

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 841 298 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
13.05.1998 Patentblatt 1998/20

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B66D 1/58, B66C 13/26

(21) Anmeldenummer: 97118120.1

(22) Anmeldetag: 18.10.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV RO SI

(72) Erfinder: Thürmer, Falk  
74653 Künzelsau (DE)

(74) Vertreter:  
Patentanwälte Rüger, Barthelt & Abel  
Webergasse 3  
73728 Esslingen (DE)

(30) Priorität: 07.11.1996 DE 19645812

(71) Anmelder:  
R. Stahl Fördertechnik GmbH  
D-74653 Künzelsau (DE)

## (54) Steuerungsanordnung mit Erkennung des Gewichts der Last

(57) Ein Hebezeug ist mit einem Steuersystem versehen, bei dem während des Anhebens der Last ( $t_{11}$ ) von der Unterlage dynamisch ein oberer Grenzwert ( $Ref_2$ ) solange nachgezogen wird, bis das von dem Steuersystem erfaßte Lastsignal ( $F$ ) erstmals diesen stufenweise erhöhten Grenzwert ( $Ref_2$ ) nicht mehr überschreitet. Im Anschluß daran wird überprüft, ob infolge von Schwingungen auch ein stufenweise mitgezogener unterer Grenzwert ( $Ref_3$ ) unterschritten wird. Wenn dies nicht der Fall ist, bleiben die Grenzwerte ( $Ref_2, Ref_3$ ) auf dem aktuell erreichten Wert, andernfalls

werden sie stufenweise vermindert und wieder erhöht, solange, bis das Lastsignal ( $F$ ) zwischen den beiden Grenzen ( $Ref_2, Ref_3$ ) bleibt. Damit kann sich das System sehr schnell auf jede beliebige Last ( $F$ ) einstellen und ist praktisch mit dem Anheben der Last ( $\uparrow$ ) und dem anschließenden Abklingen der Seilschwingung ebenfalls im eingeschwungenen Zustand, was bedeutet, daß die Grenzwerte ( $Ref_2, Ref_3$ ) zuverlässig festgelegt sind und ihnen vertraut werden kann.

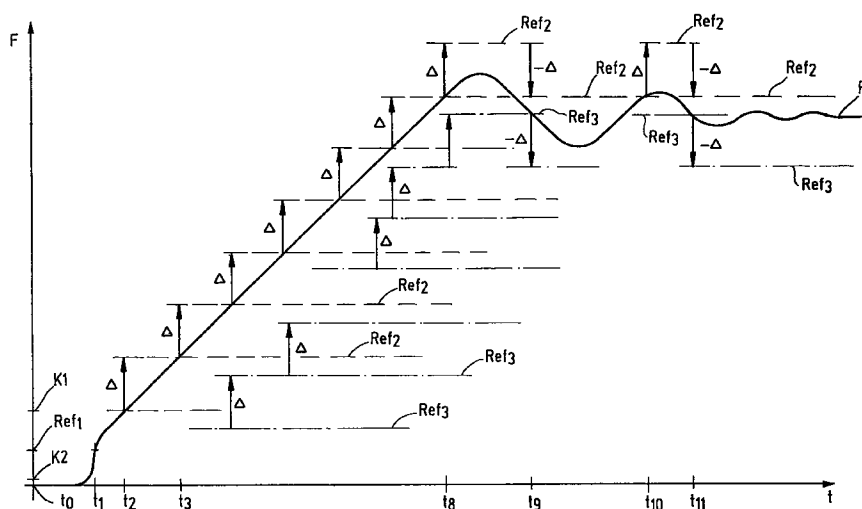


Fig. 4

EP 0 841 298 A2

## Beschreibung

Bei Hebezeugen können für Menschen und Material extrem gefährliche Situationen eintreten, wenn beim Hochfahren des Hebezeugs der Haken oder die daran hängende Last an irgendwelchen ortsfesten Teilen hängen bleiben. Der Vorgang geht schlagartig schnell und die Reaktionszeit des Kranführers reicht nicht aus zu verhindern, daß dadurch dramatische Überlastungen des Systems entstehen. Aus diesem Grunde ist das Hebezeug mit Sensoren und einer Steuereinrichtung ausgestattet, die selbsttätig die Hubbewegung stillsetzen soll, sobald eine solche Gefahr erkannt wird.

Je länger die Reaktionszeit des Systems insgesamt ist, d.h. je mehr Zeit vergeht zwischen dem Erkennen, daß eine bestimmte Lastgrenze überschritten wird, und dem Stillstand des Antriebsmotors, umso größer ist die nach dem Überschreiten der Lastgrenze auftretende zusätzliche Kraftherhöhung. Genauere Betrachtungen zeigen, daß bei der Normalhubgeschwindigkeit die größte Energie des Systems als kinetische Energie im Anker des Antriebsmotors gespeichert ist. Die dort nach dem Abschalten des Motorstroms enthaltene Energie beträgt bis zu 80% der kinetischen Gesamtenergie im System. Um dies zu verhindern, sollte so schnell wie möglich die Drehzahl vermindert werden, wenn ein Festhaken droht. Dazu ist es notwendig, das Gewicht der Last incl. dem Gewicht des Seils zu kennen, um einen variablen Grenzwert zu haben, der frühzeitig eine Entscheidung ermöglicht.

Aus der DE-20 58 712 C3 ist eine Überlastsicherung für ein Hebezeug bekannt, die lediglich beim Anheben der Last von der Unterlage wirksam ist. Wenn der Kranführer oder Bediener des Hebezeugs die Last mit der Haupthubgeschwindigkeit vom Boden anheben will, fährt das Hebezeug zunächst mit der Nennhubgeschwindigkeit, um das Seil schnell zu straffen. Sobald die Meßeinrichtung an dem Hebezeug eine Seilkraft von etwa 20% der Nennlast feststellt, wird selbsttätig aus dem Hauptgang in den Feingang umgeschaltet und die Haupthubgeschwindigkeit gesperrt. Die Sperrung der Haupthubgeschwindigkeit bleibt solange vorhanden, bis sichergestellt ist, daß keine Überlastung des Hebezeugs vorliegt. Sollte während des Anhebens der Last ein Verhaken auftreten oder die Last schwerer sein als die zulässige Nennlast, übersteigt die Seilkraft einen zweiten Grenzwert, der etwa bei 110% der Nennlast liegt, und es wird das Hebezeug abgeschaltet. Es kann anschließend nur noch in Richtung Senken in Bewegung gesetzt werden.

Durch die Verwendung des Feinhubs nach dem Seilstraffen können dramatische Überlastungen des Hebezeugs lediglich beim Anfahren der Last vermieden werden, weil die kinetische Energie klein ist. Sollte aber die Last sich während der Hubbewegung verhaken, arbeitet die Maschine mit der Haupthubgeschwindigkeit, d.h. bei hoher Geschwindigkeit, womit die oben geschilderten Probleme auftreten. Ein variabler Grenz-

wert ist nicht beschrieben.

Das aus der DE-29 30 439 C2 bekannte Verfahren zur Steuerung eines Hebezeugs verwendet die zeitliche Ableitung der Seilkraft, um festzustellen, ob beim Anheben der Last eine Überlastung auftreten kann. Sobald der Anstieg der Seilkraft zu groß ist, wird beim Anheben in den Feingang umgeschaltet.

Ein System, das mit einer zeitlichen Ableitung arbeitet, ist gegenüber Störungen sehr empfindlich, und zwar sowohl gegenüber Störungen, die scheinbar einen zu schnellen Anstieg simulieren als auch Störungen, die die gegenteilige Richtung simulieren.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein Antriebs- und Steuersystem für Hebezeuge zu schaffen, das in der Lage ist, beim Anheben einer Last extrem schnell deren Gewicht gegebenenfalls zuzüglich dem Gewicht des Seils zu ermitteln.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Antriebs- und Steuersystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Das neue Antriebs- und Steuersystem ist in der Lage, sehr schnell zu erkennen, ob die Last angehoben ist und welches Gewicht sie hat. Diese schnelle Reaktion wird ermöglicht, weil das neue Antriebs- und Steuersystem selbstadaptiv arbeitet und in dem Maß, in dem sich die Seilkraft erhöht, selbsttätig einen variablen oberen Grenzwert nachstellt. Das Nachfahren oder Nachstellen des oberen variablen Grenzwertes endet automatisch, wenn die Last frei am Seil hängt, und zwar selbst dann, wenn durch das Losreißen der Last Longitudinalschwingungen im Seil angeregt wurden. Damit ist der Grenzwert praktisch gleichzeitig mit dem Schwebzustand der Last verfügbar. Es müssen keine Zeitglieder verwendet werden, die das Erfassen der Last weit in die Zukunft schieben, um sicherzustellen, daß tatsächlich auch ein langes Seil gestrafft ist und die Schwingungen abgeklungen sind.

Würde bei einem rein zeitlich arbeitenden Verfahren keine hinreichend lange Pause vorgesehen werden zwischen dem Einschalten des Antriebsmotors und dem Ermitteln des Lastsignals, könnten angefachte Schwingungen zu Fehlern führen. Es braucht hierzu nur angenommen zu werden, daß die Pause zu einem Zeitpunkt abgelaufen ist, zu dem die Last am freien Seil gerade nach oben schwingt, was zu einem kleineren Lastsignal führt. Das Steuersystem würde diesen unter dem wahren Gewicht der Last liegenden Wert ablesen und damit umgehend bei der nächsten Halbwelle der Schwingung in den Überlastfall geraten, der zur Notabschaltung führt.

Um dies zu vermeiden, müßte bei einem rein zeitlich arbeitenden System die Länge der Pause für den ungünstigsten Fall bemessen sein. Dieser ungünstigste Fall liegt vor bei maximaler Länge des Seils und der Nennlast. Bei diesen Randbedingungen benötigt das Einschwingen oder Einwippen der Last die längste Zeit, gemessen ab dem anfänglichen Straffen des Seils bis hin zum hinreichenden Abklingen der Seilschwingun-

gen.

Bei dem neuen Verfahren tritt eine derart lange Totzeit nicht auf. Das System arbeitet bereits sicher, wenn nach dem letzten Überschreiten des variablen Grenzwertes und dessen Nachführung eine Zeit vergangen ist, die etwas länger als eine Schwingungsperiode der Seilschwingung ist. Diese Zeitspanne ist signifikant kürzer als die vorerwähnte erforderliche Pause bei zeitabhängig arbeitenden Systemen. Es genügt, diese maximale Schwingungsperiode abzuwarten, um zu entscheiden, daß jetzt die Last angehoben ist und künftig keine Lastsignale erscheinen werden, die größer sind als dieser jetzt erreichte variable obere Grenzwert. Es sei denn, die Last bleibt irgendwo hängen.

Je nachdem, wie das Hebezeug dimensioniert und mit welchen Schwingungsamplituden zu rechnen ist, genügt es, den so ermittelten oberen variablen Grenzwert festzuhalten und als künftigen Referenzwert für Überlastmessungen zu verwenden.

Sollten jedoch die zu erwartenden Schwingungen eine größere Amplitude haben und eine genaue Übereinstimmung zwischen dem oberen variablen Grenzwert und dem wahren Gewicht der Last benötigt werden, kann es erforderlich sein, zusätzlich einen variablen unteren Grenzwert einzuführen. Dieser wird solange mit nach oben verstellt, wie auch der variable obere Grenzwert überschritten wird. Erst wenn keine Überschreitung des variablen oberen Grenzwertes mehr stattfindet, kann die Unterschreitung des unteren variablen Grenzwertes ausgewertet werden im Sinne einer Erniedrigung sowohl des unteren variablen Grenzwertes als auch des oberen variablen Grenzwertes. Dadurch folgen mit einer gewissen Verzögerung der obere und der untere Grenzwert dem schwingenden Lastsignal solange, bis die Amplitude der Schwingungen in das Band fallen, das zwischen dem oberen und dem unteren variablen Grenzwert festgelegt ist.

Das System kann nicht wissen, ob nach der letzten Korrektur einer der beiden Grenzwerte sehr dicht an der aktuellen Größe des Lastsignals liegt. Um hier Störungen zu vermeiden, ist es gegebenenfalls zweckmäßig, nach dem Ablauf der festgelegten Zeit den variablen oberen Grenzwert und/oder den variablen unteren Grenzwert um einen kleinen Inkrementalwert nach oben bzw. nach unten zu erweitern, d.h. den Abstand zwischen den beiden Grenzwerten geringfügig zu vergrößern.

Im übrigen sind Weiterbildungen der Erfindung Gegenstand von Unteransprüchen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Seilzug gemäß der Erfindung, in einer perspektivischen Schemazeichnung,

Fig. 2 das elektrische Blockschaltbild für die Steuerungseinrichtung des Seilzugs nach Fig. 1 und

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem Flußdiagramm des Steuersystems nach Fig. 2 und

Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Kraftverlaufs und der Änderung der variablen Grenzwerte mit der Zeit.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen perspektivischen Darstellung einen Seilzug 1 mit einer in einem Rahmen 2 gelagerten Seiltrommel 3. Von der Seiltrommel 3 läuft ein Seil 4 ab, das zu einer Hakenflasche 5 und von dort zurück zu einer Verankerungsstelle 6 in dem Rahmen führt. An der Hakenflasche 5 hängt eine Last 7.

Um die Seiltrommel 3 in Umdrehungen zu versetzen, ist an dem Rahmen 2 ein Elektromotor 8 angeflanscht, der vorzugsweise ein Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer ist. Die Steuerung des Motors 8 geschieht über eine schematisch angedeutete Steuerungsanordnung 9, die in einem aufgeklappt gezeichneten Steuerkasten 11 untergebracht ist. An der Steuerungsanordnung 9 ist über ein Hängekabel 12 ein Handschalter oder Hängetaster 13 angeschlossen, der als Eingabeeinrichtung dient.

Der Hängetaster 13 weist zwei handbetätigte Drucktaster 14 und 15 auf, die dazu dienen, die Bewegung der Seiltrommel 3 zu steuern. Beispielsweise wird durch leichtes Niederdrücken des Drucktasters 14 bis zu einem Druckpunkt die Seiltrommel 3 im Sinne eines Anhebens der Last 7 mit einer langsamen Geschwindigkeit (Feingang) in Gang gesetzt. Wird der Drucktaster 14 über den Druckpunkt hinaus betätigt, erfolgt das Anheben der Last 7 mit einer erhöhten Geschwindigkeit (Haupthubgeschwindigkeit). Sinngemäß dasselbe gilt für den Drucktaster 15, der die Abwärtsbewegung steuert.

Wie Fig. 2 zeigt, basiert die Steuerungsanordnung 9 auf einem Mikroprozessor 16, d.h. mit den Drucktastern 14 und 15 werden nicht unmittelbar Motorschütze gesteuert, sondern die von diesen Drucktastern 14, 15 kommenden Signale gelangen in den Mikroprozessor 16, der seinerseits entsprechend Schalt- oder Motorschütze einer Stromversorgung 17 ansteuert. Der Mikroprozessor 16 übernimmt die gesamte Funktionsüberwachung des Hebezeugs 1.

Die Stromanschlüsse zum Netz bzw. die Stromversorgung für den Mikroprozessor 16 sind in Fig. 2 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt, da sie zum Verständnis der Erfindung nichts beitragen.

An einen Eingang 18 des Mikroprozessors 16 ist über das Steuerkabel 12 der Hängeschalter 13 angeschlossen. Ein Ausgang 19 des Mikroprozessors 16 ist mit einem Steuereingang 21 der Stromversorgungseinrichtung 17 verbunden. Diese umfaßt im einfachsten Falle Motorschütze, um den Antriebsmotor 8, der über Leitungen 22 mit einem Ausgang 23 der Stromversorgungseinrichtung 17 verbunden ist, wahlweise in den beiden Drehrichtungen mit unterschiedlichen Drehzah-

len in Gang zu setzen. Der Antriebsmotor 8 ist ein polumschaltbarer Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer, der die Eigenschaft besitzt, beim Umschalten von der niedrigen Polzahl auf die hohe Polzahl, also beim Umschalten von der hohen Drehzahl auf die niedrige Drehzahl elektrisch zu bremsen.

Anstelle der Kombination von Schaltschützen und einem polumschaltbaren Asynchronmotor kann auch ein Frequenzumrichter in Verbindung mit einem Drehstromasynchronmotor mit fester Polpaarzahl eingesetzt werden. Beim Zurückregeln der Motordrehzahl entsteht dieselbe Bremswirkung, wenn der Frequenzumrichter entsprechend aufgebaut ist. Dabei wird entweder die Energie in das Stromnetz zurückgespeist oder in Bremswiderständen vernichtet.

Eine Ankerwelle 24 des Antriebsmotors 8 ist mit einer mechanischen Bremsvorrichtung 25 gekuppelt und treibt die Seiltrommel 3 über ein in der Seiltrommel 3 untergebrachtes Planetengetriebe.

Zu der mechanischen Bremsvorrichtung 25 gehören eine drehfest mit der Ankerwelle 24 gekuppelte Bremsscheibe 26 sowie zangenartig an dieser angreifende Bremsbacken 27, die über eine schematisch angedeutete Betätigungseinrichtung 28 an die Bremsscheibe 26 angelegt werden können bzw. mit deren Hilfe die Bremsbacken 27 gelüftet werden können. Die Bremsbetätigungseinrichtung 28 weist einen Steuereingang 29 auf, der über eine Leitung 31 mit einem Ausgang 32 des Mikroprozessors 16 verbunden ist.

Um zu verhindern, daß eine mechanische Überlastung des Hebezeugs 1 zufolge einer zu großen Hakenlast zustandekommt, ist ein Seilkraftsensor 33 vorgesehen, der ein der Seilkraft proportionales elektrisches Signal an seinem Ausgang 34 abgibt.

Der Seilkraftsensor 33 kann in unterschiedlicher Form ausgeführt sein. Es kann eine Kraftmeßdose sein, die an dem festen Verankerungspunkt 6 zwischen dem Zugseil 4 und dem Rahmen 2 angeordnet ist. Der Seilkraftsensor 33 kann aber auch in der Aufhängung des Hebezeugs 1 angeordnet sein, um das Gewicht des Hebezeugs 1 zusammen mit der daran hängenden Last zu messen bzw. zu wiegen. Schließlich ist es auch denkbar, als Seilkraftsensor 33 eine Kraftmeßeinrichtung einzusetzen, die eine Axialkraft an einer Achse innerhalb des Untersetzungsgetriebes zwischen dem Antriebsmotor 8 und der Seiltrommel 3 mißt und davon Gebrauch macht, daß bei schräg verzahnten Zahnradern eine von dem übertragenen Drehmoment abhängige Axialkraft entsteht. In allen Fällen liefert der Seilkraftsensor 33 an seinem Ausgang 34 ein Signal, das für den Wert der Last 7, die an dem Haken 5 hängt, kennzeichnend ist. Genau gesagt enthält dieser Wert auch das variable Gewicht des ausgefahrenen Seils, das im allgemeinen jedoch vernachlässigbar ist. Dieses elektrische Lastsignal gelangt über eine Verbindungsleitung 35 unmittelbar und damit praktisch ungesiebt und unverzögert in einen Eingang 36 des Mikroprozessors 16.

Fig. 3 veranschaulicht in Gestalt eines Flußdiagramms jenen Programmteil, der in dem Mikroprozessor 16 abläuft und dazu dient, die Hakenlast bzw. das Gewicht der angehobenen Last 7 einschließlich dem Gewicht des Seils 4 zu ermitteln.

Der in Fig. 3 gezeigte Programmausschnitt wird jeweils lediglich beim ersten Anfahren einer Last durchlaufen, nicht jedoch wenn die bereits schwebende Last angehalten und erneut angefahren wird, gleichgültig ob nach oben oder nach unten.

Das Programm wird jeweils bei 41 aus dem Hauptprogramm erreicht. Sodann wird als nächstes bei 42 abgeprüft, ob das von dem Lastsensor 33 gelieferte Lastsignal F größer ist als ein unterster fester Referenzwert  $Ref_1$ . Dieser Referenzwert  $Ref_1$  ist sehr niedrig angesetzt und entspricht dem gerade eben gestrafften Seil 4. Er liegt bei ca 10 % der Nennlast des Hebezeugs 1. Wenn das Programm feststellt, daß das Lastsignal F unter dem Grenzwert  $Ref_1$  liegt, wird zu einem Anweisungsblock 43 verzweigt, in dem ein oberer variabler Grenzwert  $Ref_2$  und ein unterer variabler Grenzwert  $Ref_3$  auf ihre jeweils untersten Werte K1 und K2 gesetzt werden. Sodann wird das Programmstück gemäß Fig. 4 bei 44 wiederum in Richtung Hauptprogramm verlassen, bis es aus dem Hauptprogramm bei 41 wieder angesprungen wird. Der Antriebsmotor 8 läuft mit der vom Benutzer über den Hängetaster gewählten Geschwindigkeit.

Wird bei der Verzweigungsstelle 42 hingegen festgestellt, daß das Lastsignal F größer ist als der untere Grenzwert  $Ref_1$ , wird hieraus auf ein Straffen des Seils 4 geschlossen und der Hebevorgang für die Last beginnt. Um beim Losreißen der Last 7 unnötige Schwingungen im Seil 4 und dem Auflager für das Hebezeug 1 zu vermeiden und auch im Falle einer Überlast sehr schnell wieder anzuhalten, wird unabhängig von dem über den Hängeschalter 13 eingegebenen Wunsch zur Hebegeschwindigkeit zwangsläufig in einem nachfolgenden Anweisungsblock 45 an die Stromversorgungseinrichtung 17 ein Befehl gegeben, der die Drehzahl des Antriebsmotors 8 auf die Feinhubgeschwindigkeit bzw. niedrigste Hubgeschwindigkeit  $V_{fein}$  zurücksetzt. Damit ist sichergestellt, daß nun das weitere Straffen des Seils 4 mit der niedrigsten Geschwindigkeit fortgesetzt wird.

Sodann wird an einer Verzweigungsstelle 46 überprüft, ob das Lastsignal F größer ist als der momentane Wert des oberen variablen Grenzwertes  $Ref_2$ . Falls dies zutrifft, werden in einem nachfolgenden Anweisungsblock 47 sowohl der variable obere Grenzwert  $Ref_2$  als auch der variable untere Grenzwert  $Ref_3$  jeweils um einen Inkrementalwert  $\Delta$  erhöht. Ferner wird eine Uhr auf ihrem Startwert gestartet.

Der Anweisungsblock 47 wird nicht ausgeführt, wenn das Lastsignal kleiner als der obere variable Grenzwert  $Ref_2$  bleibt.

In jedem Falle wird anschließend bei einer Verzweigungsstelle 48 überprüft, ob das Lastsignal F über oder

unter dem unteren variablen Grenzwert  $\text{Ref}_3$  liegt. Wird der untere Grenzwert unterschritten, werden in dem Anweisungsblock 49 der obere variable Grenzwert  $\text{Ref}_2$  und der untere variable Grenzwert  $\text{Ref}_3$  um den Inkrementalwert  $\Delta$  vermindert. Außerdem wird die Uhr auf den Anfangswert zurückgesetzt und neu gestartet.

Das Programm geht anschließend zu einer Verzweigungsstelle 51 weiter, an der geprüft wird, ob die Uhr, weil die Anweisungsblöcke 47 und 49 übersprungen wurden, zwischenzeitlich einen Zeitwert anzeigt, der größer ist als  $t_G$ . Diese Zeitspanne  $t_G$  ist etwas größer als die im ungünstigsten Falle zu erwartende Periodendauer der Schwingung der Last 7 an dem Seil 4. Falls dieser zeitliche Grenzwert  $t_G$  nicht überschritten ist, kehrt das Programm zu dem Eingang des Anweisungsblocks 45 zurück, um erneut die Abprüfungen an den Verzweigungsstellen 46 und 48 vorzunehmen, damit die variablen Grenzwerte  $\text{Ref}_2$  und  $\text{Ref}_3$  je nachdem korrigiert werden.

Wenn die Prüfung an der Verzweigungsstelle 51 positiv ausfällt, d.h. die Uhr wurde über eine Zeitspanne, die größer ist als  $t_G$ , nicht zurückgesetzt, wird dies vom Programm dahingehend interpretiert, daß die Seilschwingungen so weit abgeklungen sind, daß die dadurch entstehenden Schwankungen des Lastsignals  $F$  innerhalb des Bandes liegen, das nach oben durch den aktuellen Wert des oberen variablen oberen Grenzwertes  $\text{Ref}_2$  und nach unten durch den ebenfalls jeweils aktuellen Wert des unteren variablen Grenzwertes  $\text{Ref}_3$  eingegrenzt ist.

Da es sein kann, daß beispielsweise der aktuell erreichte Wert des oberen variablen Wert  $\text{Ref}_2$  nur knapp über dem wahren Wert des Lastsignals  $F$  bei ruhender Last liegt, ist es zweckmäßig, wenn im Anschluß an die Verzweigungsstelle 51 in dem Anweisungsblock 52 anschließend der obere variable Grenzwert  $\text{Ref}_2$  um einen festen kleinen Inkrementalwert  $a$  vergrößert wird. Der jetzt nach dem Anweisungsblock 52 erreichte obere Grenzwert kann als Referenzwert herangezogen werden, um beim weiteren Betrieb zu entscheiden, ob eine Betriebssituation eingetreten ist, die es ratsam erscheinen läßt, sicherheitshalber in die niedrige Drehzahl umzuschalten.

Für den Fall, daß auch der untere Grenzwert bewertet wird, um übermäßige Schwingungen zu erkennen, die ein Umschalten der Betriebsweise des Hebezeugs angeraten erscheinen lassen, beispielsweise weil durch Tippbetrieb sehr große Schwingungsamplituden entstanden sind, kann auch der untere variable Grenzwert  $\text{Ref}_3$  um ein kleines Inkrement  $a$  vermindert werden, damit unter ungünstigen Bedingungen ein hinreichender Abstand zu dem Ruhezustand des Lastsignals  $F$  erreicht wird.

Wenn der Anweisungsblock 52 erreicht ist, steht fest, daß die Last 7 frei am Haken pendelt, so daß jetzt, wenn keine anderen Bedingungen vorliegen, die ein Umschalten in die höhere Geschwindigkeit verbieten, in die vom Benutzer gewünschte Geschwindigkeit hoch-

geschaltet werden kann. Dazu wird an einer Verzweigungsstelle 53 geprüft, ob die von dem Benutzer gewünschte Sollhubgeschwindigkeit  $v_{\text{soll}}$  gleich der schnellen Hubgeschwindigkeit  $v_{\text{schnell}}$  ist. Falls ja, wird in einem Anweisungsblock 53 die Hubgeschwindigkeit  $V$  auf die schnelle Hubgeschwindigkeit  $v_{\text{schnell}}$  umgeschaltet. Nach Verlassen des Anweisungsblocks 53 oder im Falle eines negativen Ausgangs der Abprüfung an der Verzweigungsstelle 52 wird der Programmteil bei 54 ins Hauptprogramm verlassen.

Der gezeigte Programmabschnitt zeigt die für das Verständnis wesentlichen Teile. Eventuell erforderliche Warteschleifen und auch die Abprüfung auf Überschreiten der Überlastgrenze wurden der Übersichtlichkeit halber weggelassen.

Anhand von Fig. 4 wird nachfolgend das Verhalten des Programms erläutert:

Es sei angenommen, daß zum Zeitpunkt  $t_0$  die Last 7 am schlaffen Seil 4 angehängt ist und der Benutzer über die Taste 14 die schnelle Hubgeschwindigkeit  $v_{\text{schnell}}$  des Seilzugs 1 anfordert. Das Seil 4 wird sehr rasch straffgezogen und anschließend mit einem steilen Gradienten gespannt.

Zum Zeitpunkt  $t_1$  überschreitet das von dem Lastsensor 63 gelieferte Lastsignal  $F$  den unteren festen Grenzwert  $\text{Ref}_1$ , was als Anzeichen dafür gewertet wird, daß sich in dem Seil 4 eine hinreichende Spannung aufgebaut hat und ein weiterer Betrieb mit der schnellen Haupthubgeschwindigkeit nicht zweckmäßig ist. Zum Zeitpunkt  $t_1$  schaltet die Steuerschaltung 9 deswegen die Stromversorgungseinrichtung 17 um, damit anschließend der Motor 8 nur noch mit der langsamen Feinhubgeschwindigkeit  $V_{\text{fein}}$  arbeitet.

Da vorher die Bedingung  $F < \text{Ref}_1$  nicht erfüllt war, waren jeweils die beiden variablen Grenzwerte  $\text{Ref}_1$  und  $\text{Ref}_2$  auf ihre Anfangswerte  $K1$  und  $K2$  zurückgesetzt. Wegen des Zurückschaltens in die langsame Geschwindigkeit wird ab dem Zeitpunkt  $t_1$  das Lastsignal  $F$  weniger steil ansteigen.

Zum Zeitpunkt  $t_2$  wird das Lastsignal  $F$  zum ersten Mal größer werden als der noch auf seinem Startwert sitzende obere variable Grenzwert  $\text{Ref}_2$ , der daraufhin zum Zeitpunkt  $t_2$  um  $\Delta$  erhöht wird ebenso wie der untere variable Grenzwert  $\text{Ref}_3$ . Dieser Vorgang des Übersteigens von  $\text{Ref}_2$  und der Erhöhung von  $\text{Ref}_2$  und  $\text{Ref}_3$  wird sich bis zum Zeitpunkt  $t_8$  mehrfach wiederholen. Solange wird das Programm den Anweisungsblock 47 ausführen, jedoch den Anweisungsblock 49 überspringen. Gleichzeitig wird immer wieder die Uhr auf den Anfangswert zurückgesetzt.

Was die Steuerschaltung 9 jetzt noch nicht wissen kann, sich aber aus dem weiteren Verlauf des Lastsignals  $F$  ergibt, war hier bereits eine Situation eingetreten, in der die Last 7 vom Boden abgehoben hatte und eine Seilschwingung induziert wurde. Dementsprechend fällt zum Zeitpunkt  $t_9$  die Überprüfung bei 46 negativ aus, d.h. der Anweisungsblock 47 wird übersprungen. Hingegen ist die Überprüfung beim Anwei-

sungsblock 48 positiv, denn das Lastsignal F wird jetzt erstmalig kleiner als der synchron mit dem variablen oberen Grenzwert  $Ref_2$  mit nach oben verstellte untere Grenzwert  $Ref_3$ . Deswegen wird der Anweisungsblock 49 ausgeführt und es wird sowohl der untere variable Grenzwert  $Ref_3$  als auch der obere variable Grenzwert  $Ref_2$  wiederum um  $\Delta$  vermindert. Das führt dazu, daß im weiteren Verlauf das Lastsignal F zwar nicht mehr den aktuell eingestellten Wert des variablen unteren Grenzwertes  $Ref_3$  unterschreitet, dafür aber zum Zeitpunkt  $t_{10}$  den gegenüber zum Zeitpunkt  $t_8$  verminderten oberen variablen Grenzwert  $Ref_2$ . Im Programm hat das zur Folge, daß nicht mehr der Anweisungsblock 49, sondern wiederum der Anweisungsblock 47 ausgeführt wird. Bei dem gewählten Verlauf von F führt dies dazu, daß der obere variable Grenzwert  $Ref_2$  erneut auf den Wert eingestellt wird, den er zum Zeitpunkt  $t_8$  bereits einmal hatte. Das gleiche gilt für den unteren variablen Grenzwert  $Ref_3$ .

Da die Schwingung noch nicht hinreichend abgeklungen ist, wird auch zum Zeitpunkt  $t_{11}$  erneut der untere variable Grenzwert  $Ref_3$  unterschritten, mit der Folge, daß die beiden variablen Grenzwerte  $Ref_2$  und  $Ref_3$  wiederum um  $\Delta$  im Anweisungsblock 49 vermindert werden.

Nach dem Zeitpunkt  $t_{11}$  bleibt der Wert von F trotz der noch vorhandenen Schwingungen kleiner als der inzwischen nachgeführte obere variable Grenzwert  $Ref_2$  und außerdem bleibt F größer als der aktuelle Wert des unteren variablen Grenzwertes  $Ref_3$ . Die Folge ist, daß die Uhr nicht mehr zurückgesetzt wird und die Schleife zwischen dem Anweisungsblock 45 und dem Anweisungsblock 52 nicht mehr durchlaufen wird, solange bis F wieder kleiner wird als der Referenzwert  $Ref_1$  was dem Absetzen der Last 7 entspricht.

Ersichtlichweise ist der obere variable Grenzwert  $Ref_2$  praktisch gleichzeitig mit dem hinreichenden Abklingen der Seilschwingungen nach dem Anheben der Last 7 einjustiert. Wie erwähnt, können nun aus Sicherheitsgründen die Werte der beiden variablen Grenzwerte  $Ref_2$  und  $Ref_3$  im Sinne einer Vergrößerung der Bandbreite verändert werden. Das System ist nicht darauf angewiesen, mit einer Pausenzeit zu arbeiten, die den ungünstigsten Lastfall berücksichtigt und für den normalen Betriebsfall entschieden zu lang ist. Das System ist in der Lage, sehr schnell wieder mit der vollen Hubgeschwindigkeit zu arbeiten, weil der eingeschwingene Zustand maximal eine Periodendauer nach dem letzten Überschreiten eines der Grenzwerte  $Ref_2$ ,  $Ref_3$  ebenfalls im eingeschwingenen stabilen Zustand ist.

Wie genau der obere bzw. der untere variable Grenzwert  $Ref_2$  bzw.  $Ref_3$  mit dem wahren Gewicht F übereinstimmt, hängt davon ab, wie groß der Abstand zwischen diesen beiden variablen Grenzwerten  $Ref_2$  und  $Ref_3$  gewählt ist. Je kleiner die Bandbreite ist, umso genauer stimmen die beiden variablen Grenzwerte  $Ref_2$  und  $Ref_3$  mit dem wahren Signal F überein. In der Pra-

xis hat sich herausgestellt, daß ein Abstand zwischen den beiden variablen Grenzwerten  $Ref_2$  und  $Ref_3$  von ca. 3-4% der Nennlast eine sehr genaue Messung ermöglicht.

Ein Hebezeug ist mit einem Steuersystem versehen, bei dem während des Anhebens der Last von der Unterlage dynamisch ein oberer Grenzwert solange nachgezogen wird, bis das von dem Steuersystem erfaßte Lastsignal erstmals diesen stufenweise erhöhten Grenzwert nicht mehr überschreitet. Im Anschluß daran wird überprüft, ob infolge von Schwingungen auch ein stufenweise mitgezogener unterer Grenzwert unterschritten wird. Wenn dies nicht der Fall ist, bleiben die Grenzwerte auf dem aktuell erreichten Wert, andernfalls werden sie stufenweise vermindert und wieder erhöht, solange, bis das Lastsignal zwischen den beiden Grenzen bleibt. Damit kann sich das System sehr schnell auf jede beliebige Last einstellen und ist praktisch mit dem Anheben der Last und dem anschließenden Abklingen der Seilschwingung ebenfalls im eingeschwingenen Zustand, was bedeutet, daß die Grenzwerte zuverlässig festgelegt sind und ihnen vertraut werden kann.

## Patentansprüche

1. Antriebs- und Steuersystem (9) für ein ein Lastaufnahmemittel (4,5) aufweisendes Hebezeug (1),

mit einem Antriebsmotor (8) zum Bewegen des Lastaufnahmemittels (4,5),

mit einer Stromversorgungseinrichtung (17) für den Antriebsmotor (8), an die der Antriebsmotor (8) angeschlossen ist und die Steuereingänge (21) aufweist,

mit einer Sensoreinrichtung (33), um die an dem Lastaufnahmemittel (4,5) wirkende Kraft zu erfassen und ein die Größe der Kraft kennzeichnendes Lastsignal (F) abzugeben,

mit einer Eingabeeinrichtung (13) zum Steuern des Antriebsmotors (8) und

mit einer an die Eingabeeinrichtung (13) angeschlossenen Steuerschaltung (16), in die das Lastsignal (F) aus der Sensoreinrichtung (33) eingespeist wird und die ein Steuerprogramm enthält,

in dem ein variabler oberer Grenzwert ( $Ref_2$ ) für das Lastsignal bereitgestellt ist, das (i) das Lastsignal (F) mit dem variablen oberen Grenzwert ( $Ref_2$ ) vergleicht, das (ii) beim Überschreiten des variablen oberen Grenzwerts ( $Ref_2$ ) durch das Lastsignal (F) den oberen Grenzwert ( $Ref_2$ )

- erhöht und  
das die Schritte (i) und (ii) solange wiederholt, bis das Lastsignal (F) für eine festgelegte Zeit ( $t_G$ ) kleiner bleibt als der variable obere Grenzwert ( $Ref_2$ ). 5
2. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der variable obere Grenzwert ( $Ref_2$ ) jeweils um einen konstanten Betrag erhöht wird. 10
3. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Programm ein fester Grenzwert ( $Ref_1$ ) bereitgestellt ist und daß die Schritte (i) und (ii) lediglich dann durchgeführt werden, wenn nach dem Ablauf der festgelegten Zeit ( $t_G$ ) zuvor das Lastsignal (F) den festen Grenzwert ( $Ref_1$ ) unterschritten hat. 15
4. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Programm ein variabler unterer Grenzwert ( $Ref_3$ ) für das Lastsignal (F) bereitgestellt ist und daß jedesmal, wenn der variable obere Grenzwert ( $Ref_2$ ) erhöht wird auch der variable untere Grenzwert ( $Ref_3$ ) erhöht wird. 20 25
5. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der variable untere Grenzwert ( $Ref_3$ ) um jeweils einen festen Betrag ( $\Delta$ ) erhöht wird. 30
6. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der variable untere Grenzwert ( $Ref_3$ ) und der variable obere Grenzwert ( $Ref_2$ ) einen festen Abstand voneinander haben. 35
7. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der feste Abstand zwischen dem variablen unteren Grenzwert ( $Ref_3$ ) und dem variablen oberen Grenzwert ( $Ref_2$ ) zwischen 2 % und 20 % der Nennlast des Hebezeugs (1) liegt. 40
8. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß (iii) das Lastsignal (F) mit dem variablen unteren Grenzwert ( $Ref_3$ ) verglichen wird, daß (iv) beim Unterschreiten des variablen unteren Grenzwerts ( $Ref_3$ ) durch das Lastsignal (F) der untere Grenzwert ( $Ref_3$ ) vermindert wird und daß die Schritte (iii) und (iv) solange wiederholt werden, bis das Lastsignal (F) für eine festgelegte Zeit ( $t_G$ ) größer bleibt als der variable untere Grenzwert ( $Ref_3$ ). 45 50 55
9. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die festgelegte Zeit ( $t_G$ ) zwischen 0.2 sek und 5 sek beträgt.
10. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Ablauf der festgelegten Zeit ( $t_G$ ) der obere variable Grenzwert ( $Ref_2$ ) um einen vorgegeben Wert erhöht und/oder der untere variable Grenzwert ( $Ref_3$ ) um einen vorgegebenen Wert vermindert werden.
11. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor (8) mit wenigstens einer hohen und wenigstens einer niedrigen Drehzahl betreibbar ist.
12. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Programm unabhängig von der Eingabe über die Eingabeeinrichtung (13) die hohe Drehzahl wenigstens solange sperrt, bis die festgelegte Zeit ( $t_G$ ) abgelaufen ist.
13. Antriebs- und Steuersystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Programm, wenn eine Bewegung des Lastaufnahmemittels (4,5) über die Eingabeeinrichtung (13) angefordert wird, nach dem Überschreiten des variablen oberen Grenzwerts ( $Ref_2$ ) durch das Lastsignal (F) zwangsweise den Antriebsmotor (8) in eine niedrige Drehzahl umschaltet.

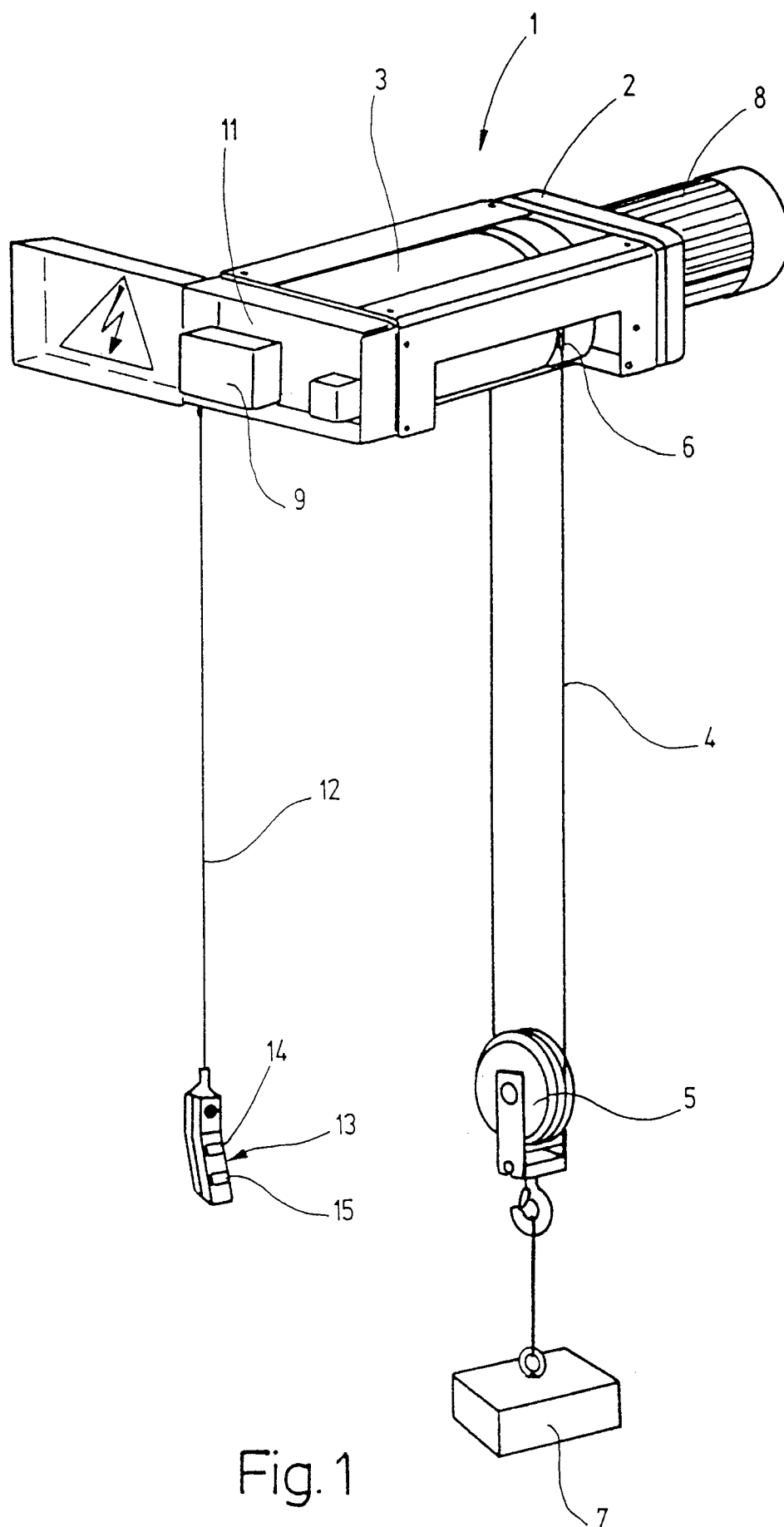


Fig. 1

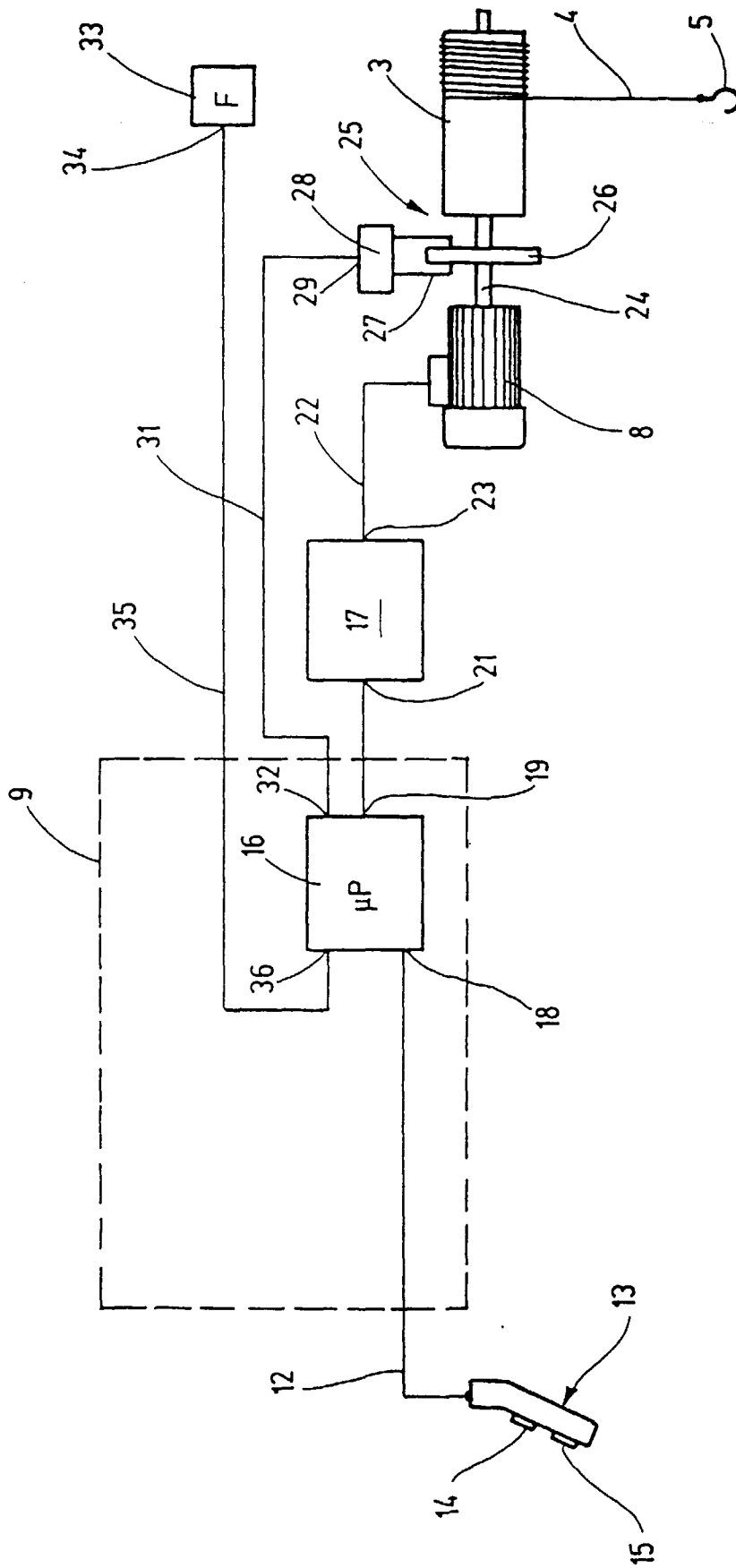


Fig. 2

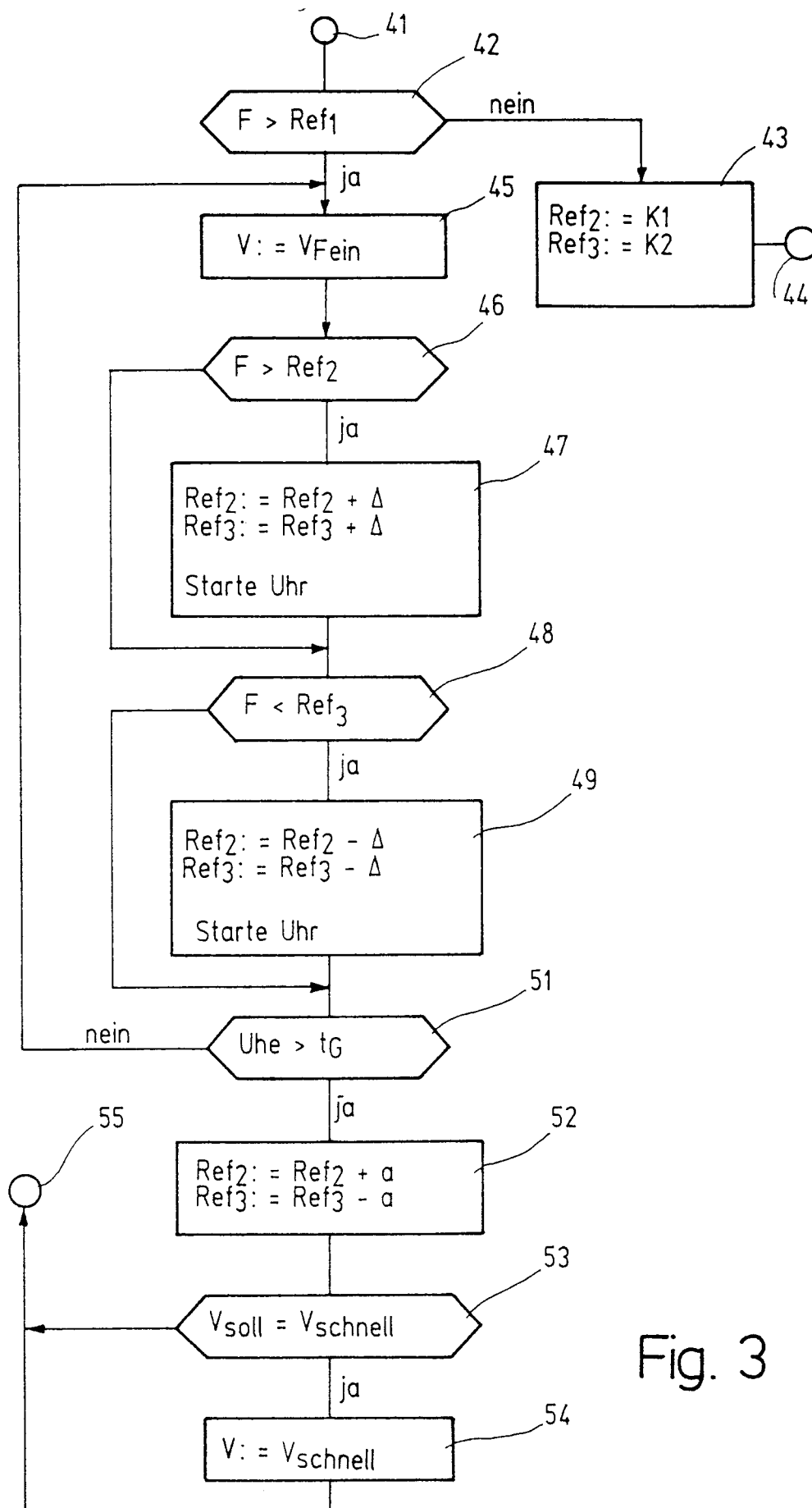


Fig. 3

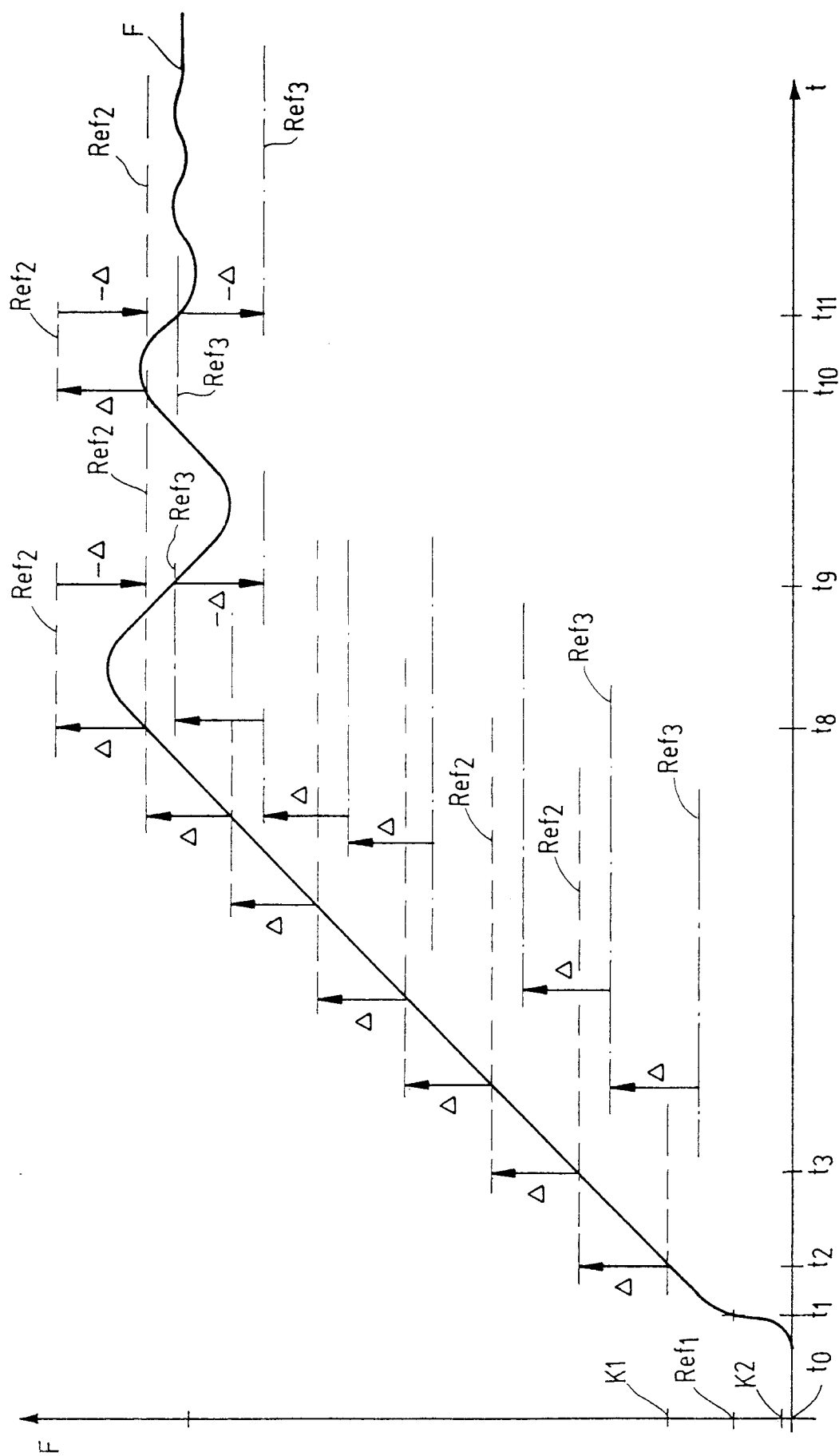


Fig. 4