folgende Beziehung für diesen modifizierten Grenzwert F_{Limit}':

$$F_{Limit}' = F_{Limit} + k \cdot |U_{Bat}(t) - U_{LP}(t)|$$

Dabei ist k ein Systemparameter, der angibt, wie stark der Grenzwert in Abhängigkeit von der Höhe des Spannungsstroms zu vergrößern ist. Dieser Systemparameter k kann im vorhinein empirisch ermittelt werden. In Fig. 9 ist beispielhaft ein entsprechender Verlauf von F_{Limit} (bzw. F'_{Limit}) in Verbindung mit einer sprunghaft ansteigenden Batteriespannung U_{Bat} und einer Tiefpass-gefilterten Spannung U_{LP} gezeigt.

Anstatt des konstanten Systemparameters k ist es auch denkbar, einen Parameter k in Abhängigkeit von der Spannung U, also k(U), zu verwenden, wobei ein nicht-linearer Zusammenhang zwischen k und U möglich ist. Insbesondere ist es hier denkbar, dass ein quadratischer Zusammenhang zwischen k und U gegebenen ist, d.h. dass sich der Parameter k quadratisch mit der Höhe des Spannungssprungs erhöht.

Beispielsweise steigt die Batteriespannung am Ende eines Cranking-Impulses an, und bei einem derartigen Spannungsanstieg kann ein Kraftverlauf entstehen, der jenem gemäß Fig. 7 und 8 entspricht. Durch einen entsprechend erhöhten Grenzwert F_{Limit}' lässt sich dieser Einfluss eliminieren, so dass ein Fehlreversieren vermieden wird.

Eine weitere vorteilhafte Variante ergibt sich, dass dann, wenn die letzte Verschiebebewegung nur eine kurze Zeit zurückliegt, die Verschiebekraft relativ gut konstant bleibt. Es kann dann für diesen Sonderfall einer nur kurzen Unterbrechung die letzte Verschiebekraft als Startwert für die Referenzkraft F_{Ref} verwendet werden, wodurch der Startwert der Kraftverfolgung besser angepasst und die Startphase verkürzt werden kann, so dass der stationäre Zustand des Algorithmus früher erreicht wird. Dies ergibt sich aus einem Vergleich der Fig. 10 mit Fig. 11, wobei in Fig. 10 nach einem Abschalten der Verschiebebewegung bei einem knapp danach liegenden Neustarten der Verschiebebewegung auch die Kraftverfolgung praktisch bei Null gestartet wird, so dass es eine relativ lange Zeitdauer erfordert, bis der Referenzwert F_{Ref} an die aktuelle Kraft F_{akt} herangeführt ist. Wenn jedoch, wie in Fig. 11 dargestellt, der beim Abschalten des Motors gegebene Wert der Verschiebekraft gespeichert und als Startwert für die Kraftverfolgung, für den Referenzwert F_{Ref}, herangezogen wird,

kann eine raschere Angleichung des Referenzwerts an die tatsächliche Kraft F_{akt} erzielt werden.

Wenn die Erfindung vorstehend anhand von besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen erläutert wurde, so sind doch weitere Abwandlungen und Modifikationen im Rahmen der Erfindung möglich. So ist es beispielsweise auch denkbar, die beschriebene Kraftverfolgung in zueinander parallel durchgeführten Berechnungsvorgängen mit verschiedenen Grenzwerten, abgestimmt auf verschiedene Steifheiten von Objekten, durchzuführen. So lässt sich mit einem höheren Grenzwert erreichen, dass nur besonders steife Objekte mit einem hohen Kraftanstieg berücksichtigt werden. Es ist manchmals erwünscht und dabei nicht einfach, sehr steife Objekte rechtzeitig zu erkennen. Derartige harte Objekte sind beispielsweise 65 N/mm-Federn, wie sie in der US-Richtlinie FMVSS 118 S5 gefordert werden. Wenn nun ein relativ hoher Grenzwert festgelegt wird, lassen sich derartige steife bzw. harte Objekte gut erkennen, da alle anderen Störungen stark gefiltert werden. Es ist daher denkbar, eine zusätzliche, gesonderte Einklemmerkennung für derartige steife Objekte - parallel zur Einklemmerkennung bei weicheren Objekten - durchzuführen, um so spezifisch derartige harte, steife Objekte zu erkennen. Dieser Ansatz kann verallgemeinert werden, indem für vorgegebene spezifische Objekthärten, insbesondere für die gesetzlich geforderten Objekthärten 10 N/mm, 20 N/mm und 65 N/mm, jeweils eine eigene Klemmerkennung, mit eigener Angleichung des Referenzwerts unter Verwendung eines eigenen, auf die jeweilige Objekthärte abgestimmten Grenzwerts, durchgeführt wird. Dadurch können ganz spezifische Auslöseschwellen F_{Th} für unterschiedliche Objekthärten vorgegeben werden.

Im Übrigen kann die Erfindung selbstverständlich auch bei Verstelleinrichtungen 1 ohne PWM-Ansteuerung (wie in Fig. 1

gezeigt) angewendet werden, wobei andere Ansteuerungen, insbesondere Relais-Ansteuerungen, im Stand der Technik bekannt sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen einer Einklemmsituation beim Verstellen einer angetriebenen Komponente mit Hilfe eines mechanischen Verstellsystems enthaltend einen Elektromotor (2), wobei ein auf die an der angetriebenen Komponente wirkende Kraft bezogener Wert (F_{akt}) mit einem auf einen Referenzwert (F_{Ref}) bezogenen Schwellenwert (F_{Th}) verglichen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzwert (F_{Ref}), und damit der Schwellenwert (F_{Th}), laufend im Sinne einer Kraftverfolgung an den sich abhängig vom mechanischen System bei der Verstellbewegung ändernden Kraft-Wert angeglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die laufende Angleichung des Referenzwerts (F_{Ref}) zum Ausnehmen von auf Klemmvorgänge zurückzuführenden Änderungen betragsmäßig begrenzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzwert (F_{Ref}) bei positiven Abweichungen der Kraft-Werte (F_{akt}) vom Referenzwert, nämlich $F_{akt}(s) \geq F_{Ref}(s)$, mit s = die Position der angetriebenen Komponente, gemäß der Beziehung
$F_{Ref}(s + \Delta s) = F_{Ref}(s) + \min [(F_{akt}(s) - F_{Ref}(s)), F_{Limit}]$
angeglichen wird, wobei $s + \Delta s$ die auf die Position s folgende Position und F_{Limit} einen vorgegebenen Grenzwert als Verfolgungslimit bezeichnen.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzwert bei negativen Abweichungen, also $F_{akt}(s) < F_{Ref}(s)$, mit s = Position der angetriebenen Komponente, gemäß der Beziehung
$F_{Ref}(s + \Delta s) = F_{Ref}(s) - \min [(F_{Ref}(s) - F_{akt}(s)), F_{Limit}]$

angeglichen wird, wobei s + Δs die auf die Position s folgende Position und F_{Limit} einen vorgegebenen Grenzwert als Verfolgungslimit bezeichnen.

5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein einheitlicher Grenzwert F_{Limit} für die Angleichung sowohl bei positiven als auch bei negativen Abweichungen der Kraft-Werte vom Referenzwert vorgegeben wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass für die Begrenzung ein variabler Grenzwert (F_{Limit}) vorgegeben wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert (F_{Limit}) von der Position (s) der angetriebenen Komponente abhängig ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert (F_{Limit}) von Schwankungen der Motorspannung (U) abhängig ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Angleichung des Referenzwerts (F_{Ref}) von einem Referenzwert-Verlauf (10) auf Basis von abgespeicherten Kennliniendaten ausgegangen wird.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Motor-Startvorgang ein vorübergehend vergleichsweise hoher Grenzwert (F_{Limit}) verwendet wird, um den Referenzwert (F_{Ref}) den beim Startvorgang starken Kraft-Änderungen rasch anzugleichen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein von einem vergleichsweise hohen Anfangswert exponentiell abfallender Grenzwert (F_{Limit}) verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass für die Begrenzung ein auf die Steifheit von Einklemm-Objekten abgestellter Grenzwert (F_{Limit}) festgelegt wird, wobei der Grenzwert umso höher ist, je höher die Steifheit des Einklemm-Objekts ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Kraftverfolgungen mit verschiedenen Grenzwerten (F_{Limit}) zueinander parallel durchgeführt werden, um für verschieden steife Einklemm-Objekte eigene, angepasste Angleichungen des Referenzwerts (F_{Ref}) an die Kraft-Werte (F_{akt}) vorzunehmen.

14. Vorrichtung zum Erkennen einer Einklemmsituation beim Verstellen einer angetriebenen Komponente mit Hilfe eines mechanischen Verstellsystems enthaltend einen Elektromotor (2), wobei ein auf die an der angetriebenen Komponente wirkende Kraft bezogener Wert (F_{akt}) mit einem auf einen Referenzwert (F_{Ref}) bezogenen Schwellenwert (F_{Th}) verglichen wird, gekennzeichnet durch Rechnermittel (3), die dazu eingerichtet sind, ein Angleich-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 durchzuführen.

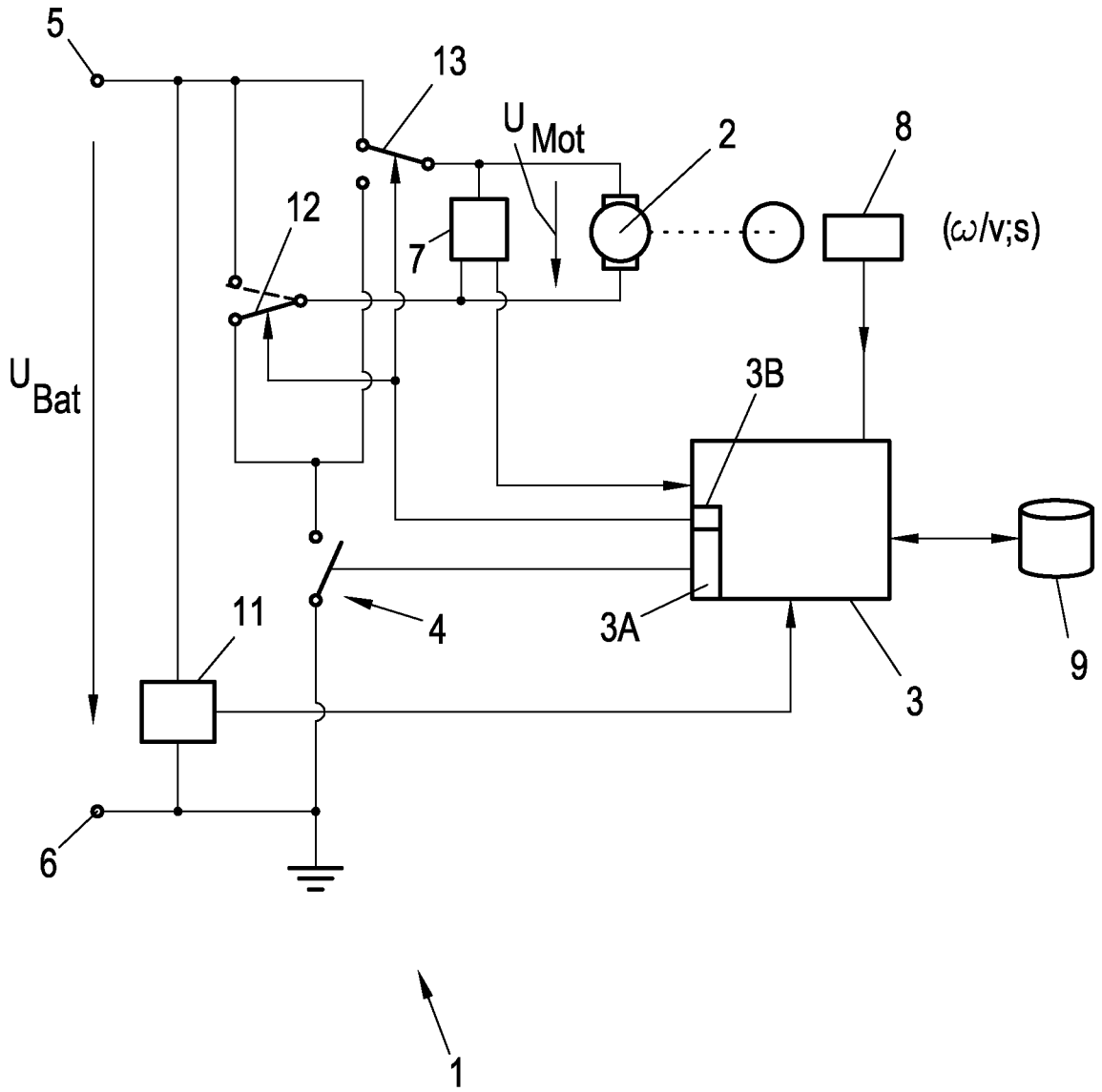

Fig. 1

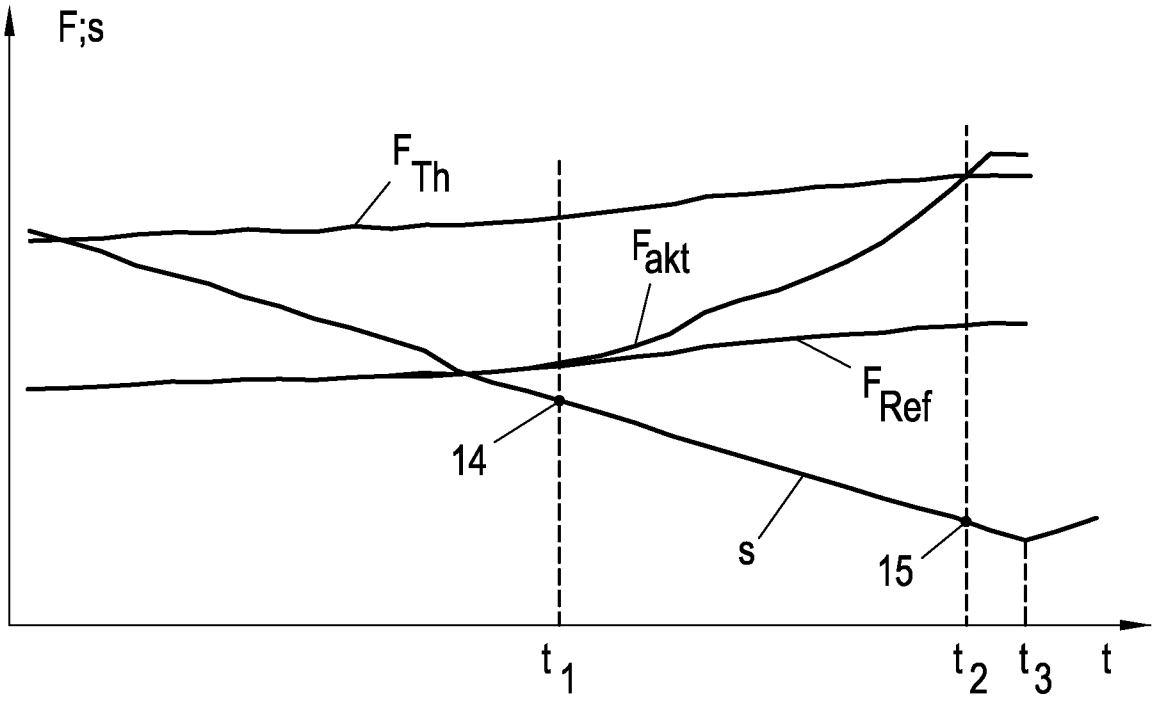
F;s
F Th
F akt
F Ref
14
s
15
t 1
t 2
t 3
t

Fig. 2

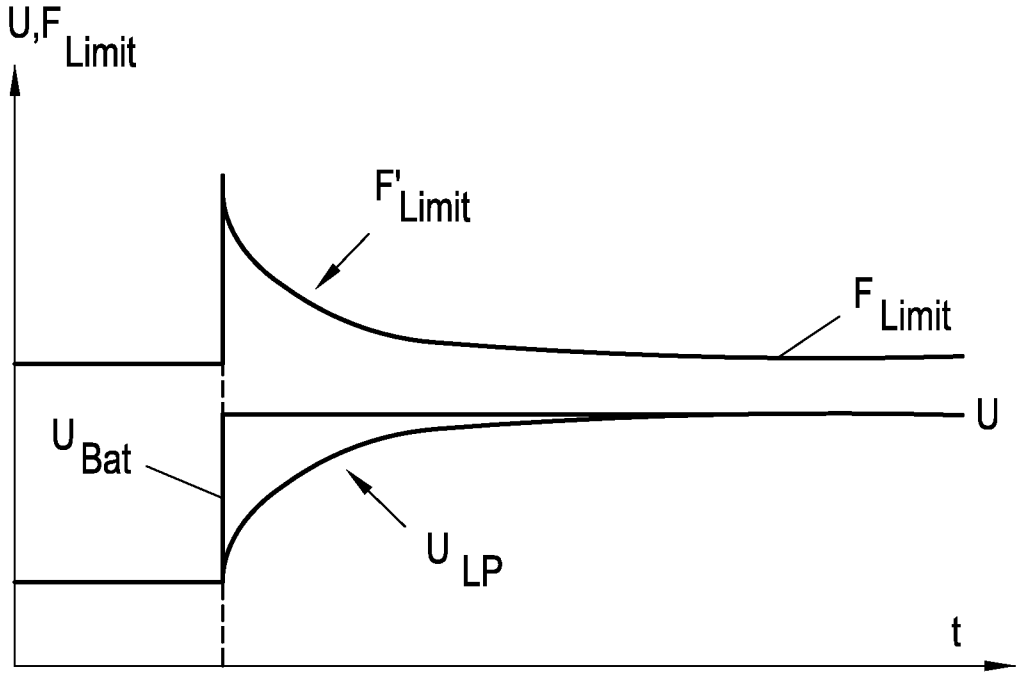
U,F Limit
F' Limit
F Limit
U
U Bat
U LP
t

Fig. 9

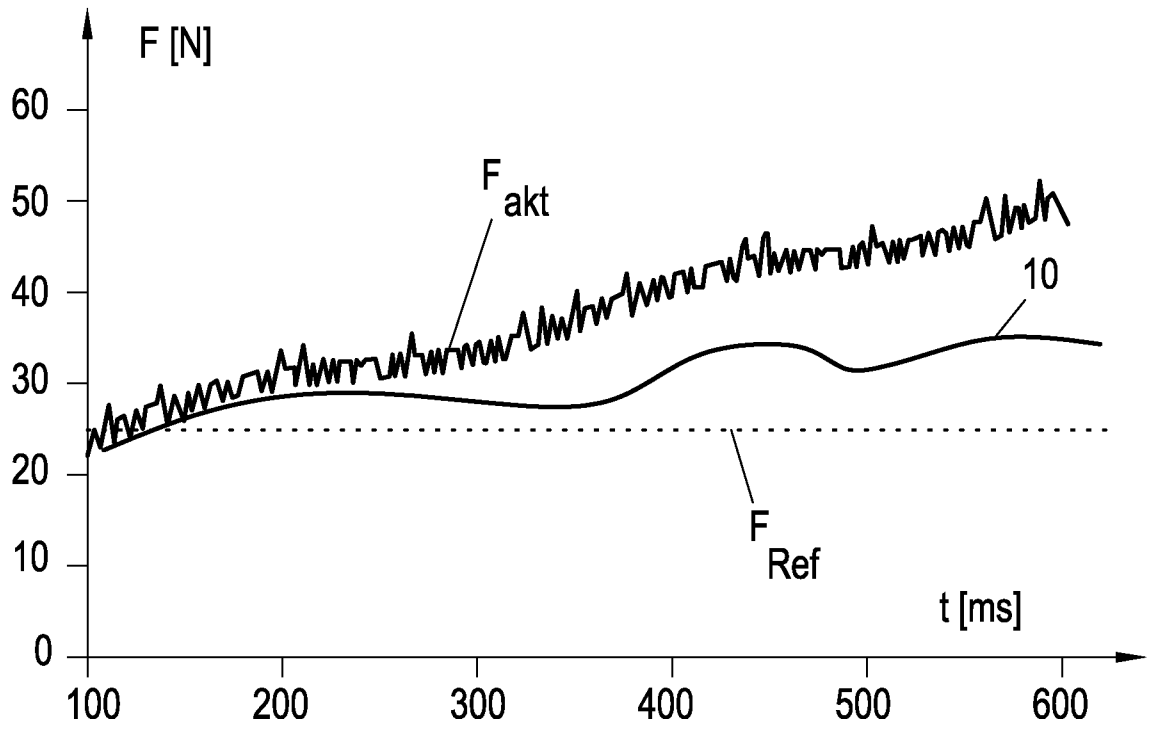
F [N]
60
50
40
30
20
10
0
F akt
10
F Ref
t [ms]
100
200
300
400
500
600

Fig. 3

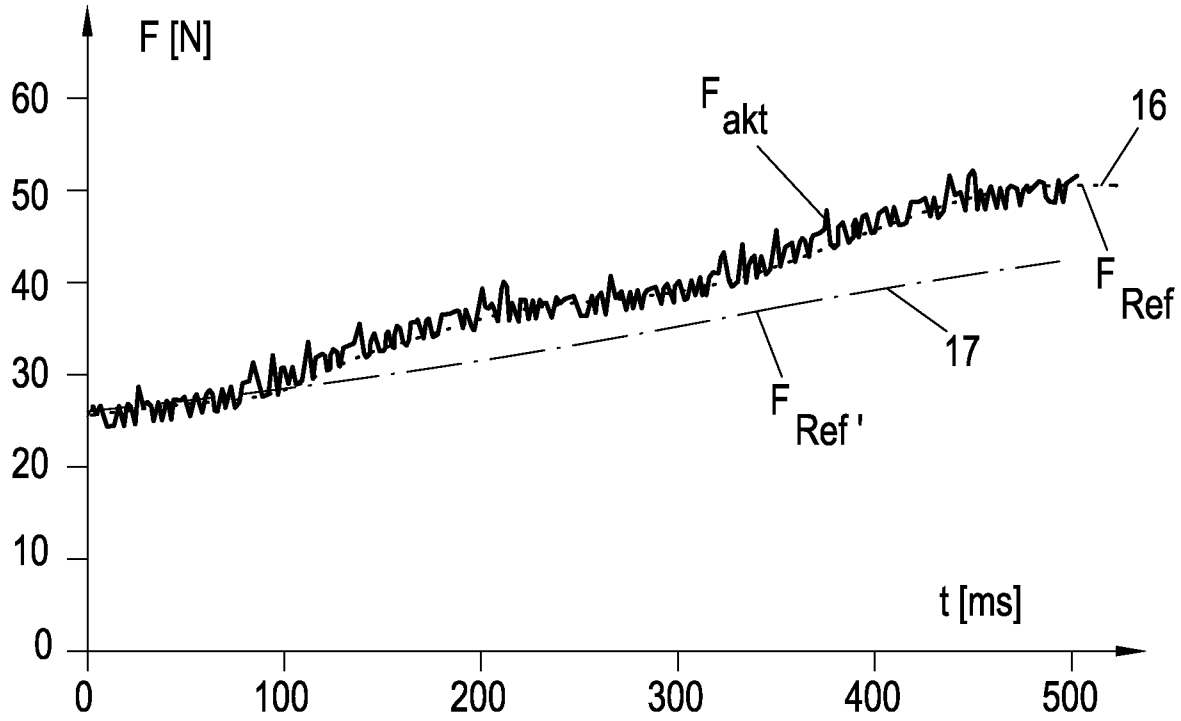
F [N]
60
50
40
30
20
10
0
F akt
16
F Ref
17
F Ref '
t [ms]
0
100
200
300
400
500

Fig. 4

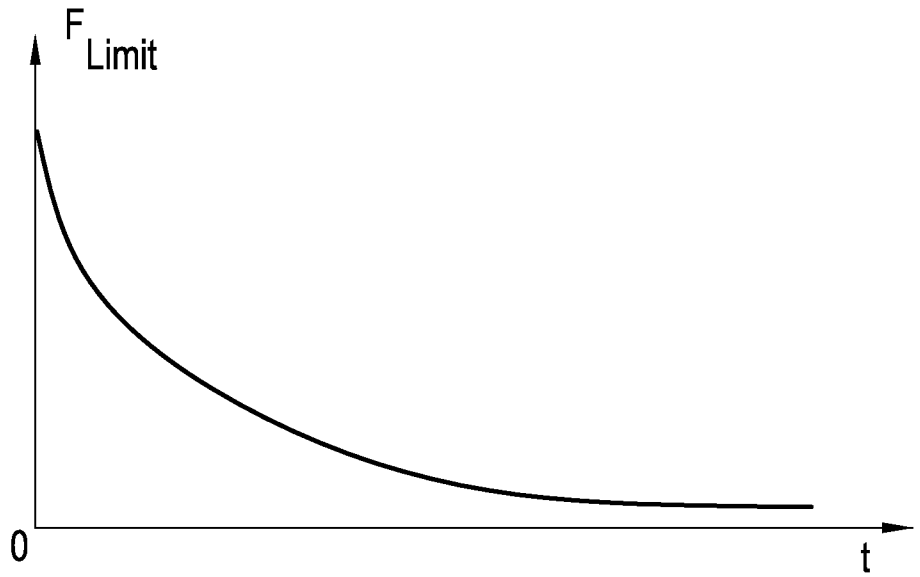

Fig. 5

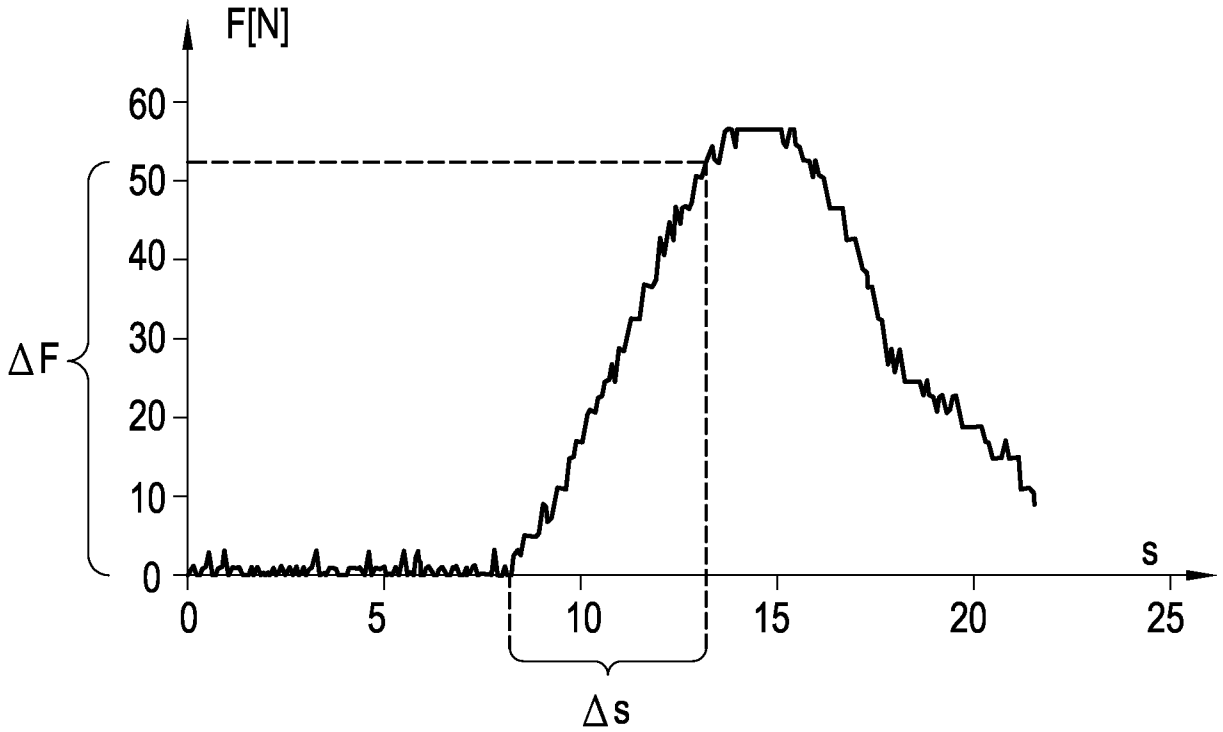

Fig. 6

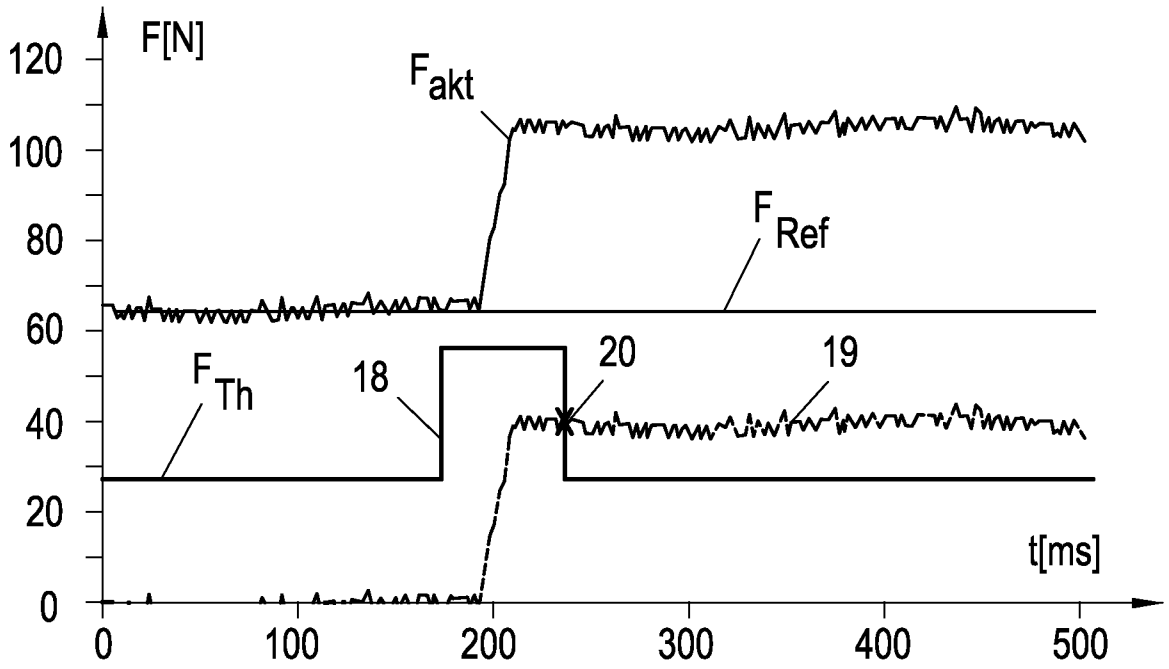
F[N]
120
100
80
60
40
20
0
F_{akt}
F_{Ref}
F_{Th}
18
20
19
t[ms]
0
100
200
300
400
500

Fig. 7

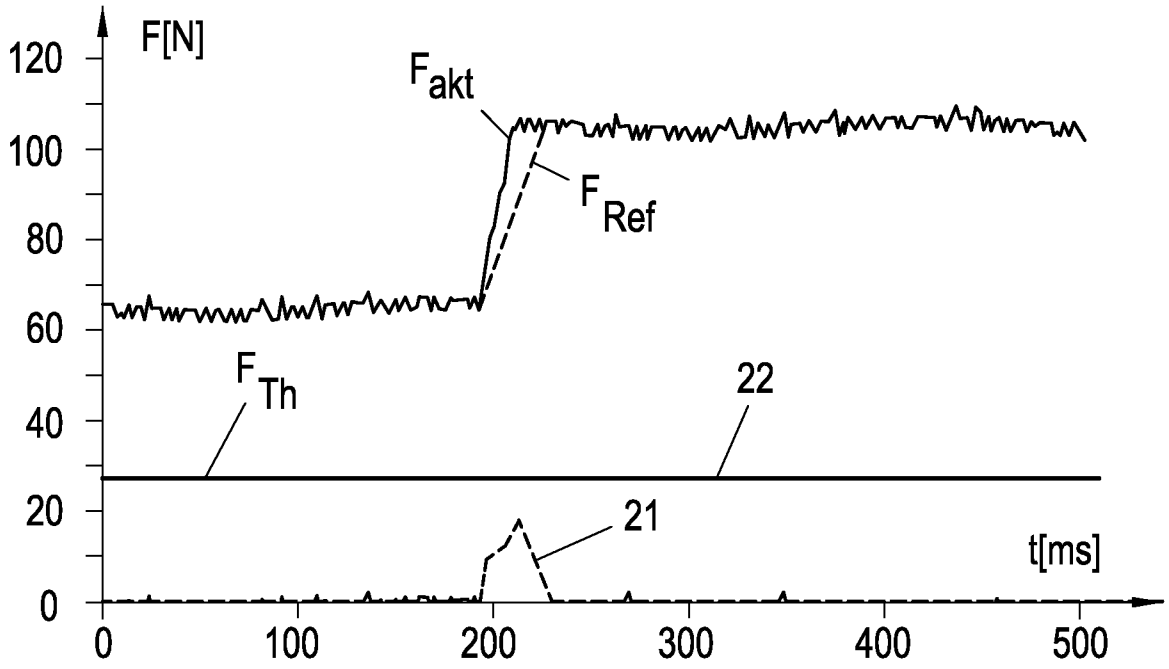
F[N]
120
100
80
60
40
20
0
F_{akt}
F_{Ref}
F_{Th}
22
21
t[ms]
0
100
200
300
400
500

Fig. 8

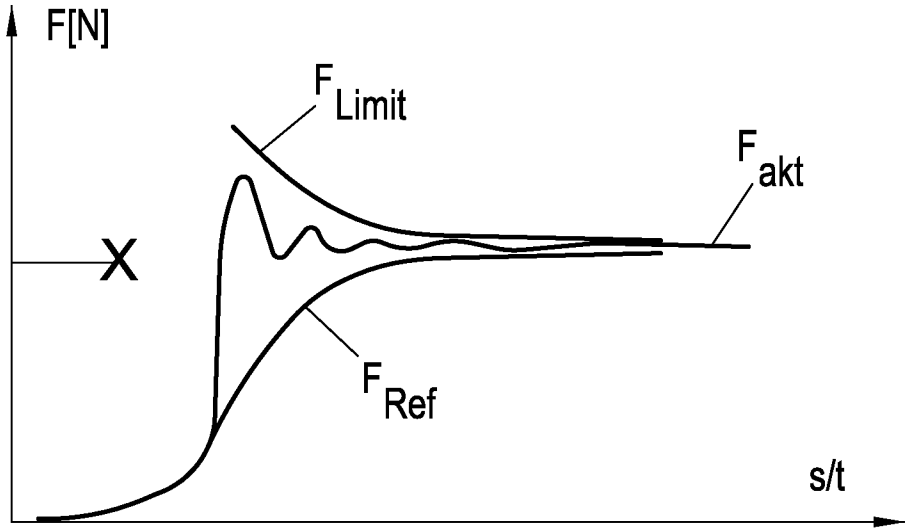

Fig. 10

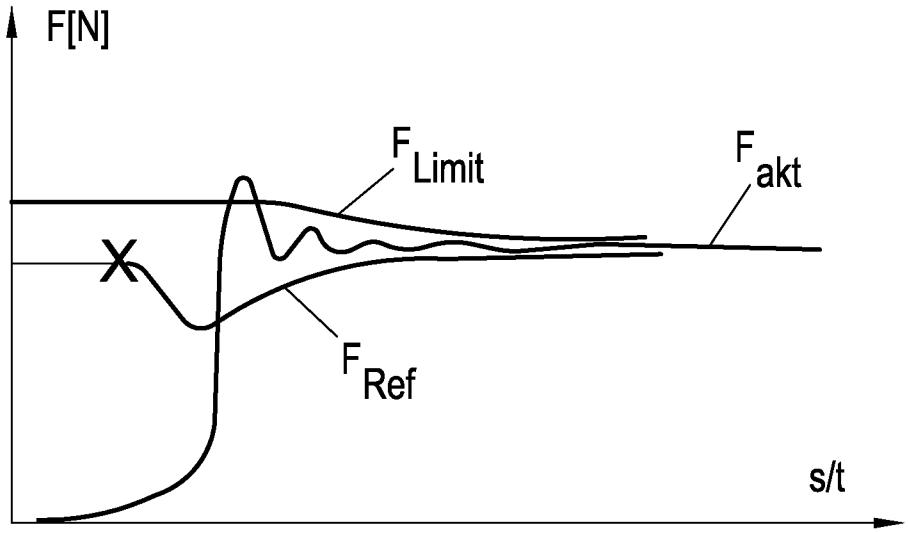

Fig. 11