

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 318 660 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- 45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **01.04.92** 51 Int. Cl.⁵: **B66B 1/30**
21 Anmeldenummer: **88115868.7**
22 Anmeldetag: **27.09.88**

54 **Verfahren und Einrichtung zur Wegregelung eines Positionier-antriebes, insbesondere für Aufzugsanlagen.**

30 Priorität: **27.11.87 CH 4647/87**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.06.89 Patentblatt 89/23

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
01.04.92 Patentblatt 92/14

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI

56 Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 001 778
FR-A- 2 334 610
FR-A- 2 508 194
US-A- 3 442 352

**BROWN BOVERI REVIEW, Band 69, Nr. 4/5,
April-Mai 1982, Seiten 122-132, Baden, CH; L.
TERENS et al.: "The cycloconverter-fed syn-
chronous motor"**

73 Patentinhaber: **INVENTIO AG**
Seestrasse 55
CH-6052 Hergiswil NW(CH)

72 Erfinder: **Kindler, Gerhard**
Baumschulweg 16
CH-6045 Meggen(CH)

EP 0 318 660 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung zur Wegregelung eines Positionierantriebes mit Kaskadenstruktur, wobei durch Vorgabe eines entsprechenden Ruckmusters und durch eine dreifache zeitliche Integration desselben eine Führung des Weg-Sollwertes S_S sowie der unterlagerten Geschwindigkeits- und Ankerstromregelkreisen zur Vorwärtskorrektur direkt vorgegebenen

Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-Sollwerte V_S bzw. B_S erfolgt. Mit solchen Regelungen soll das dynamische Verhalten eines Positionierantriebes verbessert werden, damit die Ist-Fahrkurven den vorgegebenen, optimalen Soll-Fahrkurven besser zu folgen vermögen. Eine vorgewählte Position kann dann optimal, d.h. unter Einhaltung und bestmöglicher Ausnützung der durch die Soll-Fahrkurven vorgegebenen Bedingungen angefahren werden.

Von Positionierantrieben wird verlangt, dass sie jede gewünschte Position unter Einhaltung vorgegebener Bedingungen anfahren können. Zuweilen besteht die Bedingung darin, dass das Toleranzfeld für Positioniergenauigkeit und Einlaufgeschwindigkeit sehr eng ist oder dass die Zielposition überschwingungsfrei erreicht werden muss. Häufig soll der Positioniervorgang aber auch in minimal möglicher Zeit abgeschlossen sein, wobei anlagenspezifische Grenzwerte für Ruck, Beschleunigung, Verzögerung und Geschwindigkeit eingehalten werden müssen. Es kann aber auch die Forderung nach minimaler Verlustenergie gestellt werden. In allen diesen Fällen kommt der Regelungseinrichtung sowie der entsprechenden, als Führungsgrösse auf sie einwirkenden Soll-Fahrkurve zentrale Bedeutung zu.

So sind aus der DE-A 30 01 778 ein Verfahren und eine Einrichtung zur Wegregelung eines Positionierantriebes bekannt geworden, wobei ein Führungsgrössengeber vorgesehen ist, dessen Soll-Fahrkurven auf eine Kaskadenregelung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 wirken. Im Führungsgrössengeber werden unter dreifacher zeitlicher Integration von Ruckwerten Führungswerte für den Weg-Sollwert gebildet. Für die Beschleunigung, d.h. für das Zeitintegral des Ruckes, ist dabei ein auf den Maximalruck begrenzter Hochlaufregler vorgesehen, dessen Sollwert bei kleinen Verfahrwegen restwegabhängig und bei grösseren Verfahrwegen geschwindigkeitsabhängig verändert wird. Die ermittelten Sollwerte für Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung werden der Kaskadenregelung vorgegeben, wobei die Geschwindigkeits- und Beschleunigungssollwerte, im Sinne einer Vorwärtskorrektur, direkt auf die unterlagerten Geschwindigkeits- bzw. Ankerstromregler geführt sind. Da nach diesem Verfahren der

Beschleunigungs-Sollwert bei kleinen Verfahrwegen restwegabhängig geführt ist stellt sich das Problem der genauen Bestimmung des Restweges. Dieser wird im vorliegenden Falle nicht nur zu Beginn eines jeden Verfahrweges, sondern auch laufend, als Differenz zwischen der vorgegebenen Zielposition und dem vom Führungsgrössengeber ermittelten Weg-Sollwert bestimmt. Diese Restwegbestimmung setzt also voraus, dass der Weg-Istwert den jeweiligen Veränderungen des Weg-Sollwertes ohne nennenswerten Schleppfehler zu folgen vermag. Ist dies nicht gewährleistet, werden die gebildeten Soll-Fahrkurven, wegen der ihnen zugrunde liegenden Ungenauigkeit bei der Restwegbestimmung nicht optimal sein, so dass der letzte Teil der Fahrstrecke allenfalls mit Schleichgeschwindigkeit durchfahren werden muss, damit entstandene Regelfehler ausgeglichen werden können. Zur Bildung einer optimalen Fahrkurve ist demnach ein gutes Führungsverhalten der Kaskadenregelung unerlässlich.

Aber auch im Falle, dass optimale z.B. von bekannten Fahrkurvenrechnern aus eingegebenen Daten und vorgegebenen Zielen berechnete Soll-Fahrkurven zur Verfügung stehen, ergibt sich nur dann eine optimale Fahrt, wenn der Weg-Istwert dem Weg-Sollwert jederzeit zu folgen vermag, d.h. wenn die Regeleinrichtung einen minimalen Wegregelfehler aufweist.

Diesbezüglich hat sich nun gezeigt, dass die in DE-A 30 01 718 dargestellte Verwendung von unterlagerten Geschwindigkeits- und Ankerstromregelkreisen sowie deren Vorwärtskorrektur durch entsprechende Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-Sollwerte oft nicht ausreicht, um die Führungsgenauigkeit zu gewährleisten, die bei hochwertigen Positionieranlagen, z.B. als Folge der hohen Haltegenauigkeit, notwendig ist. Dies insbesondere wegen den oft massiven Belastungsänderungen, die von Fahrt zu Fahrt als Störungen auf eine Positionieranlage einwirken können. Daraus ergibt sich als weiterer Nachteil, dass solche geregelten Antriebe oft überdimensioniert werden müssen um auch im ungünstigsten Lastfalle noch präzise dem Sollwert folgen zu können. Offensichtlich ist dadurch deren Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt. Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen.

Dementsprechend ist es die Aufgabe der antragsgemässen Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Verfügung zu stellen, um bei weg-geregelten Positionierantrieben ein verbessertes Führungsverhalten zu gewährleisten, so dass der Weg-Istwert laufend mit hoher Genauigkeit dem vorgegebenen Weg-Sollwert zu folgen vermag. Diese hohe Führungsgenauigkeit soll insbesondere auch dann gewährleistet sein, wenn von Fahrt zu Fahrt, unterschiedliche Störungen auf den Positionierantrieb einwirken oder wenn im Bereiche eines

Zielpunktes, nach einem Halt, eine Wegkorrektur vorgenommen werden muss.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäss mit den Mitteln, wie sie in den Fassungen der unabhängigen Patentansprüche gekennzeichnet sind. Vorteilhaftere Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Darüber hinaus weisen Verfahren und Einrichtung, die mit diesen Mitteln gestaltet sind, noch folgende Vorteile für Positionierantriebe auf:

Ein erster Vorteil ergibt sich aus dem Umstande, dass durch Verwendung von aus mehrfacher Integration entstandenen Führungsgrössen keine zusätzlichen Fehler entstehen. Dies wäre jedoch in erheblichem Masse der Fall, wenn die Zwischen-Führungsgrössen durch mehrfache Differentiation des Weg-Sollwertes gebildet würden. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass alle geregelten Teilsysteme sehr genau und nahezu unverzögert den vorgegebenen Führungsgrössen folgen. Auch hat sich gezeigt, dass das Führungsverhalten der Regelung weitgehend unabhängig ist von den Verstärkungsfaktoren der Regler und von den Parameteränderungen der Regelstrecke.

Die Erfindung ist im folgenden anhand der Beschreibung sowie der Zeichnung in ihrer Anwendung beim Betrieb einer Aufzugsanlage näher erläutert, doch ist die hier gezeigte Einrichtung allgemein anwendbar, wenn es darum geht mit einem geregelten Antrieb eine Position präzise anzufahren. In der lediglich dieses Anwendungsbeispiel der Erfindung darstellenden Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 Disposition und prinzipieller Aufbau des weggeregelten Positionierantriebes in einer Aufzugsanlage,
- Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild der erfindungsgemässen Kaskaden-Regelung gemäss Fig. 1,
- Fig. 3a eine Darstellung der Verhältnisse beim Optimieren des Führungsverhaltens der Kaskaden-Regelung bezüglich der Standard-Regelstrecke; mit den geführten Soll-Fahrkurven zur Wegvorgabe sowie zur vierfachen Vorwärtskorrektur,
- Fig. 3b eine Darstellung der Verhältnisse gemäss Fig. 3a mit den Fahrdiagrammen für noch nicht-optimiertes Führungsverhalten bei Vorwärtskorrektur durch V und B nur,
- Fig. 3c eine Darstellung der Verhältnisse gemäss Fig. 3a mit den Fahrdiagrammen für optimiertes Führungsverhalten bei Vorwärtskorrektur durch V-KV, B, R und V-KU,
- Fig. 4a eine Darstellung der Verhältnisse beim Eliminieren von Störeinflüssen auf das Führungsverhalten der

Kaskaden-Regelung, mit den Fahrdiagrammen bei einer deterministischen Störbeeinflussung

(Lastmessfehler ΔLM) und bei stochastischen Störbeeinflussungen, die Fahrdiagramme gemäss Fig. 4a, aber bei Kompensation der deterministischen Störbeeinflussung ΔLM , die Fahrdiagramme gemäss Fig. 4a, aber bei gleichzeitiger Kompensation der deterministischen Störbeeinflussung ΔLM und Ausregelung der stochastischen Störbeeinflussungen, eine Darstellung der Verhältnisse beim raschen Wiederanlauf nach einem Halt.

Im Anwendungsbeispiel der Fig. 1 besteht der geregelte Positionierantrieb aus einer Kaskaden-Regelung KR und einer nachgeschalteten, als Aufzugsantrieb ausgebildeten Regelstrecke RS. In einem Führungsgrössen-Geber FG werden die Sollwerte der Regelgrössen gebildet und der Kaskaden-Regelung KR als geführte Sollwerte R_S ; B_S ; V_S ; S_S zur Verfügung gestellt. Die Kaskaden-Regelung KR enthält alle Merkmale der Erfindung und wird deshalb nachfolgend in Fig. 2 detaillierter dargestellt. In der den Aufzugsantrieb enthaltenden Regelstrecke RS ist ein Elektromotor 1 mit einer Treibscheibe 2 gekoppelt wodurch in gewohnter Weise mit einem Seilzug 3 und einem Gegengewicht 4 eine Kabine 5 in einem Aufzugsschacht 6 verfahrbar ist. Der dem Elektromotor 1 zugeführte Ankerstrom IA wird über ein Stellglied 7 in der Kaskaden-Regelung KR geregelt und mittels eines im Ankerstromkreis angeordneten Stromwandlers 8 als Strom-Istwert IA_i dem überlagerten Stromregler 9 zugeführt. In gleicher Weise ist dem Stromregler 9 ein Geschwindigkeitsregler 10 überlagert, der seinen Geschwindigkeits-Istwert V_i von einem mit dem Elektromotor 1 gekoppelten Tachogenerator 12 bezieht. Ferner ist dem Geschwindigkeitsregler 10 ein Wegregler 13 überlagert, der seinen Weg-Istwert S_i von einem durch die Kabine 5 angetriebenen Weggeber 14 bezieht. Weiter sind den unterlagerten Regelkreisen sowie dem Stellglied 7 im Sinne einer Vorwärtskorrektur, die geführten Sollwerte V_S ; B_S und R_S als Korrekturgrössen direkt vorgegeben. Das an sich bekannte Prinzip der unterlagerten Regelkreise sowie deren Vorwärtskorrektur durch direkte Vorgabe der entsprechenden Führungsgrössen stellt ein leistungsfähiges Hilfsmittel dar zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens von geregelten Systemen. Im Führungsgrössengeber FG werden durch dreifache zeitliche Integration eines Ruckmusters R_M mittels der Integratoren 15, 16, 17 Weg-Sollwerte gebildet und der Kaskaden-Regelung KR als geführten Weg-Sollwert S_S zur Verfügung gestellt. Als Zwischengrössen

dieser dreifachen zeitlichen Integration fallen Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-Sollwerte an, die zusammen mit dem ihnen zugrunde liegenden Ruckmuster R_M im Sinne einer Vorwärtskorrektur als geführte Sollwerte V_S ; B_S ; R_S in die Kaskaden-Regelung KR eingegeben werden. Durch die Ablaufsteuerung AS sind die Funktionsabläufe im Führungsgrössengeber FG und in der Kaskaden-Regelung KR koordiniert.

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Kaskaden-Regelung KR, das detailliert gehalten ist, weil darin alle kennzeichnenden Merkmale der Erfindung enthalten sind. Vorerst seien Verfahren und Einrichtung beschrieben, die zur Optimierung des Führungsverhaltens der Regelung bezüglich der Standard-Regelstrecke SR dienen, nämlich die vierfache Vorwärtskorrektur der Kaskaden-Regelung KR. Zur Standardisierung der Regelstrecke ist ihren Parametern (P_1, P_2, \dots, P_n) ein normierter Wertesatz (W_1, W_2, \dots, W_n) zugrunde gelegt. Zuäusserst in der Kaskadenstruktur ist ein Weg-Regelkreis angeordnet, mit S-Vergleicher 19 und S-Regler 13. Der S-Regler 13 besteht aus einem Proportionalverstärker 13.1 dem über den Schalter 13.2 ein Integrierverstärker 13.3 parallelgeschaltet werden kann. Dem Weg-Regelkreis ist ein Geschwindigkeits-Regelkreis mit V-Vergleicher 20 und V-Regler 10 unterlagert und diesem weiter ein Strom-Regelkreis mit IA-Vergleicher 21 und IA-Regler 9. Das Stellglied 7 kann als statischer oder rotierender Umformer ausgebildet sein oder aus einem unterlagerten Spannungsregelkreis bestehen. Diese Kaskaden-Regelung KR ist vorwärtskorrigiert, d.h. die geführten Sollwerte V_S , B_S und R_S sind den beiden unterlagerten Regelkreisen und dem Stellglied 7 unter Berücksichtigung von geeigneten Massstabsfaktoren direkt vorgegeben, nämlich: der geführte V-Sollwert V_S sowohl dem V-Regler 10 über das erste V-Korrekturglied 22 als auch dem Stellglied 7 über das zweite V-Korrekturglied 26; der geführte B-Sollwert B_S zusammen mit dem geführten R-Sollwert R_S , dem IA-Regler 9 über das B-Korrekturglied 24 bzw. das R-Korrekturglied 25. Den Korrekturgliedern 22, 24, 25, 26 sind die Massstabsfaktoren KV bzw. KB bzw. KR bzw. KU zugeordnet. Als Folge erhält jeder Regelkreis direkt, unverzögert und exakt die zugehörige vom Führungsgrössen-Geber FG erzeugte Führungsgrösse, d.h. die vom jeweils überlagerten Regler zu liefernde Ausgangsgrösse muss nicht mehr gleich der Rückführgrösse des zugehörigen Istwertsignals sein, um den Regelfehler des unterlagerten Regelkreises auf Null auszuregulieren. Als nächstes seien die Schaltmittel erwähnt, mit denen die Weg-Regelfehler ΔS_F eliminiert werden, welche sich aus den auf die Standard-Regelstrecke SR einwirkenden deterministischen und stochastischen Störungen ergeben. Von deterministischen Störungen

herrührende Weg-Regelfehler ΔS_{FD} gelangen in das Messwerk 29 wo zu deren quantitativen Erfassung ein entsprechender Messwert gebildet und abgespeichert wird. Dabei werden Weg-Regelfehler, die über eine Fahrt selbstausgleichend sind, z.B. als Folge der dynamischen Seildehnung, im Rechenwerk 31 berechnet und im Differenzverstärker 32 vom Weg-Istwert S_i subtrahiert. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist das Messwerk 29 ein Integrator, der in der Anlaufphase jeder Fahrt für eine bestimmte Zeitdauer von der Ablaufsteuerung AS aktiviert wird. Weiter dienen die vom Messwerk 29 ermittelten Messwerte als Eingangsgrössen für einen Funktionsgenerator 30 dessen Ausgangssignal über den Summierpunkt 23 auf den IA-Vergleicher 21 am Eingang des IA-Reglers 9 geführt ist. Durch stochastische Störungen verursachte Weg-Regelfehler ΔS_{FS} gelangen über den Weg-Regelfehler-Vervielfacher 35 in den S-Regler 13 und damit in den Proportionalverstärker 13.1 und in den durch den Schalter 13.2 zuschaltbaren Integrierverstärker 13.3. Es verbleiben noch die Schaltmittel für einen raschen Wiederanlauf nach einem Halt. Hierzu dient der Weg-Regelfehler-Vervielfacher 35 zwischen dem Vergleicher 19 und dem S-Regler 13. Er besitzt einen Vervielfachungsfaktor m , der zum Wiederanlauf über die Eingänge 35.1 und 35.2 von der Ablaufsteuerung AS bzw. von dem als Bewegungsdetektor dienenden Tachogenerator 12 steuerbar ist: von der Ablaufsteuerung AS vor Bewegungsbeginn auf einen Wert >1 , vom Tachogenerator 12 bei Bewegungsbeginn wieder zurück auf den Wert 1.

Die Figuren 3, 4 und 5 zeigen Diagramme, die Wesen und Funktion der antragsgemässen Regelung verdeutlichen. Daraus ist ersichtlich, dass das Führungsverhalten einer Wegregelung in dreifacher Weise verbessert wird, nämlich: durch vierfache Vorwärtskorrektur der Kaskaden-Regelung KR (Fig. 3), durch Elimination der störungsbedingten Weg-Regelfehler ΔS_F (Fig. 4), sowie durch raschen Wiederanlauf nach einem Halt (Fig. 5). Fig. 3a enthält die Soll-Fahrkurven, wie sie durch Integration auseinander hervorgehen und zur Vorwärtskorrektur der Kaskaden-Regelung KR dienen, nämlich: der geführte Ruck-Sollwert R_S , der geführte Beschleunigungs-Sollwert B_S , der geführte Geschwindigkeits-Sollwert V_S sowie der geführte Weg-Sollwert S_S . Deutlich zu erkennen sind die Phasen konstanten Ruckes R_1, R_2, R_3, R_4 und konstanter Beschleunigung B_1, B_2 . Die Figuren 3b und 3c zeigen die den vorgenannten Soll-Fahrkurven entsprechenden Ist-Fahrkurven für den Ankerstrom IA_i , die Geschwindigkeit V_i und den Weg-Regelfehler ΔS_F ; in Fig. 3b bei der bekannten Vorwärtskorrektur durch Geschwindigkeit und Beschleunigung, in Fig. 3c für den Fall, dass erfindungsgemäss zusätzlich noch der Ankerstromre-

gler 9 durch den geführten Ruck-Sollwert R_S und das Stellglied 7 durch den geführten Geschwindigkeits-Sollwert V_S vorwärts korrigiert sind.

Den Figuren 4a, 4b und 4c sind Störbeeinflussungen zugrunde gelegt, nämlich: eine deterministische Störung in Form eines Lastmessfehlers ΔLM sowie nicht weiter dargestellte stochastische Störungen. Der dadurch verursachte Weg-Regelfehler ΔS_F kommt in Fig. 4a voll zur Geltung und schwingt schwach-gedämpft auf ca. 60 Wegeinheiten im Zielpunkt ein. In Fig. 4b ist der deterministische Lastmessfehler ΔLM ab Ende der ersten Ruckphase R_1 durch ein Kompensationssignal K kompensiert. Hierzu wird als Anlauftest der Weg-Regelfehler ΔS_F während der ersten Ruckphase zum Fehlersignal I aufintegriert und diesem im Funktionsgenerator 30 ein entsprechendes Kompensationssignal K zugeordnet. Das Kompensationssignal K besteht aus einem rampenförmigen Anstieg 33 und einem Konstantteil 34. Durch diese Kompensation wird der Weg-Regelfehler ΔS_F gegen den Zielpunkt hin deutlich, wenn auch nicht vollständig, reduziert. In Fig. 4c ist nach Beendigung der ersten Ruckphase R_1 , neben dem Kompensationssignal noch zusätzlich der Integrierverstärker 13.3 zugeschaltet, der alle noch verbleibenden Weg-Regelfehler ΔS_F , insbesondere die stochastischen Weg-Regelfehler ΔS_{FS} , ausregelt. Als Folge beider Massnahmen, nämlich Kompensation und Ausregelung ist der störungsbedingte Weg-Regelfehler ΔS_F im Zielpunkt vollständig eliminiert.

Aus Fig. 5 ist ersichtlich, wie der Wiederanlauf beschleunigt werden kann, wenn trotz der genannten Massnahmen die Kabine z.B. wegen eines Rest-Weg-Regelfehlers ΔS_{FR} im Zeitpunkt t_1 vor einem Stockwerk zum Stillstand kommen sollte. Mit R_G und R_H sind die Gleit- und Haftreibungswerte bezeichnet, die beim Wiederanlauf von Bedeutung sind. Aus dem relativ kleinen ΔS_{FR} sowie der kleinen Nachstellgeschwindigkeit des Wegreglers 13 ergibt sich ein flacher Anstieg des Motordrehmomentes entsprechend dem linear angenommenen Diagramm 38, so dass der Wiederanlauf nach Erreichen der Haftreibung R_H erst im Zeitpunkt t_4 erfolgen kann und das Stockwerk erst zum Zeitpunkt t_5 erreicht ist. Die entsprechende Weg-Istfahrkurve S_{i1} folgt der Weg-Sollfahrkurve S_S stark verzögert, mit der Verzögerung t_5-t_1 . Eine der Weg-Sollfahrkurve S_S besser folgende Weg-Istfahrkurve ist mit S_{i2} bezeichnet. Hierzu wird der Vervielfachungsfaktor m im Weg-Regelfehler-Vervielfacher 35 im Zeitpunkt t_1 auf einen Wert >1 gesetzt. Dadurch erfolgt der Anstieg des Ankerstromes I_A und damit des Motordrehmomentes steiler, nämlich gemäss dem wiederum geradlinig angenommenen Diagramm 39 so dass nach Überschreiten der Haftreibung R_H Bewegung bereits im Zeitpunkt t_2 ein-

tritt und das Stockwerk bereits im Zeitpunkt t_3 erreicht ist. Auch bei einem Wiederanlauf folgt die Weg-Istfahrkurve S_{i2} also relativ gut der Weg-Sollfahrkurve S_S , mit einer Verzögerung von bloss t_3-t_1 .

Zur Erläuterung der Funktionsweise des Positionierantriebes sei auf die Figuren 1 bis 5 hingewiesen und von den Verfahrensschritten ausgegangen, die der Erfindung zugrunde liegen. Dabei ist angenommen, dass die erfindungsgemässe Neuerung dem Betrieb einer Aufzugsanlage dient, bei der eine Kabine in gewohnter Weise zwischen Stockwerken verfahrbar ist. Demnach besteht die Funktion der Regeleinrichtung darin, die Position der Kabine nach einer vom Führungsgrössengeber FG vorgegebenen Weg-Zeit-Funktion zu verändern. Aus dieser zeitlichen Änderung des Weg-Sollwertes S_S dürfen sich keine wesentlichen Regelabweichungen (Lagefehler) gegenüber dem Weg-Istwert S_i ergeben, auch wenn die Betriebsbedingungen wie z.B. die Kabinenlast von Fahrt zu Fahrt ändern. Funktionell wird dies durch einen dreistufigen Ablauf erreicht: optimieren des Führungsverhaltens der Kaskaden-Regelung KR bezüglich eines normierten Wertesatzes W_1, W_2, \dots, W_n der Aufzugsparameter P_1, P_2, \dots, P_n ; eliminieren von störungsbedingten Weg-Regelfehlern ΔS_F und beschleunigen des Wiederanlaufes nach einem Halt.

Zur Verbesserung des Führungsverhaltens der Regelung wird diese als erstes gemäss den Verfahrensschritten a und b als Kaskaden-Regelung KR ausgebildet und auf einen normierten Wertesatz W_1, W_2, \dots, W_n der Aufzugsparameter P_1, P_2, \dots, P_n abgestimmt. Die Wahl des normierten Wertesatzes W_1, W_2, \dots, W_n ist an sich beliebig, doch ist es vorteilhaft, ihn so zu wählen, dass er den bei normalem Aufzugsbetrieb im Mittel zu erwartenden Betriebsbedingungen entspricht. Diese werden deshalb wie folgt spezifiziert: Kabinenlast gleich 1/2 Nennlast, Lastausgleich durch Gegengewicht auf 1/2 Nennlast, volle Kompensation eines allfälligen Ungleichgewichtes sowie der Gleitreibung. Als Regelstrecke für die Kaskaden-Regelung KR basiert ein derart betriebener Aufzug auf standardisierten Betriebsbedingungen und gilt deshalb im folgenden als Standard-Regelstrecke SR. Die Regelung dieser Standard-Regelstrecke SR durch eine herkömmliche Kaskaden-Regelung KR würde zu Weg-Regelfehlern ΔS_F führen, die im wesentlichen durch die Verstärkung des Weg-Reglers 13, durch die Verstärkungen der unterlagerten Regelkreise sowie durch das dynamische Verhalten der Regelstrecke bestimmt wären. Solche Regelfehler ΔS_F können mit den bekannten Reglertypen wie PI, PD und PID sowie durch sogenannte Störgrössen-Aufschaltung in der Konfiguration nach Fig. 2 nicht hinreichend reduziert werden, weil das träge und schwach gedämpfte mechanische System nur sehr langsame Korrekturen im Wegregelkreis zulässt.

Als Folge dieser Fehler ergäbe sich entweder ein Einschleichen in die Zieletage oder nach Überfahren des Zieles eine verzögerte Fahrtrichtungs-Umkehr mit nachfolgender Schleichfahrt. Erfindungsgemäss wird deshalb die Kaskaden-Regelung KR durch vierfache Vorwärtskorrektur in ihrem Führungsverhalten auf die Standard-Regelstrecke SR optimiert. Durch entsprechende Wahl der Massstabsfaktoren, KV, KA, KR und KU, welche aus den Parametern der Standard-Regelstrecke SR berechnet werden, lassen sich die vorgenannten, aus der zeitlichen Änderung des Weg-Sollwertes S_S resultierenden Weg-Regelfehler ΔS_F weitgehend reduzieren. Dabei werden die in Fig. 2 eingezeichneten Massstabsfaktoren KV, KA, KR, KU so bemessen, dass sich aus dem Produkt von Führungsgrösse mal Massstabsfaktor der jeweils ideale Sollwert für den unterlagerten Regelkreis ergibt. Nur die gleichzeitige Vorgabe von V_S , B_S und R_S kann die Regelfehler in den Unterschlaufen hinreichend reduzieren. Von besonderer Bedeutung ist dabei die erfindungsgemässe Ruckvorgabe. Sie bringt Verbesserungen dadurch, dass die durch die Trägheit des Stromregelkreises bedingten Verzögerungen genau in dem Augenblick reduziert werden, wo der Führungsgrössen-Geber FG Momentanänderungen verlangt. Dadurch wird das Stellglied 7 in die Lage versetzt, die vorgegebenen Abläufe auch wirklich in Kabinenbewegungen umzusetzen. Dies sei im folgenden am Beispiel eines Gleichstrom-Antriebes veranschaulicht. Da bei nicht feldgeschwächten Motoren die EMK weitgehend proportional der Aufzugs-Geschwindigkeit ist, kann mittels V_S und der Massstabsfaktoren KV und KU dem Hubmotor über das Stellglied 7 bzw. über einen unterlagerten Spannungsregelkreis die zur gewünschten Geschwindigkeit erforderliche Ankerspannung direkt vorgegeben werden. Um jeweils zu Beginn und Ende einer Ruck-Phase den Ankerstrom genügend rasch ändern zu können, wird ausserdem mittels R_S und dem Massstabsfaktor KR die Ausgangsspannung des Stellgliedes, über den Stromregler 9, beeinflusst. Dies ist sinngemäss ebenfalls anwendbar im Falle eines unterlagerten Spannungsregelkreises. Bei feldgeschwächten Antrieben sind die Massstabsfaktoren KR, KV und KU entsprechend der Feldschwächung anzupassen.

Mit der vorbeschriebenen Vorwärtskorrektur der Kaskaden-Regelung KR ist ihr Führungsverhalten bezüglich eines normierten Wertesatzes für die Aufzugsparameter optimiert, so dass gemäss Fig. 3c die durch rasche Änderungen der Führungsgrössen verursachten Weg-Regelfehler ΔS_F weitgehend reduziert sind. Beim Betrieb einer Aufzugsanlage kann aber nicht von einem unveränderlichen Wertesatz für die Aufzugsparameter ausgegangen werden, da im allgemeinen von Fahrt zu Fahrt unterschiedliche Betriebsbedingungen vorliegen,

welche mindestens einige der Aufzugsparameterwerte verändern: dies betrifft z.B. den Lastwert und damit auch die Masse, die Lastposition, die Gleitreibung und allgemein die Daten des durch einen Aufzug dargestellten Feder-Massen-Systems. Alle diese auf die normierten Parameterwerte bezogenen Parameterwertänderungen $\Delta W_1, \Delta W_2, \dots, \Delta W_n$ werden im folgenden als Störungen bezeichnet. Als Folge dieser Störungen ist die durch vierfache Vorwärtskorrektur erzielte Abstimmung zwischen Kaskaden-Regelung KR und Regelstrecke RS nicht mehr optimal, was zu neuen Weg-Regelfehlern ΔS_F führt. Es gilt deshalb als nächstes, mit den erfindungsgemässen Verfahrensschritten 1c, 1d und 1e auch diese störungsbedingten von Fahrt zu Fahrt unterschiedlichen Weg-Regelfehler ΔS_F zu eliminieren. Dazu geht man von der Erkenntnis aus, dass die wesentlichen auf eine Aufzugsanlage einwirkenden regeltechnischen Störungen in dem Sinne deterministisch sind, dass sie durch einen Anlaufstest quantitativ erfassbar sind und für die Dauer einer Fahrt konstant bleiben. Die verbleibenden, betragsmässig weniger bedeutsamen Störungen sind in dem Sinne stochastisch, dass sie durch einen Anlaufstest nicht determinierbar sind und sich während der Dauer einer Fahrt zufallsmässig ändern können. Durch deterministische Störungen verursachte Weg-Regelfehler ΔS_{FD} sind demnach vorhersagbar, so dass eine entsprechende Veränderung in der Kaskaden-Regelung KR, ohne Rückführung, frei einprogrammiert werden kann. Die erfindungsgemässe vierfach vorwärtskorrigierte Kaskaden-Regelung KR ist deshalb auch als parameteradaptives Regelsystem ausgebildet, das von Fahrt zu Fahrt an die deterministischen Parameterwertänderungen selbsttätig angepasst wird. Zur Elimination störungsbedingter Weg-Regelfehler ΔS_F werden nun erfindungsgemäss die deterministischen Weg-Regelfehler ΔS_{FD} durch ein Kompensationssignal K kompensiert und die stochastischen Weg-Regelfehler ΔS_{FS} durch den Integrierverstärker 13.3 im Wegregler 13 ausgeregelt. Dieses Verfahren zur Störungsunterdrückung ist in den Fig. 4a, 4b und 4c graphisch dargestellt. Dabei ist in Fig. 4a als deterministische Störung ein Lastmessfehler ΔLM von -20% Nennlast angenommen, was einen entsprechenden Verlauf des Weg-Regelfehlers ΔS_{FD} zur Folge hat. Die Kabine bleibt ca. 60 Wegeinheiten d.h. ca. 30 mm vor dem Ziel stehen, weil ca. 60 Wegeinheiten benötigt werden, um den angenommenen Lastmessfehler ΔLM von 65 Ampères zu kompensieren. Fig. 4b zeigt die Kompensation dieses deterministischen Lastmessfehlers: Während dem ersten Ruck R_1 , wird der Weg-Regelfehler ΔS_{FD} im Messwerk 29 zeitlich integriert. Dieses Integral ist mit I bezeichnet und ist ein Mass für den angenommenen Lastmessfehler ΔLM bzw. im allgemeinen Fall für alle vorhandenen

deterministischen Störungen. Im Funktionsgenerator 30 wird nun ein sanft ansteigendes Kompensationssignal K mit rampenförmigem Anstieg 33 und Konstantteil 34 gebildet und auf den IA-Regler 9 zur Einwirkung gebracht, dass der über die verbleibende Fahrstrecke anfallende Weg-Regelfehler ΔS_{FD} vollständig kompensiert ist. Der Zusammenhang zwischen I und der Amplitude von K ist mathematisch oder empirisch herleitbar und als Funktion im Funktionsgenerator 30 gespeichert. Als Folge dieser Kompensation durch K ist der verbleibende Weg-Regelfehler ΔS_F bei Fahrtende klein und besteht im wesentlichen aus stochastischen Weg-Regelfehlern ΔS_{FS} . Diese werden gemäss Fig. 4c durch Zuschalten des Integrierverstärkers 13.3 im S-Regler 13 bis Fahrtende vollständig ausgeglichen. Miteingeschlossen in diese Ausregelung sind selbstverständlich auch andere, z.B. wegen Ungenauigkeiten nicht vollständig kompensierte deterministische Weg-Regelfehler ΔS_{FD} . Erst die massive Reduktion der deterministischen Weg-Regelfehler ΔS_{FD} durch das Kompensationssignal K macht es möglich mit Erfolg einen PI-Regler im Wegregelkreis einzusetzen, der mit der nur sehr kleinen möglichen Nachstell-Geschwindigkeit die verbliebenen Weg-Regelfehler ΔS_F in der kurzen bis Fahrtende zur Verfügung stehenden Zeit auf Null ausregelt. Höhere Nachstellgeschwindigkeiten im Wegregelkreis sind aus Gründen der Stabilität nicht möglich, da das mechanische System sehr träge und schwach gedämpft reagiert.

Schliesslich ist in Fig. 5 dargestellt, dass mit der erfindungsgemässen Einrichtung auch dann ein gutes Führungsverhalten gewährleistet ist, wenn der Aufzug ausserhalb des Zielstockwerkes fehlerhaft zu einem Stillstand gekommen ist. Dies kann sich dann ergeben, wenn trotz Optimierung der Kaskaden-Regelung KR und auch nach Elimination der störungsbedingten Weg-Regelfehler ΔS_{FD} und ΔS_{FS} ein Rest-Wegregelfehler ΔS_{FR} verbleibt, der die Kabine kurz vor oder nach einem Zielstockwerk zum Stillstand bringt. Regeltechnisch bedeutet dies eine Strukturänderung der Regelstrecke RS die dann bloss noch aus dem Ankerstromkreis des durch die Haftreibung blockierten Hubmotors besteht. In diesem Falle ist für gutes Führungsverhalten ein beschleunigter Wiederanlauf gefordert, damit die Kabine möglichst bald ihr Zielstockwerk erreicht. Dabei besteht die Schwierigkeit, dass mit dem verbliebenen kleinen Rest-Weg-Regelfehler ΔS_{FR} und der kleinen Nachstellgeschwindigkeit des S-Reglers 13 das Motordrehmoment nur langsam gemäss dem linear angenommenen Diagramm 38 hochläuft, die Bewegung also erst im Zeitpunkt t_4 nach Erreichen der Haftreibung R_H eintritt und damit das Stockwerk gemäss der Ist-Fahrkurve S_{I1} erst im Zeitpunkt t_5 , d.h. mit grosser Zeitverzögerung t_5-t_1 erreicht wird. Gefragt ist ein rascherer

Wiederanlauf mit kürzerer Verzögerungszeit. Dazu dient der Weg-Regelfehler-Vervielfacher 35 mit seinem steuerbaren Vervielfachungsfaktor m. Dieser wird zum Wiederanlauf, vor Bewegungsbeginn, auf einen Wert >1 gesetzt, so dass der Hochlauf des Ankerstromes und damit des Motordrehmomentes von einem grösseren Weg-Regelfehler ΔS_{Fm} ausgeht und dazu noch steiler verläuft, gemäss dem linear angenommenen Diagramm 39. Damit wird die Haftreibung R_H bereits im Zeitpunkt t_2 überschritten und die Bewegung eingeleitet. Aus Stabilitätsgründen erfolgt bei Bewegungsbeginn wieder eine Rückstellung von m auf den Wert 1 durch den Bewegungsdetektor 12, so dass die Kabine mit einem Motormoment $M_M > R_G$ gemäss der Ist-Fahrkurve S_{I2} in das Stockwerk einfährt und dieses mit einer bescheidenen Zeitverzögerung t_3-t_1 im Zeitpunkt t_3 erreicht.

Es ist dem Fachmann naheliegend, dass die Erfindung nicht auf das vorgenannte Ausführungsbeispiel beschränkt ist. Insbesondere ist sie in der Aufzugstechnik auch für Türantriebe geeignet. Auch ist die Realisierung des erfindungsgemässen Verfahrens nicht an die Verwendung analoger Bausteine gebunden, es kann genauso gut in hybrider Technik oder mittels eines Mikroprozessors oder eines sonstigen, entsprechend einem Ablaufplan betriebenen Digitalrechners realisiert werden.

30 Patentansprüche

1. Verfahren zur Wegregelung eines Positionierantriebes mit Kaskadenstruktur, wobei durch Vorgabe eines entsprechenden Ruckmusters und durch eine dreifache zeitliche Integration desselben eine Führung des Weg-Sollwertes (S_S) sowie der, den unterlagerten Geschwindigkeits- und Ankerstromregelkreisen zur Vorwärtskorrektur direkt vorgegebenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-Sollwerte (V_S) bzw. (B_S) erfolgt,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- a) Die dem Positionierantrieb zugrunde liegende Regelstrecke wird als eine, durch Störungen beeinflussbare, Standard-Regelstrecke (SR) definiert, wobei diese Standard-Regelstrecke (SR) durch einen normierten Wertesatz (W_1, W_2, \dots, W_n) für die Regelstreckenparameter (P_1, P_2, \dots, P_n) charakterisiert ist, welchem bei Störbeeinflussung, störungsbedingte Parameterwertänderungen ($\Delta W_1, \Delta W_2, \dots, \Delta W_n$) überlagert sind.
- b) In einer Lernfahrt des Positionierantriebes wird eine Kaskaden-Regelung (KR) durch vierfache Vorwärtskorrektur auf den normierten Wertesatz (W_1, W_2, \dots, W_n) für die Parameter (P_1, P_2, \dots, P_n) der Standard-Regelstrecke (SR) abgestimmt und bezüglich die-

ser in ihrem Führungsverhalten optimiert, wobei ein Geschwindigkeits-Regler (10) durch den geführten Geschwindigkeits-Sollwert (V_s), ein Strom-Regler (9) sowohl durch den geführten Beschleunigungs-Sollwert (B_s) als auch durch den geführten Ruck-Sollwert (R_s) und ein Stellglied (7) durch den geführten Geschwindigkeits-Sollwert (V_s) entsprechend vorwärts korrigiert werden.

c) Die Störungen, die während einer Fahrt auf die Standard-Regelstrecke (SR) einwirken können, werden in zwei Klassen aufgeteilt: deterministische Störungen, die durch einen Anlauftest determinierbar sind und stochastische Störungen, die durch einen Anlauftest nicht determinierbar sind.

d) Deterministische Störungen, werden in der Anlaufphase jeder Fahrt, durch einen Anlauftest quantitativ erfasst und daraus ein Kompensationssignal (K) gebildet, das den entsprechenden, über die verbleibende Fahrstrecke anfallenden Weg-Regelfehler ΔS_{FD} vollständig kompensiert.

e) Durch stochastische Störungen verursachte Weg-Regelfehler ΔS_{FS} werden einem, nach Abschluss des Anlauftestes in einem Wegregler (13) zuschaltbaren Integrierverstärker (13.3) zugeführt, der alle nach Optimierung und Kompensation noch verbleibenden Weg-Regelfehler ΔS_F bis Fahrtende vollständig ausregelt.

f) Zum Wiederanlauf nach einem Halt ausserhalb eines Zielortes wird der entsprechende Rest-Weg-Regelfehler ΔS_{FR} kurzzeitig überhöht.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

gekennzeichnet durch

einen Anlauftest, der darin besteht, dass sich über eine Fahrt selbst ausgleichende Störungen laufend berechnet und vom Wegistwert S_i subtrahiert werden und dass vom resultierenden Weg-Regelfehler ΔS_F während der ersten Ruckphase (R_1) das Zeitintegral gebildet wird.

3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus einem Positionierantrieb mit Kaskadenstruktur, enthaltend einen Führungsgrössen-Geber (FG), eine Kaskaden-Regelung (KR) und eine Regelstrecke (RS), wobei die Kaskaden-Regelung (KR) einen Wegvergleicher (19) mit Wegregler (13), einen Geschwindigkeitsvergleicher (20) mit Geschwindigkeitsregler (10), sowie einen Stromvergleicher (21) mit Stromregler (9) besitzt und als ruck-, beschleunigungs- und geschwindigkeitsbegrenzte, 3-fach vorwärtskorrigierte, eine

unterlagerte Geschwindigkeitsregelung, sowie eine unterlagerte Ankerstromregelung aufweisende Wegregelung ausgebildet ist und wobei die Kaskaden-Regelung (KR) weiter an ihrem Eingang mit dem, einen Ruck-Integrator (15), einen Beschleunigungs-Integrator (16) und einen Geschwindigkeits-Integrator (17) aufweisenden, durch 3-fache, sukzessive, zeitliche Integration eines vorgegebenen Ruckmusters (RM) geführte Beschleunigungs-Sollwerte (B_s), Geschwindigkeits-Sollwerte (V_s) und Weg-Sollwerte (S_s) bildenden Führungsgrössen-Geber (FG) verbunden ist, und an ihrem Ausgang mit der einen geregelten Elektromotor (1) mit Treibscheibe (2) und Seilzug (3) zum Verfahren einer Aufzugskabine (5) aufweisenden Regelstrecke (RS) in Verbindung steht, aus der die Ankerstrom-Istwerte (I_{A_i}) mittels eines Stromwandlers (8), die Geschwindigkeits-Istwerte (V_i) mittels eines Tachogenerators (12) und die Weg-Istwerte (S_i) mittels eines Weggebers (14) in die Kaskaden-Regelung (KR) rückgeführt sind,

dadurch gekennzeichnet,

- dass zur Optimierung des Führungsverhaltens der Kaskaden-Regelung (KR) bezüglich einer durch den normierten Wertesatz (W_1, W_2, \dots, W_n) für die Regelstreckenparameter (P_1, P_2, \dots, P_n) charakterisierten Standard-Regelstrecke (SR) die geführten Sollwerte der Beschleunigung (B_s) und des Ruckes (R_s) über entsprechende Korrekturglieder (24 bzw. 25) mit den Massstabsfaktoren (KB bzw. KR) auf ein erstes Summierglied (23) geführt sind und von dessen Ausgang über einen Stromvergleicher (21) an den Eingang des Stromreglers (9) gegeben sind und der geführte Sollwert der Geschwindigkeit (V_s) über ein Korrekturglied (26) mit dem Massstabsfaktor (KU) auf das Stellglied (7) geführt ist,
- dass zur Kompensation der durch deterministische Störungen verursachten Weg-Regelfehler (ΔS_{FD}) ein Messwerk (29) vom Ausgang eines Weg-Vergleichers (19) an den Eingang eines Funktionsgenerators (30) geschaltet ist, dessen Ausgang mit dem Summierglied (23) in Verbindung steht,
- dass zur Ausregelung der durch stochastische Störungen verursachten Weg-Regelfehler (ΔS_{FS}) im Wegregler (13) ein Integrierverstärker (13.3) vorgesehen ist, der nach Abschluss des Anlauftestes, durch einen Schalter (13.2) dem Proportionalverstärker (13.1) parallelgeschaltet ist,

- dass zur kurzzeitigen Überhöhung des Weg-Regelfehlers ΔS_F bei Wiederanlauf nach einem Halt ein Weg-Regelfehler-Vervielfacher (35) mit steuerbarem Vervielfachungsfaktor (m) vorgesehen ist, welcher dem Weg-Vergleicher (19) nachgeschaltet ist und zur Steuerung seines Vervielfachungsfaktors (m) mit einer übergeordneten Ablaufsteuerung (AS) und mit einem Bewegungsdetektor (12) in Verbindung steht, wobei der Vervielfachungsfaktor (m) vor Bewegungsbeginn vom Wert 1 auf einen Wert >1 , und bei Bewegungsbeginn von diesem Wert >1 wieder auf den Wert 1 gesteuert wird.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Massstabsfaktoren (KV; KB; KR; KU) der entsprechenden Korrekturglieder (22, 24, 25, 26) einstellbar sind.
5. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messwerk (29) ein Integrator ist, der den Weg-Regelfehler ΔS_F während der 1. Ruckphase integriert.
6. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Funktionsgenerator (30) ein Kompensationssignal (K) generiert, das aus einem rampenförmigen Anstieg (33) und einem Konstantenteil (34) besteht.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplitude des Konstantenteiles (34) eine Funktion des im Messwerk (29) gebildeten Fehlersignales (I) ist und durch den rampenförmigen Anstieg (33) entweder mit variabler Steilheit und konstanter Anstiegszeit oder mit variabler Anstiegszeit und konstanter Steilheit erreicht wird.
8. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung der dynamischen Seildehnung die Kabinenposition durch den Weg-Istwert (S_i) dargestellt ist.

Claims

1. Method for the regulation of the travel of a positioning drive of cascade structure, wherein a control of the target travel value (S_S) as well as of the target velocity value (V_S) and the target acceleration value (B_S), which are preset

directly for the subordinated velocity and armature current regulating circuits for forward correction, takes place through presetting an appropriate jerk pattern and by a threefold time integration thereof, characterised by the following steps:

a) The regulated distance portion forming the basis of the positioning drive is defined as a standard regulated distance portion (SR) influenceable by disturbances, wherein this standard regulated distance portion (SR) is characterised by a standardised set of values (W_1, W_2 to W_n) for the regulated distance portion parameters (P_1, P_2 to P_n), which under the influence of disturbances have parameter value changes ($\Delta W_1, \Delta W_2$ to ΔW_n), caused by disturbance, superimposed on them.

b) During a learning journey of the positioning drive, a cascade regulation (KR) is matched by fourfold forward correction to the standardised set of values (W_1, W_2 to W_n) for the parameters (P_1, P_2 to P_n) of the standard regulated distance portion (SR) and optimised in its control behaviour with respect thereto, wherein a velocity regulator (10) is correspondingly corrected forwards by the set target velocity value (V_S), a current regulator (9) is correspondingly corrected forwards by the set target acceleration value (B_S) as well as also by the set target jerk value (R_S) and a setting member (7) is correspondingly corrected forwards by the set target velocity value (V_S).

c) The disturbances, which can act on the standard regulated distance portion (SR) during a journey, are divided up into two classes: deterministic disturbances which are determinable by a starting test and stochastic disturbances which are not determinable by a starting test.

d) Deterministic disturbances are detected quantitatively by a starting test during the starting phase of each journey and a compensation signal (K) is formed therefrom, which compensates completely for the corresponding travel regulation error ΔS_{FD} arising over the remaining journey distance.

e) Travel regulation errors ΔS_{FS} caused by stochastic disturbances are after the conclusion of the starting test fed to an integrating amplifier (13.3), which is connectable with a travel regulator (13) and completely regulates out all travel regulation errors ΔS_F , which still remain after optimisation and compensation, to the end of the journey.

f) For a renewed start after halting outside a destination, the corresponding residual trav-

el regulation error ΔS_{FR} is raised for a short time.

2. Method according to claim 1, characterised by a starting test which consists in self-balancing disturbances are continuously computed and subtracted from the actual travel value S; over a journey and that the time integral is formed of the resultant travel regulation error ΔS_F during the first jerk phase (R_1).
3. Equipment for the performance of the method according to claim 1 and consisting of a positioning drive of cascade structure containing control magnitude transmitter (FG), a cascade regulation (KR) and a regulated distance portion (RS), wherein the cascade regulation (KR) possesses a travel comparator (19) with travel regulator (13) and a velocity comparator (20) with velocity regulator (10) as well as a current comparator (21) with current regulator (9) and is constructed as travel regulation displaying a subordinated velocity regulation, which is corrected forwards in threefold manner and limited in jerk, acceleration and velocity, as well as a subordinated armature current regulation and wherein the cascade regulation (KR) is furthermore connected at its input with the control magnitude transmitter (FG), which displays a jerk integrator (15), an acceleration integrator (16) and a velocity integrator (17) and which forms target acceleration values (B_S), target velocity values (V_S) and target travel values (S_S) controlled by threefold successive time integration of a preset jerk pattern (RM), and stands in connection at its output with the regulated distance portion (RS), which displays a regulated electrical motor (1) with drive pulley (2) and traction cable (3) for the movement of a lift cage (5) and from which the actual armature current values (I_{A_i}) are fed back into the cascade regulation (KR) by means of a current transformer (8), the actual velocity values (V_i) are fed back into the cascade regulation (KR) by means of a tachogenerator (12) and the actual travel values (S_i) are fed back into the cascade regulation (KR) by means of a travel transmitter (14), characterised thereby,
- that for the optimisation of the control behaviour of the cascade regulation (KR) with respect to a standard regulated distance portion (SR) characterised by the standardised set of values (W_1, W_2 to W_n) for the regulated distance portion parameters (P_1, P_2 to P_n), the controlled target values of the acceleration (B_S) and of the jerk (R_S) are passed by way of corresponding correction member (24 or

25) with the scale factors (KB or KR) to a first summation member (23) and from its output by way of a current comparator (21) to the input of the current regulator (9) and the controlled target value of the velocity (V_S) is conducted by way of a correction member (26) with the scale factor (KU) to the setting member (7),

- that for the compensation of the travel regulation errors (S_{FD}) caused by deterministic disturbances, a measurement device (29) is connected from the output of a travel comparator (19) to the input of a function generator (30), the output of which stands in connection with the summation member (23),
- that for the regulating-out of the travel regulation errors (S_{FS}) caused by stochastic disturbances, an integrating amplifier (13.3), which after the conclusion of the starting test is connected in parallel with the proportional amplifier (13.1) by a switch (13.2), is provided in the travel regulator (13), and
- that for the short term raising of the travel regulation error ΔS_F on renewed starting after a halt, a travel regulation multiplier (35) with controllable multiplication factor (m) is provided, which is connected behind the travel comparator (19) and for the control of its multiplication factor (m) stands in connection with a superordinated sequence control (AS) and with a movement detector (12), wherein the multiplication factor (m) is driven from the value 1 to a value greater than 1 before the beginning of movement and from this value greater than 1 back to the value 1 on the beginning of movement.

4. Equipment according to claim 3, characterised thereby, that the scale factors (KV; KB; KR; KU) of the corresponding correction members (22, 24, 25, 26) are adjustable.
5. Equipment according to claim 3, characterised thereby, that the measurement device (29) is an integrator which integrates the travel regulation error ΔS_F during the first jerk phase.
6. Equipment according to claim 3, characterised thereby, that the function generator (30) generates a compensation signal (K), which consists of a ramp-shaped rise (33) and a constant part (34).
7. Equipment according to claim 6, characterised

thereby, that the amplitude of the constant part (34) is a function of the error signal (I) formed in the measurement device (29) and is reached by the ramp-shaped rise (33) either with variable slope and constant rise time or with variable rise time and constant slope.

8. Equipment according to claim 3, characterised thereby, that the cage position is represented by the actual travel value (S_i) for the computation of the dynamic cable elongation.

Revendications

1. Procédé de régulation du déplacement d'un mécanisme de positionnement à structure de cascade, procédé dans lequel grâce au fait qu'est prescrit un modèle approprié de marche en saccade et grâce à une triple intégration, dans le temps, de ce modèle, il s'ensuit une commande de la valeur prescrite du déplacement (S_S) ainsi que des valeurs prescrites de la vitesse et de l'accélération (V_S) et (B_S), qui sont directement prescrites aux circuits de régulation de la vitesse et du courant d'induit disposés en aval dans la cascade, pour donner une correction anticipée,
procédé caractérisé par les pas suivants:
 a) la chaîne constituant le système de régulation, qui se trouve à la base du mécanisme de positionnement, est définie sous forme d'une chaîne de régulation standard (SR), influençable par des incidents, étant précisé que cette chaîne de régulation standard (SR) est caractérisée par un jeu de valeurs normalisées ($W_1, W_2 \dots W_n$) pour les paramètres ($P_1, P_2 \dots P_n$) de la chaîne de régulation, jeu auquel, lors de l'influence des incidents, se superposent des modifications des valeurs de paramètres ($\Delta W_1, \Delta W_2 \dots \Delta W_n$) imposées par les incidents.
 b) au cours d'une course d'étude du mécanisme de positionnement, on accorde une régulation en cascade (KR), au moyen d'une quadruple correction anticipée, au jeu de valeurs normalisées ($W_1, W_2 \dots W_n$) pour les paramètres ($P_1, P_2 \dots P_n$) de la chaîne de régulation standard (SR) et on l'optimise dans son comportement de commande en ce qui concerne ces paramètres, étant précisé que, par anticipation et de façon appropriée, un régulateur de vitesse (10) est corrigé par la valeur prescrite de la vitesse, résultant de la commande, (V_S), un régulateur de courant (9) est corrigé aussi bien par la valeur prescrite de l'accélération, résultant de la commande, (B_S) que par la

valeur prescrite de la marche en saccade, résultant de la commande, (R_S) et qu'un organe réglant (7) est corrigé par la valeur prescrite de la vitesse, résultant de la commande, (V_S).

c) les incidents qui, au cours d'une course, peuvent intervenir sur la chaîne de régulation standard (SR) sont divisés en deux classes: les incidents déterministes, qui peuvent être déterminés par un test de démarrage, et les incidents stochastiques, qui ne peuvent pas être déterminés par un test de démarrage.

d) les incidents déterministes sont saisis quantitativement au cours de la phase de démarrage de chaque course, par un test de démarrage, et il en résulte un signal de compensation (K) qui compense complètement l'erreur de régulation du déplacement ΔS_{FD} correspondante qui se produit au cours du reste de la course.

e) les erreurs de régulation de déplacement ΔS_{FS} provoquées par les incidents stochastiques sont amenées à un amplificateur intégrateur (13.3) qui peut être mis en circuit dans un régulateur de déplacement (13) après achèvement du test de démarrage et qui élimine complètement, par régulation, toutes les erreurs de régulation du déplacement ΔS_F qui subsistent encore après optimisation et compensation, jusqu'à la fin de la course.

f) pour un redémarrage après un arrêt en dehors de l'emplacement visé, on exagère volontairement brièvement l'erreur de régulation sur le déplacement résiduelle correspondante ΔS_{FR} .

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé par
 un test de démarrage qui consiste en ce que les incidents qui se compensent d'eux-mêmes au cours d'une course sont calculés en permanence et sont soustraits de la valeur réelle du déplacement S_i et en ce que l'intégrale en fonction du temps se forme à partir de l'erreur de régulation sur le déplacement résultante ΔS_F pendant la première phase de marche en saccade (R_1).
3. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, constitué d'un mécanisme de positionnement à structure en cascade, contenant un émetteur de grandeurs de commande (FG), un circuit de régulation en cascade (KR) et une chaîne constituant le système de régulation (RS), étant précisé que le circuit de régulation en cascade (KR) possède

un comparateur de déplacement (19) avec régulateur de déplacement (13), un comparateur de vitesse (20) avec régulateur de vitesse (10), ainsi qu'un comparateur de courant (21) avec régulateur de courant (9) et étant précisé qu'il se forme une régulation du déplacement comportant une régulation de vitesse disposée en aval dans la cascade, limitée à l'accélération et à la vitesse de la marche en saccade, à triple correction anticipée, ainsi qu'une régulation du courant d'induit disposée en aval dans la saccade, et étant précisé que la régulation en cascade (KR) est en outre reliée, à son entrée, avec l'émetteur de grandeurs de commande (FG) qui comporte un intégrateur de marche en saccade (15), un intégrateur d'accélération (16) et un intégrateur de vitesse (17) et qui forme des valeurs prescrites d'accélération (B_s), des valeurs prescrites de vitesse (V_s) et des valeurs prescrites de déplacement (S_s) commandées par la triple intégration successive, dans le temps, d'un modèle de marche en saccade prescrit (RM), et que cette régulation en cascade est reliée, à sa sortie, avec la chaîne de régulation (RS) qui comprend un moteur électrique régulé (1) avec poulie motrice (2) et câble de traction (3) pour le déplacement d'une cabine d'ascenseur (5), chaîne de régulation à partir de laquelle les valeurs réelles (I_{A_i}) du courant d'induit sont réintroduites dans la régulation en cascade (KR) pour rétroaction au moyen d'un convertisseur de courant (8), les valeurs réelles (V_i) de la vitesse le sont de même au moyen d'une génératrice tachymétrique (12) et les valeurs réelles (S_i) du déplacement le sont de même au moyen d'un émetteur de déplacement (14),

dispositif caractérisé,

- par le fait que pour optimiser le comportement de commande de la régulation en cascade (KR) relativement à une chaîne de régulation standard (SR) caractérisée par le jeu de valeurs normalisées (W_1, W_2, \dots, W_n) pour les paramètres (P_1, P_2, \dots, P_n) de la chaîne de régulation, les valeurs prescrites, résultant de la commande, de l'accélération (B_s) et de la marche en saccade (R_s) sont envoyées, par l'intermédiaire d'éléments de correction appropriés (24 ou 25), avec les facteurs d'échelle (KB ou KR) à un premier organe d'addition (23) et, de la sortie de cet organe d'addition, sont envoyées, par l'intermédiaire d'un comparateur de courant (21), à l'entrée du régulateur de courant (9), et par le fait que la valeur prescrite, résultant de la commande, de la vitesse (V_s) est envoyée, par l'intermé-

diaire d'un organe de correction (26), avec le facteur d'échelle (KU), à l'organe réglant (7).

- par le fait que, pour compenser l'erreur de régulation sur le déplacement (ΔS_{FD}) provoquée par les incidents déterministes, un appareil de mesure est mis en circuit entre la sortie du comparateur de déplacement (19) et l'entrée d'un générateur de fonction (30) dont la sortie est reliée à l'organe d'addition (23),
- par le fait que pour éliminer, par régulation, l'erreur de régulation sur le déplacement (ΔS_{FS}) provoquée par les incidents stochastiques, il est prévu, dans le régulateur de déplacement (13), un amplificateur intégrateur (13.3) qui, après achèvement du test de démarrage, est mis en circuit en parallèle avec l'amplificateur proportionnel (13.1) par un commutateur (13.2).
- par le fait que pour permettre d'exagérer brièvement et volontairement l'erreur de régulation sur le déplacement ΔS_F lors d'un redémarrage après un arrêt, il est prévu un multiplicateur (35) de l'erreur de régulation sur le déplacement, dont le facteur de multiplication (m) peut être commandé, qui est mis en circuit après le comparateur de déplacement (19) et qui est relié, pour la commande de son facteur de multiplication (m), avec une unité de commande de déroulement (AS) disposée en amont et avec un détecteur de mouvement (12), étant précisé que le facteur de multiplication (m) passe, avant le début du mouvement, de la valeur 1 à une valeur supérieure à 1, et, au début du mouvement, de cette valeur supérieure à 1, à nouveau à la valeur 1.

4. Dispositif selon la revendication 3,

caractérisé,

par le fait que les facteurs d'échelle (KV; KB; KR; KU) des organes de correction correspondants (22, 24, 25, 26) sont réglables.

5. Dispositif selon la revendication 3,

caractérisé,

par le fait que l'appareil de mesure (29) est un intégrateur qui intègre l'erreur de régulation sur le déplacement ΔS_F pendant la première phase de la marche en saccade.

6. Dispositif selon la revendication 3,

caractérisé,

par le fait que le générateur de fonction (30) génère un signal de compensation (K) qui

est constitué d'une portion en pente montante (33) en forme de rampe et d'une portion constante (34).

7. Dispositif selon la revendication 6, 5
caractérisé,
 par le fait que l'amplitude de la portion constante (34) est une fonction du signal d'erreur (I) formé dans l'appareil de mesure (29) et qu'elle est atteinte par la portion en pente montante (33) en forme de rampe soit à pente variable et temps de montée constant, soit à temps de montée variable et pente constante. 10
8. Dispositif selon la revendication 3, 15
caractérisé,
 par le fait que pour le calcul de l'allongement dynamique du câble, la position de la cabine est représentée par la valeur réelle du déplacement (S_i). 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig.1

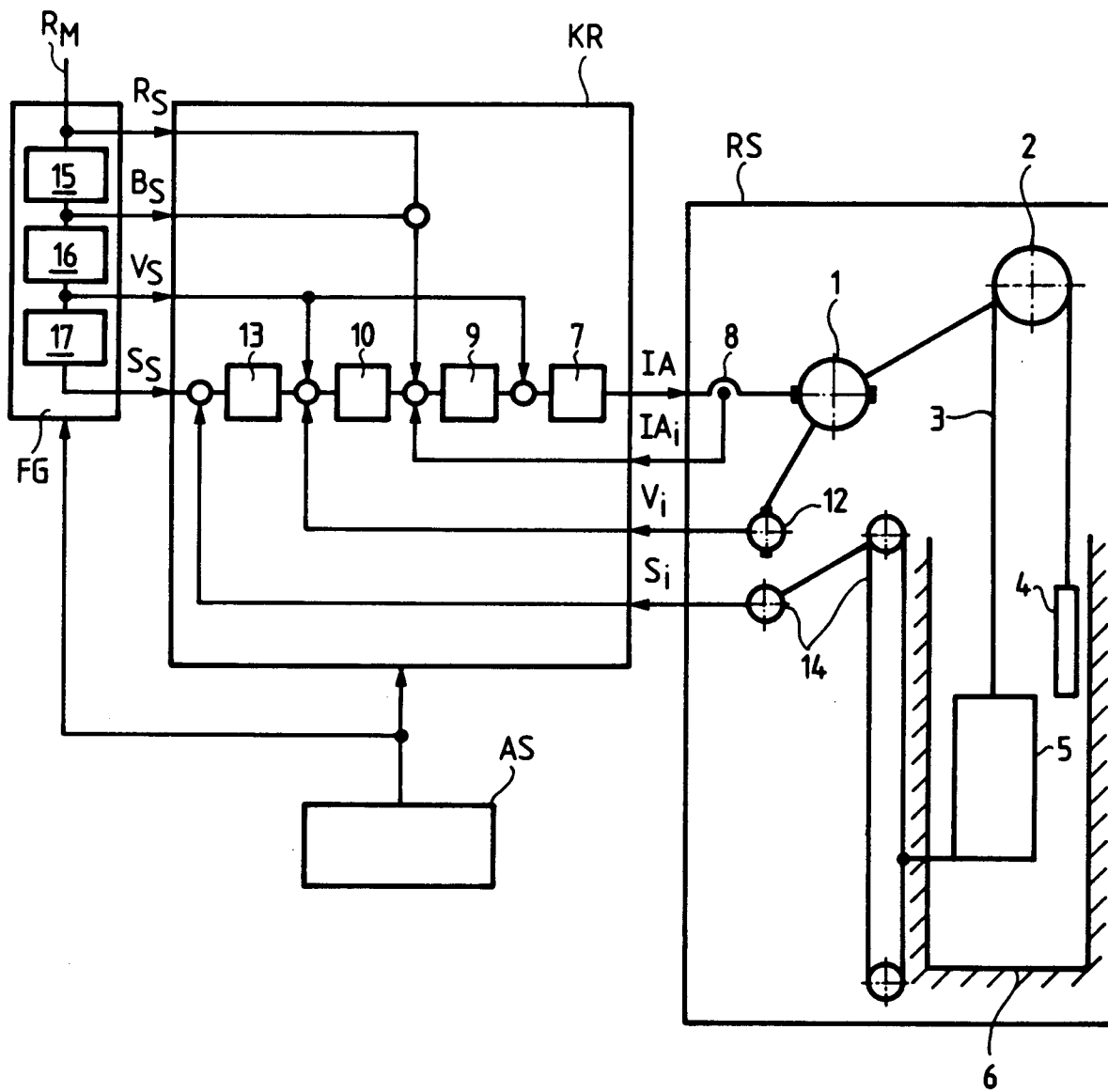


Fig. 2

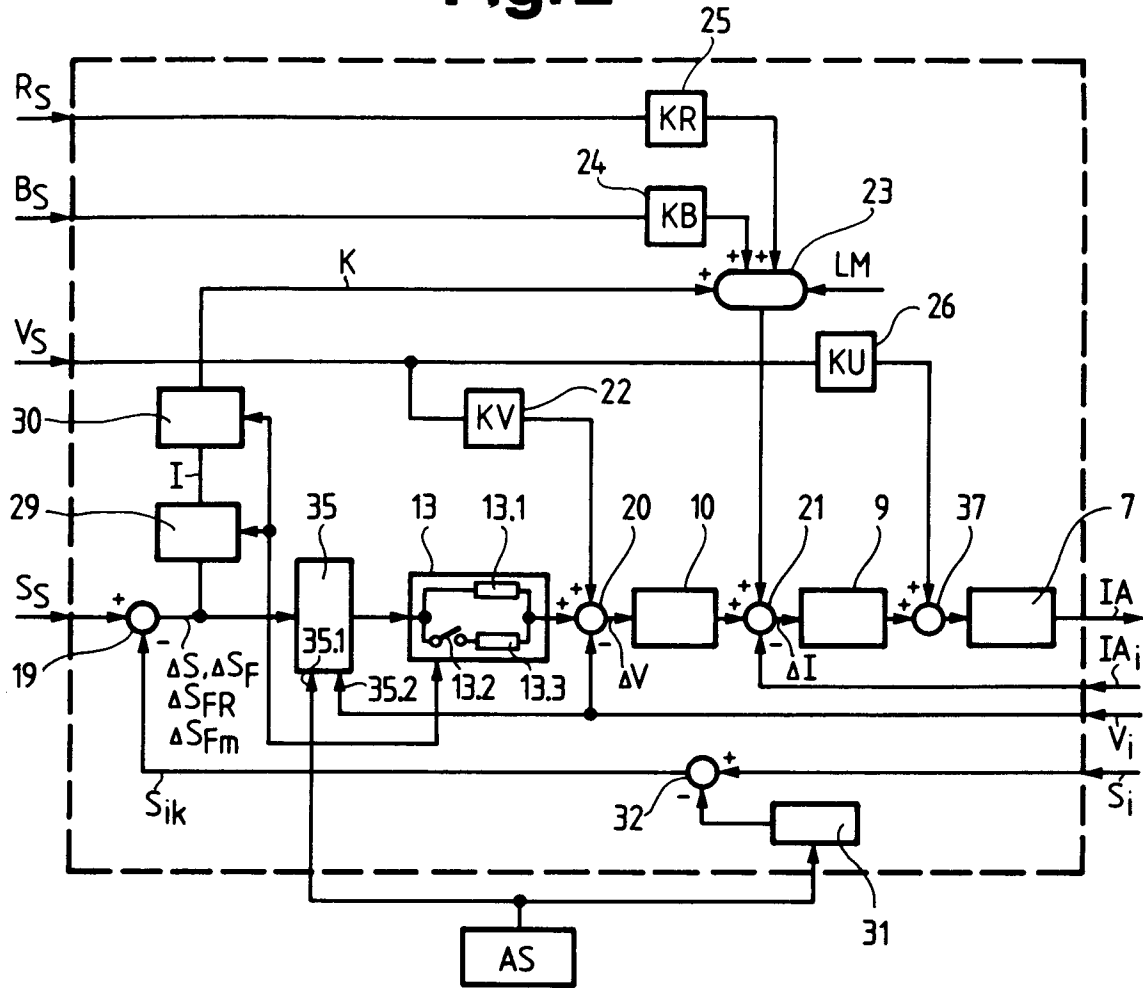


Fig. 5

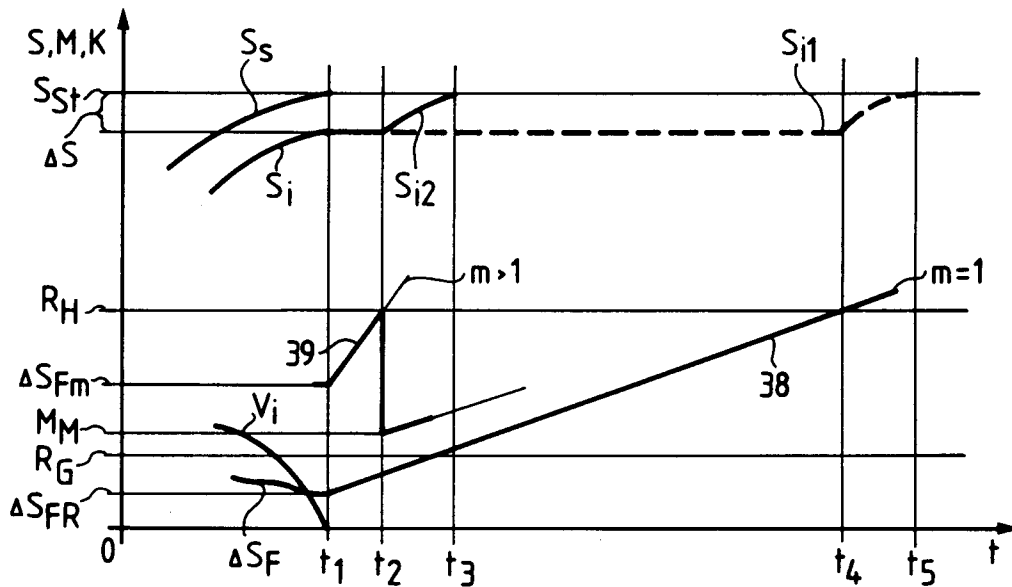


Fig.3a

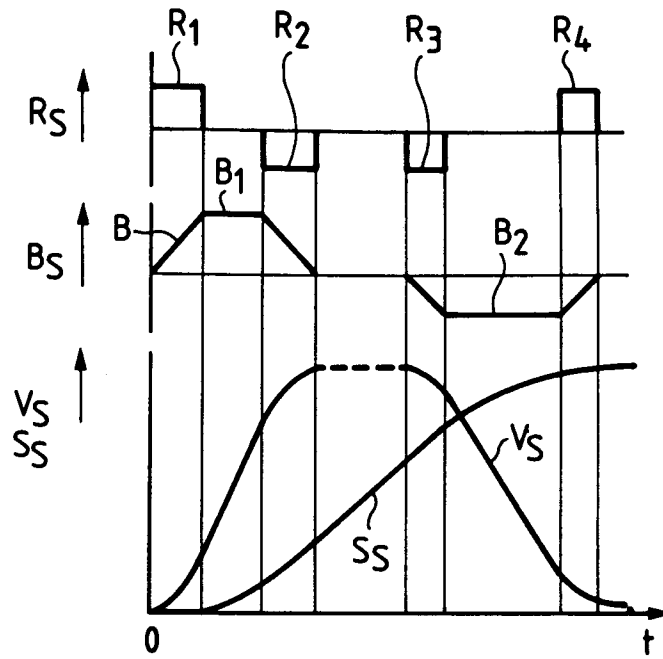


Fig.3b

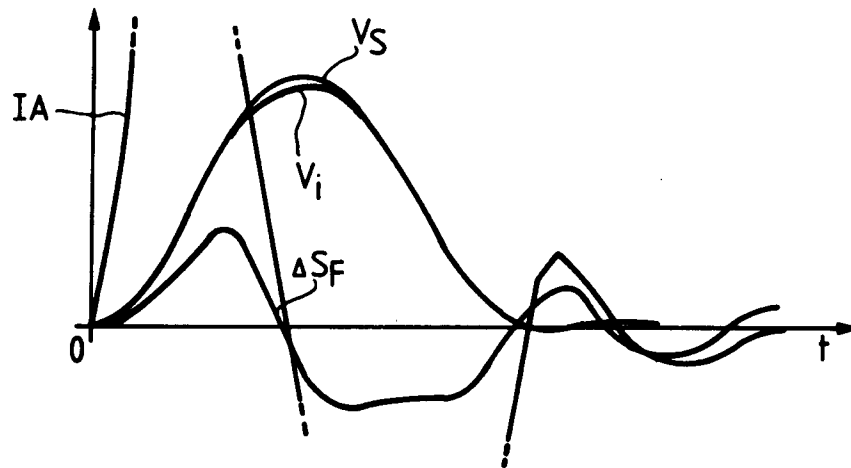


Fig.3c

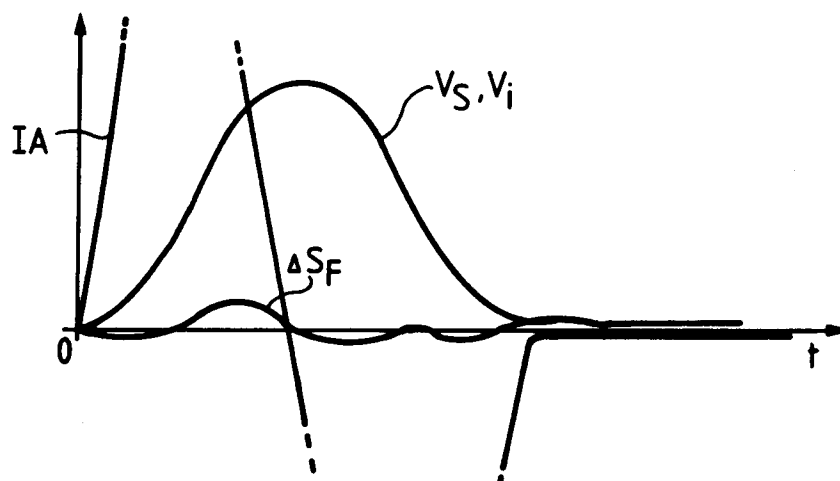


Fig.4a

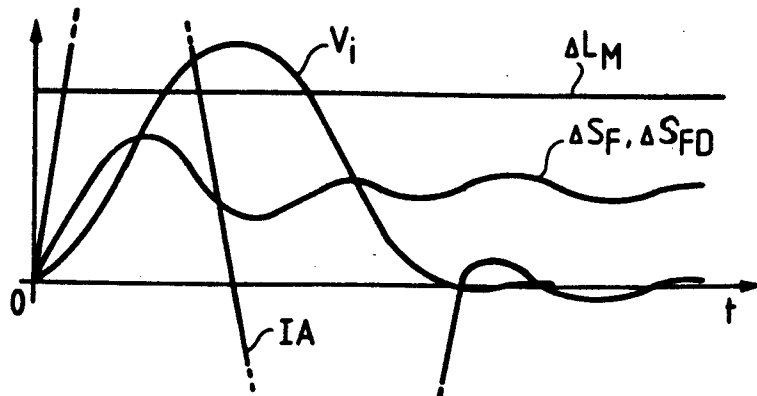


Fig.4b

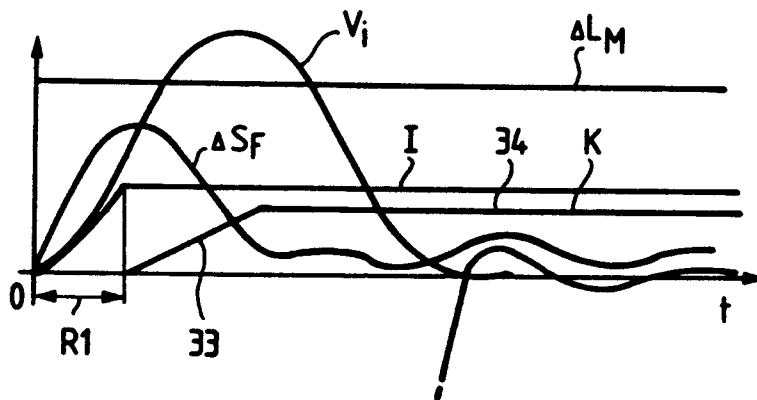


Fig.4c

