



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.09.1996 Patentblatt 1996/39

(51) Int. Cl.⁶: B66C 13/06, B66D 5/14,
B66F 9/24

(21) Anmeldenummer: 96103257.0

(22) Anmeldetag: 02.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FI FR GB IT LI

(30) Priorität: 24.03.1995 DE 19510786

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

(72) Erfinder:
• Hellinger, Frank Dr.
D-74653 Künzelsau (DE)
• Vaisänen, Ari
05880 Hyvinkää (FI)

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

(54) **Hebezeug mit Fahrwerk und geringer Pendelung beim Bremsen**

(57) Ein elektrischer Antrieb für das Fahrwerk eines Hebezeugs enthält eine Steuerung, die das Einschalten der mechanischen Bremse (11, 13) und das Ab- bzw. Wiedereinschalten des Motorstroms steuert. Dabei ist vorgesehen, daß bei einem Umschalten aus der schnellen Eilgeschwindigkeit in die langsame Rangiergeschwindigkeit die mechanische Bremse (11, 13) bereits

geöffnet wird, noch ehe die langsame Rangiergeschwindigkeit vollständig erreicht oder unterschritten ist. Während dieser Phase wird das Fahrwerk lediglich mit der inneren Reibung und der Rollreibung auf der Schiene (8) verzögert, um keine oder keine zusätzliche Lastpendelung zu induzieren.

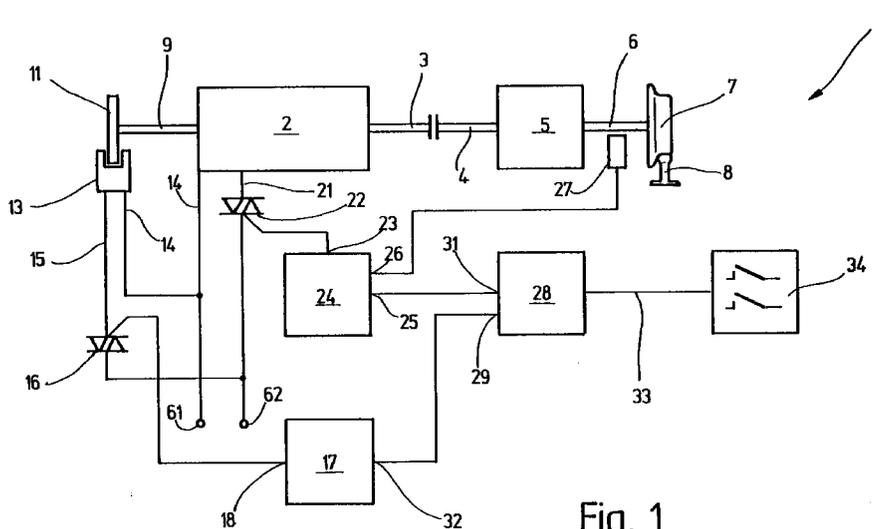


Fig. 1

Beschreibung

Nicht nur beim Beschleunigen von Fahrwerken von Hebezeugen tritt das Problem auf, daß das Anfahren die an dem Seil oder an der Kette hängende Last zum Pendeln bringt, was das Manövrieren der Last erheblich erschwert und auch eine Gefährdung darstellt. Selbst wenn es gelingt, die durch das Anfahren induzierte Lastpendelung während der Fahrstrecke zu unterdrücken, kann eine erneute Lastpendelung beim Bremsen aus einer hohen Eilfahrgeschwindigkeit in eine langsame oder Manövrierfahrgeschwindigkeit ausgelöst werden. Da im allgemeinen dieses Umschalten aus der schnellen Fahrgeschwindigkeit in die niedrige Fahrgeschwindigkeit kurz vor dem Zielort erfolgt, ist die Lastpendelung noch im vollen Gange, wenn der Zielort erreicht wird. Erschwerend kommt dabei hinzu, daß beim Übergang von der hohen Geschwindigkeit in die niedrige Geschwindigkeit ein größerer Geschwindigkeitssprung zustandekommt als beim Anhalten aus der niedrigen Geschwindigkeit. Somit stellt das Umschalten aus der hohen in die niedrige Geschwindigkeit ein Ereignis dar, das in höherem Maße zur Lastpendelung beiträgt als der anschließende Anhaltevorgang.

Zusätzlich zum Problem der Lastpendelung, induziert durch das Umschalten in die niedrige Geschwindigkeit, kommt ein regelungstechnisches Problem, wenn Motoren zum Antrieb des Fahrwerks verwendet werden, die eine flache Drehzahldrehmomentkennlinie haben, mit anderen Worten Motoren, bei denen die Drehzahl in starkem Maße von der Belastung abhängig ist. Solche Motoren erfordern eine Regeleinrichtung und diese kann durch das Lastpendeln nach dem Wiedereinschalten des Motorstroms zum Betrieb mit der niedrigen Geschwindigkeit unter Umständen irritiert werden. Dies führt dazu, daß die Regelung infolge der dem Fahrwerk vorausseilenden Last möglicherweise versucht, zu stark die Motordrehzahl herunterzuregulieren. Nach dem Umschalten würde hierdurch ein Durchsacken der Fahrgeschwindigkeit zustande kommen.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, einen elektrischen Antrieb für Fahrwerke von Hebezeugen zu schaffen, bei dem das Pendeln der Last nach dem Umschalten aus der hohen in die niedrige Geschwindigkeit vermindert ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den elektrischen Antrieb mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Entsprechend der neuen Lösung wird beim Umschalten aus der hohen in die niedrige Geschwindigkeit die Bremse bereits wieder im Sinne eines Öffnens betätigt, noch ehe die niedrige Geschwindigkeit tatsächlich erreicht ist, während andererseits gleichzeitig die Stromversorgung für den Motor abgeschaltet bleibt. Durch diese Maßnahme werden zwei Dinge gleichzeitig erreicht. Erstens wird die Härte des Übergangs aus der Verzögerungsphase in die Fahrphase mit der niedrigen Geschwindigkeit deutlich abgeflacht, mit anderen Worten, es werden starke ruckartige Ände-

rungen der aktuellen Fahrgeschwindigkeit vermieden. Zweitens besteht die Möglichkeit, die durch das Bremsen induzierte Lastpendelung in Vortriebsenergie des Fahrwerks umzusetzen und so die Pendelenergie zu dämpfen, vorausgesetzt selbstverständlich, die Phasenlage ist entsprechend. Aber selbst, wenn die zweite Möglichkeit nicht zutrifft, weil die Phasenlage ungünstig ist, wird zumindest kein zusätzlicher Ruck erzeugt, der die Pendelung in ungünstiger Weise verstärkt.

Eine durch Bremsen induzierbare Lastpendelung läßt sich weiter vermeiden, wenn die Bremse beim Umschalten in die niedrige Geschwindigkeit nicht sofort sondern erst nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit angesteuert wird, während andererseits die Stromzufuhr zu dem Motor umgehend abgeschaltet wird. Die Verzögerung des Fahrwerks erfolgt zunächst nur durch die Rollreibung des Fahrwerks auf der Schiene, so daß mit einem weniger stark ausgeprägten Knick in den Zustand mit aktivierter bzw. zugespannter Bremse übergegangen wird.

Eine vorteilhafte Regelkennlinie wird erhalten, wenn die Stromzufuhr erst beim Erreichen oder Unterschreiten der niedrigen Geschwindigkeit erneut eingeschaltet wird. Vorzugsweise wird dann die Stromzufuhr für den Motor mit einem Amplitudenmittelwert oder einer Frequenz eingeschaltet, die kleiner ist als es zum Fahren mit der niedrigen Geschwindigkeit erforderlich ist. Ein solcher Betrieb ist günstig, wenn wegen der Phasenlage der Pendelung die Last bestrebt ist, das Fahrwerk zu schleppen.

Ein besonders einfacher Antrieb wird erhalten, wenn der Motor ein Hauptschlußuniversalmotor ist und die Stromregleinrichtung hierfür eine Phasenschnittsteuerung enthält. Hierdurch kann eine Freilaufcharakteristik erreicht werden, die hinsichtlich der Pendeldämpfung genauso wirkt wie ein Freilauf im Antriebsstrang.

Im übrigen sind Weiterbildungen der Erfindung Gegenstand von Unteransprüchen.

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

Fig. 1 eine Blockdarstellung des erfindungsgemäßen elektrischen Antriebs und

Fig. 2 ein Flußdiagramm für die Betätigung der Bremse bzw. der Stromregleinrichtung des Antriebs nach Fig. 1.

In Fig. 1 ist stark schematisiert ein elektrischer Antrieb 1 für Fahrwerke von Hebezeugen veranschaulicht. Die einzelnen elektrischen und mechanischen Baugruppen sind dabei zum Teil als Funktionsblöcke veranschaulicht, um das Wesentliche der Erfindung besser erkennbar zu machen.

Der elektrische Antrieb 1 weist einen Motor 2 in Gestalt eines Universalmotors mit einer Ankerwelle 3 auf, bei dem Anker und Feld elektrisch in Serie geschaltet sind. Der Motor 2 hat dadurch Hauptschlußcharakte-

ristik. Ein solcher Motor hat keine obere Drehzahlgrenze, ab der er als Generator und somit als Bremse wirken könnte, vorausgesetzt die Polarität zwischen Anker und Feld wird nicht geändert.

Die Ankerwelle 3 des Motors 2 ist drehfest mit einer Eingangswelle 4 eines Untersetzungsgetriebes 5 gekuppelt, auf dessen Ausgangswelle 6 ebenfalls drehfest eines der Räder 7 des Fahrwerks aufgesetzt ist, das auf einer Fahrschiene 8 läuft.

Die Welle 3 des Motors 2 steht auch zur anderen Seite über und bildet dort einen Wellenstummel 9, auf dem eine Bremsscheibe 11 angeordnet ist. Die Bremsscheibe wirkt mit einer schematisiert gezeigten Brems- und Betätigungseinrichtung 13 zusammen. Die Bremsbetätigungseinrichtung 13 wird mittels nicht weiter gezeigter Federn gespannt, wodurch sich Bremsglieder (nicht dargestellt) an die Bremsscheibe 11 anlegen und diese ab- bzw festbremsen. Mit Hilfe eines Elektromagneten kann die Bremsenrichtung 13 gegen die Wirkung der Federn geöffnet werden, um es der Bremsscheibe 11 zu ermöglichen, frei zu laufen.

Die Bremsenrichtung 13 weist zwei elektrische Anschlußleitungen 14 und 15 auf, von denen die Anschlußleitung 14 unmittelbar mit einem Netzleiter L1 eines zweiphasigen Wechselspannungsnetzes verbunden ist, dessen anderer Phasenleiter mit L2 bezeichnet ist.

Die andere Anschlußleitung des Magneten der Bremsenrichtung 13 ist über einen Triac 16 oder ein Relais o. dgl. an den anderen Phasenleiter L2 des Netzes angeschlossen. Der Triac 16 erhält ein Steuersignal an seinem Gate aus einer Ansteuerlektronik 17, an deren Ausgang 18 das Gate angeschlossen ist.

Der Motor 2 ist ebenfalls zweipolig über zwei Leitungen 19, 21 mit den beiden Phasenleitern L1 und L2 verbunden, wobei in der Verbindungsleitung 21, die zu dem Phasenleiter L2 führt, ein weiterer Triac 22 angeordnet ist. Dessen Gate ist mit einem Ausgang 23 einer Regeleinrichtung 24 verbunden, die dazu dient, bei einem entsprechenden Signal an einem Eingang 25 den Triac 22 so zu steuern, daß der Motor 2 mit einer niedrigen oder einer hohen Drehzahl läuft und der Motor 2 auf diese Drehzahl stabilisiert wird. Hierzu ist an einen weiteren Eingang 26 ein beispielsweise die Ausgangswelle 6 abführender Drehzahlsensor 27 angeschlossen, der ein der Drehzahl des Rades 7 proportionales elektrisches Signal abgibt. Weil der Umfang des Rades 7 bekannt ist, repräsentiert das von dem Sensor 27 abgegebene Signal auch die Fahrgeschwindigkeit des Fahrwerks.

Zur Steuerung sowohl der Regeleinrichtung 24 als auch der Ansteuerschaltung 17 ist eine vorzugsweise auf einem Mikroprozessor basierende elektronische Steuerung 28 mit zwei Ausgängen 29 und 31 vorgesehen. Der Ausgang 31 ist mit dem Eingang 25 verbunden, während der Ausgang 29 zu einem Eingang 32 der Ansteuerschaltung 17 führt. Je nach Ausführungsform kann der Drehzahlsensor 27 auch zusätzlich an die elektronische Steuerung 28 angeschlossen sein.

Die elektronische Steuerung 28 ist ihrerseits über eine mehradrige Verbindung 33 eingangsseitig mit einer Schaltergruppe 34 verbunden, über die sie ihre Befehls-signale erhält. Die Schalteranordnung 37 kann entweder unmittelbar eine mechanische Schalteranordnung sein, die beispielsweise in einer Steuerbirne des Hebezeugs untergebracht ist oder sie repräsentiert Signalzustände, die bei einem automatisch gesteuerten Hebezeug von einer übergeordneten Steuerung in die elektronische Steuerung 28 gelangen.

Abweichend von der Darstellung ist es auch möglich, die Regeleinrichtung 24 auf demselben Mikroprozessor zu implementieren, mit dessen Hilfe auch die elektronische Steuereinrichtung 28 realisiert ist.

Da es bei der vorliegenden Steuerung im wesentlichen um das Bremsen geht, wird zur Erleichterung des Verständnisses der Funktionsbeschreibung angenommen, daß mit Hilfe der Schalteranordnung 34 lediglich drei Signalbefehle an die elektronische Steuerung 28 übergeben werden können. Im ersten Zustand ist keiner der Schalter betätigt. Dies entspricht der neutralen Stellung der Schalter. Der zweite Zustand entspricht dem Fahren mit der niedrigen Geschwindigkeit und wird in dem nachfolgend beschriebenen Flußdiagramm gemäß Fig. 2 mit "D" bezeichnet. Der dritte Zustand entspricht einem Fahren mit der Maximalgeschwindigkeit und er ist in dem Flußdiagramm von Fig. 2 mit "F" benannt.

Im folgenden ist nun die Arbeits- und Funktionsweise des elektrischen Antriebs unter Zuhilfenahme des Flußdiagramms von Fig. 2 erläutert:

Wenn der Benutzer keinen der Schalter der Schalteranordnung 34 betätigt hat, liegt weder der Zustand "D" noch der Zustand "F" vor, was die elektronische Steuerung veranlaßt, die Regeleinrichtung 24 stillzusetzen und im stillgesetzten Zustand zu halten, damit sie keine Zündimpulse an den Triac 22 abgibt. Die Stromzufuhr zu dem Motor 2 ist dadurch unterbrochen. Gleichzeitig erhält die Ansteuerschaltung 17 ebenfalls kein entsprechendes Signal von der elektronischen Steuerung 28, womit auch der Triac 16 im gesperrten Zustand verbleibt. Die Bremsenrichtung 13 ist folglich gespannt und bremst die Bremsscheibe 11 fest, womit in der Folge das gesamte Fahrwerk abgebremst ist und nicht bewegt werden kann.

Wenn, ausgehend von dieser Betriebssituation, der Benutzer die Schalter der Schalteranordnung 34 so betätigt, daß der Zustand "F" eingeschaltet wird, was bedeutet, daß das Fahrwerk mit seiner maximalen Geschwindigkeit laufen soll, gibt die elektronische Steuerung 28 die Regeleinrichtung 24 frei und übermittelt ihr gleichzeitig einen Referenzwert für die zu erreichende und die zu haltende Drehzahl der Ausgangswelle 6. Die Regeleinrichtung 24 beginnt nun, mit der Netzwechselspannung synchronisierte Triggerimpulse an dem Ausgang 23 abzugeben, wodurch der Triac 22 periodisch gezündet wird. Die relative Lage des Triggerimpulses zu dem Spannungsnulldurchgang der Netzschwingung definiert den Stromflußwinkel ϕ und damit den Mittelwert des fließenden Stromes, von dem

wiederum die Drehzahl des Motors 2 abhängig ist. Der Stromflußwinkel wird von der Regeleinrichtung 24 derart eingeregelt, daß die Getriebeausgangswelle 6 und das Rad 7 mit der vorgegebenen Drehzahl läuft, und zwar unabhängig von der Belastung. Gleichzeitig mit dem Ausgeben von Triggerimpulsen an den Triac 22 erhält auch die Ansteuerschaltung 17 an ihrem Eingang 32 ein entsprechendes Freigabesignal, womit auch sie beginnt, an ihrem Ausgang 18 Triggerimpulse an den Triac 16 zu liefern. Dadurch wird der Strom durch den Bremslüftemagneten eingeschaltet und die Bremseinrichtung 13 gegen die Wirkung der Vorspanneinrichtung gelüftet, damit die Bremsscheibe 11 und in der Folge auch der Motor 2 frei und ungehindert laufen können.

Die Art des Anfahrens ist im einzelnen in der älteren Patentanmeldung P 45..... beschrieben, auf die hier Bezug genommen wird.

Wenn sich das Fahrwerk mit dem Hebezeug seinem Ziel nähert, wird der Benutzer aus der schnellen Fahrgeschwindigkeit in die niedrige Fahrgeschwindigkeit umschalten, um mit langsamer Geschwindigkeit in die Zielposition einzufahren, damit er die Zielposition so genau wie irgend möglich erreicht. Solange der Zustand "F" vorgelegen hat, ist das in der elektronischen Steuerung vorhandene Programm ständig bei 35 in den in Fig. 2 gezeigten Programmabschnitt eingetreten und hat an einer Verzweigungsstelle 36 überprüft, ob der Zustand "F" vorliegt. Da definitionsgemäß dieser Fahrzustand eingeschaltet war, war die Abprüfung jedesmal wahr, womit das Programm umgehend bei 37 wieder verlassen wurde und in andere Programmteile eingetreten ist, die andere Steuerungsaufgaben übernehmen. Nach Abarbeitung dieser Steuerungsaufgaben ist das Programm periodisch jeweils wieder zu der Stelle 35 zurückgelangt. Die Zeiten bis zum Wiedereintritt an der Stelle 35 sind wegen der Synchronisation mit der Netzfrequenz zwangsläufig kleiner als 10 ms.

Sobald, wie angenommen, der Benutzer von dem Zustand "F" in den Zustand "D" umgeschaltet hat, war die Abfragebedingung in der Verzweigungsstelle 36 nicht mehr erfüllt, weshalb das Programm zu einer Verzweigung 37 weitergeschaltet hat. An dieser Stelle wird überprüft, ob der Zustand "D" vorliegt und ob der beim letzten Programmdurchlauf vorhandene Zustand "F" gewesen ist. Wenn die Bedingung erfüllt ist, fährt das Programm in einem Anweisungsblock 38 fort, in dem ein Timer auf eine vorbestimmte Wartezeit gesetzt wird. Diese Wartezeit liegt in der Praxis vorzugsweise zwischen 0 und 350 ms, kann aber auch bis zu 700 ms betragen. Nach dem Setzen des Zeitgliedes fährt das Programm unmittelbar an einem Anweisungsblock 39 fort. Hier wird der Referenzwert v_{soll} für die Geschwindigkeit, auf die die Regeleinrichtung 24 die Drehzahl des Motors 2 einregeln soll, gleich jener Drehzahl v_D gesetzt, die dem Fahren mit der niedrigen Geschwindigkeit entspricht.

Wie erläutert, hat der Benutzer aus der schnellen Fahrgeschwindigkeit in die langsame Fahrgeschwindigkeit zurückgeschaltet, was bedeutet, daß das Fahrwerk

abbremsen muß. Um dies zu erreichen, wird in einem Anweisungsblock 41 der Stromflußwinkel ϕ für den Triac 22 auf null gesetzt, was bedeutet, daß der Triac 22 in der nächsten Netzhalbperiode in der nächsten Netzhalbperiode keinen Triggerimpuls erhält und gesperrt bleibt. Die Timervariable w wird in einem Anweisungsblock 42 um ein vorbestimmtes Δ vermindert, um die gewünschte Stoppuhrfunktion zu bekommen.

In einem sodann erreichten Anweisungsblock 43 gibt die elektronische Steuerung 28 der Steuerschaltung 17 den Befehl, einen Zündimpuls an den Triac 16 abzugeben, damit die Bremse, wie im vorherigen Fahrbetrieb, geöffnet bleibt. Zur Vereinfachung der Erläuterung wird angenommen, daß keine anderen Programmteile durchlaufen werden, weshalb das Programm nach dem Anweisungsblock 43 netzsynchron zu dem Eingang vor der Verzweigungsstelle 36 zurückkehrt.

Weil der Benutzer nachwievorn mit der langsamen Geschwindigkeit weiterfahren will, bleibt der Zustand D bestehen, d.h. die Abfrage an der Verzweigungsstelle 36 läßt das Programm zu der Verzweigungsstelle 37 weiterlaufen. Da die Verzweigungsstelle 37 jetzt bereits zum zweiten Mal durchlaufen wird bzw. der vorherigen Durchlauf enthaltene Zustand nicht mehr F sondern D gewesen ist, wird die Timervariable w in dem Block 38 nicht mehr zurückgesetzt, sondern sie bleibt auf ihrem im Block 42 aktualisierten Wert und das Programm geht anstatt über den Anweisungsblock 38 zu einer Verzweigungsstelle 44, an der geprüft wird, ob der Zustand D vorliegt. Wenn dies der Fall ist, wird in einer nachfolgenden Verzweigungsstelle 45 abgefragt, ob die Zeitvariable w für die Stoppuhrfunktion noch größer als Null ist und wenn ja, kommt das Programm nun zu dem Anweisungsblock 39, der beim vorhergehenden Durchlauf aus dem Anweisungsblock 38 erreicht wurde. Nach dem Abarbeiten des Anweisungsblocks 39 sowie der nachfolgenden Anweisungsblöcke 41, 42 und 43 kehrt das Programm zu dem Eingang vor der Verzweigungsstelle 36 zurück (der Einfachheit halber sei angenommen, daß zwischen Verlassen des Blockes 43 und der Rückkehr zu der Verzweigungsstelle 36 keine anderen Programmteile durchlaufen werden, die mit der Erfindung etwas zu tun haben).

Bei dem nun folgenden dritten Durchlauf verhält sich das Programm wie beim vorhergehenden Durchlauf. Dieses Verhalten bleibt solange bestehen, bis die inkremental in dem Anweisungsblock 42 zurückgezählte Zeitvariable null oder kleiner null geworden ist. Das Programm wird dann an der Verzweigungsstelle 45 zu einer Verzweigungsstelle 46 übergehen, weil zwar die Bedingung, daß der Zustand "D" vorliegt, noch erfüllt ist, aber die Zeitvariable zwischenzeitlich kleiner als null geworden ist.

Ersichtlicherweise hat bis zum Ablauf der Zeitfunktion die Ansteuerschaltung 17 den Befehl erhalten, weiterhin Triggerimpulse an den Triac 16 abzugeben, damit die Bremseinrichtung 13 geöffnet bleibt.

Nach dem Ablauf der Stoppuhrfunktion, realisiert mit Hilfe der Variablen w , wird an der Verzweigungsstelle 46 überprüft, ob die tatsächliche Geschwindigkeit größer ist als die Referenzgeschwindigkeit v_{soll} zuzüglich einem vorgegebenen Wert Δ . Dieser Wert Δ entspricht, umgerechnet in die Drehzahl des Motors 2, etwa 500 U/min.

Da bis zum erstmaligen Erreichen der Verzweigungsstelle 46 das Fahrwerk nur mit der Rollreibung und den Verlusten in dem Getriebe 5 gebremst hat, wird beim ersten Erreichen der Verzweigungsstelle 46 die Ist-Geschwindigkeit noch größer sein als die Sollgeschwindigkeit zuzüglich Δ . Das Programm geht deswegen zu dem Anweisungsblock 47. An dieser Stelle gibt die elektronische Steuerung 28 der Ansteuerschaltung 17 den Befehl, keinen Triggerimpuls an den Triac 16 abzugeben, damit der Bremslüftemanget beginnt, sich zu entgrenzen und die Bremse gegen die Wirkung der Feder nicht mehr geöffnet gehalten werden kann.

Nach dem Anweisungsblock 47 kehrt das Programm wiederum zu dem Eingang vor der Verzweigungsstelle 36 zurück. Der soeben beschriebene Durchlauf von der Verzweigungsstelle 36 bis zu dem Anweisungsblock 47 wird sehr viele Male durchlaufen, was einerseits bedeutet, daß während der Durchläufe irgendwann die Bremseinrichtung 13 wirklich zuge-spannt ist und nennenswert die Bremsscheibe 11 abbremst, damit eine deutliche Verzögerung des Fahrwerks zustandekommt. Die Geschwindigkeit des Fahrwerks wird folglich sehr rasch abnehmen und nach einem der Durchläufe wird die Bedingung $v_{\text{ist}} > v_{\text{soll}} + \Delta$ nicht mehr erfüllt sein. Damit geht das Programm nicht mehr zu dem Anweisungsblock 47, sondern zu der Verzweigungsstelle 48 und prüft, ob die Ist-Geschwindigkeit inzwischen unter die Soll-Geschwindigkeit abgesunken ist. Wenn dies nicht der Fall ist, weist das Programm an einem Anweisungsblock 49 die Ansteuerschaltung 17 wieder an, künftig Triggerimpulse für den Triac 16 abzugeben. Der Bremslüftemagnet wird dadurch erregt und die entsprechenden Bremsglieder werden von der Bremsscheibe 11 abgehoben, womit die Bremswirkung an der Bremsscheibe 11 verschwindet. Dieses Verschwinden der Bremswirkung wird wegen der endlichen Ansprechzeit der Bremseinrichtung 13 auch über mehrere Programmdurchläufe erfolgen. Praktische Werte für die Ansprechzeit der Bremse liegen bei ca. 100 ms, was bei einer angenommenen Netzfrequenz von 50 Hz zehn Programmdurchläufen entspricht.

In der Konsequenz bedeutet dies, daß die Bremse wieder gelüftet wird, noch bevor die niedrige Geschwindigkeit erreicht wird. Das Fahrwerk wird demzufolge nicht mit der Verzögerung in die niedrige Geschwindigkeit übergehen, die der zugespannten Bremse entspricht, sondern mit einer Verzögerung, die der Rollreibung des Fahrwerks auf der Schiene 8 entspricht zuzüglich der in dem Fahrtrieb enthaltenen mechanischen Verluste. Zu diesem Zweck geht das Programm an der Verzweigungsstelle 48 solange über den Anwei-

sungsblock 49, bis mit Hilfe des Sensors 27 festgestellt wird, daß der Grenzwert für die niedrige Geschwindigkeit unterschritten ist. Ab diesem Zeitpunkt verläßt das Programm die Verzweigungsstelle 48 über den Anweisungsblock 51, an dem der Stromflußwinkel ϕ auf einen von null verschiedenen, fest vorgegebenen Wert gesetzt wird. Dieser fest vorgegebene Wert ist kleiner als jener Stromflußwinkel, der aufgrund empirischer Versuche notwendig ist, damit das Fahrwerk mit der niedrigen Sollgeschwindigkeit fährt.

Außerdem wird eine Variable, deren Abprüfung in dem gezeigten Programm nicht dargestellt ist, so gesetzt, daß das in Fig. 2 gezeigte Programm erst wieder durchlaufen wird, wenn entweder der Zustand "D" verschwindet, und auch der Zustand "F" nicht vorliegt, oder wenn der Zustand "D" nach dem Umschalten in den Zustand "F" wiederkehrt.

Der Vollständigkeit halber soll noch das Verhalten des Programms für den Fall erläutert werden, daß der Benutzer aus der schnellen Geschwindigkeit unmittelbar anhalten will, also weder der Zustand "F" noch der Zustand "D" mehr vorliegt. Das Programm geht unter diesen Umständen an der Verzweigungsstelle 44 zu einem Anweisungsblock 52, der bewirkt, daß der Stromflußwinkel ϕ auf null gesetzt wird, entsprechend einem Gesperrthalten des Triacs 22. Danach wird umgehend an einem Anweisungsblock 53 die Ansteuerschaltung 17 veranlaßt, die Abgabe von Triggerimpulsen an ihren Triac 16 zu unterbrechen, damit die Bremse zuspinnen kann.

Der beschriebene elektrische Antrieb kann auch dahingehend modifiziert werden, daß nach dem Wechsel von "F" nach "D" unmittelbar nach der Abfrage 44 zu der Abfrage 46 gegangen wird und sich an den Anweisungsblock 47 die beschriebenen Anweisungsblöcke 39 und 41 anschließen.

Der Vorteil des beschriebenen zeitlichen Ablaufs besteht darin, daß zumindest am Ende der Bremsphase in eine geringe Verzögerung zurückgeschaltet wird, womit der Übergang vom Bremsen in das Fahren mit konstanter Geschwindigkeit weniger ruckartig ist. Weil jeder Ruck eine Pendelbewegung der angehängten Last verursacht, ist bei vermindertem Rucken entsprechend auch die Pendelbewegung geringer. Schließlich hat die Anordnung den Vorteil, daß nach dem Bremsen mit zugespannter Bremse eine Freilaufphase kommt, die einer geöffneten Bremse, jedoch einem stromlosen Motor 2 entspricht, damit die Möglichkeit besteht, Pendelenergie zum Vortreiben des Fahrwerks zu verwenden, um dadurch die Pendelung zu dämpfen, vorausgesetzt selbstverständlich, es entsteht eine günstige Phasenlage der Pendelschwingung am Ort des Umschaltens in den Freilaufbetrieb.

Das Wiedereinschalten des Triacs 22 mit einem verhältnismäßig großen Stromflußwinkel ϕ verhindert ein unnötiges Absacken der Fahrgeschwindigkeit, das zustandekommt, wenn zur Fahrgeschwindigkeitsstabilisierung in der Regeleinrichtung 24 ein Integralregler vorhanden ist. Diese Integralregler haben eine relativ

hohe Zeitkonstante und es würde ohne die Umschaltung auf den vorgegebenen Phasenwinkel zu lange Zeit nötig sein, bis der Integralregler einen Stromflußwinkel für den Triac 22 generiert, bei dem vom Motor 2 eine hinreichende Vortriebsenergie kommen kann. Wäre hingegen der Stromflußwinkel ϕ , mit dem die Regelung für den Motor 2 wieder eingeschaltet wird, größer als der Stromflußwinkel, der notwendig ist, um den Motor 2 mit einer Geschwindigkeit laufen zu lassen, die größer ist als die gewünschte langsame Geschwindigkeit, würde sich der Bremsweg unnötig verlängern, was die Positionierung des Fahrwerks für den Benutzer unnötig schwer macht. Das System reagiert gleichsam träge auf die seitens des Fahrers gegebenen Fahrbefehle.

Ein elektrischer Antrieb für das Fahrwerk eines Hebzeugs enthält eine Steuerung, die das Einschalten der mechanischen Bremse und das Ab- bzw. Wiedereinschalten des Motorstroms steuert. Dabei ist vorgesehen, daß bei einem Umschalten aus der schnellen Eilgeschwindigkeit in die langsame Rangiergeschwindigkeit die mechanische Bremse bereits geöffnet wird, noch ehe die langsame Rangiergeschwindigkeit vollständig erreicht oder unterschritten ist. Während dieser Phase wird das Fahrwerk lediglich mit der inneren Reibung und der Rollreibung auf der Schiene verzögert, um keine oder keine zusätzliche Lastpendelung zu induzieren.

Patentansprüche

1. Elektrischer Antrieb (1) für Räder (7) aufweisende Fahrwerke von Hebezeugen,
 - mit einem Motor (2), der getrieblich mit wenigstens einem Rad (7) des Fahrwerks verbunden ist,
 - mit wenigstens einer einem der Räder (7) zugeordneten Bremse (11,13), die durch Signale zwischen einem betätigten und einem nicht betätigten Zustand hin- und her zu schalten ist,
 - mit einer Signalgeberanordnung (34), die drei Zustände aufweist, von denen der erste dem Anhalten des Fahrwerks, der zweite (D) dem Fahren mit einer niedrigen Geschwindigkeit und der dritte (F) dem Fahren mit einer hohen Geschwindigkeit entspricht,
 - mit einer elektronischen Steuerung (28), an die die Signalgeberanordnung (34) angeschlossen ist und die einen in einer Stromzuleitung (21) zu dem Motor (2) liegenden elektrisch steuerbaren Schalter (22) und ein Steuerorgan (16) für die Bremse (11,13) betätigt, und
 - mit einem Geschwindigkeitsgeber (27), der der elektronischen Steuerung (28) Informationen über die Geschwindigkeit des Fahrwerks liefert, wobei die elektronische Steuerung (28) die Bremse (11,13) derart betätigt, daß nach einem Wechsel des Zustands der Signalgeberanordnung (34) aus dem dritten (F) in den zweiten (D) Zustand die Stromzufuhr zu dem Motor (2) abgeschaltet und die Bremse (11,13) nach dem Betätigen im Sinne des Öffnens angesteuert wird, sobald die Geschwindigkeit kleiner ist als ein Referenzwert, der einer Geschwindigkeit entspricht, die größer als die niedrige Geschwindigkeit ist.
2. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Umschalten aus dem dritten (F) in den zweiten (D) Zustand die Bremse (11,13) ohne zusätzliche Verzögerung im Sinne eines Zuspännens angesteuert wird.
3. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Umschalten aus dem dritten (F) in den zweiten Zustand (D) die Bremse (11,13) mit einer zusätzliche Verzögerung im Sinne eines Zuspännens angesteuert wird.
4. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, der Motor (2) erst nach dem Erreichen der niedrigen Geschwindigkeit wieder mit Strom versorgt wird.
5. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Wiedereinschalten der Strom einen Mittelwert oder eine Frequenz aufweist, der oder die kleiner ist als es zum Fahren mit der niedrigen Geschwindigkeit erforderlich ist.
6. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Motor (2) eine an die Drehzahlgeberanordnung (27) angeschlossenen Motorstromregleinrichtung (24) zugeordnet ist, durch die der Motorstrom hinsichtlich der Amplitude oder Frequenz im Sinne eines Konstanthaltens einer vorgegebenen Motordrehzahl steuerbar ist.
7. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorstromregleinrichtung (24) zwei Zustände aufweist, daß die Motorstromregleinrichtung (24) in dem einen Zustand (D) den Motorstrom hinsichtlich der Amplitude oder Frequenz im Sinne eines Konstanthaltens der niedrigen Geschwindigkeit und in dem anderen Zustand (F) hinsichtlich der Amplitude oder Frequenz im Sinne eines Konstanthaltens der hohen Geschwindigkeit steuert.
8. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß erst beim Erreichen oder Unterschreiten der niedrigen Geschwindigkeit die Motorstromregleinrichtung (24) in den Zustand

der Stabilisierung der niedrigen Geschwindigkeit umgeschaltet wird.

9. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor (2) eine Freilaufcharakteristik aufweist. 5
10. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Motor (2) und dem von dem Motor (2) angetriebenen Rad (7) ein Freilauf enthalten ist. 10
11. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor (2) ein Motor mit der Kennlinie eines Hauptschluß-Universalmotors ist. 15
12. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorstromregleinrichtung (24) eine Phasenanschnittsteuerung enthält. 20
13. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremse (11,13) eine mechanische Bremse ist. 25

25

30

35

40

45

50

55

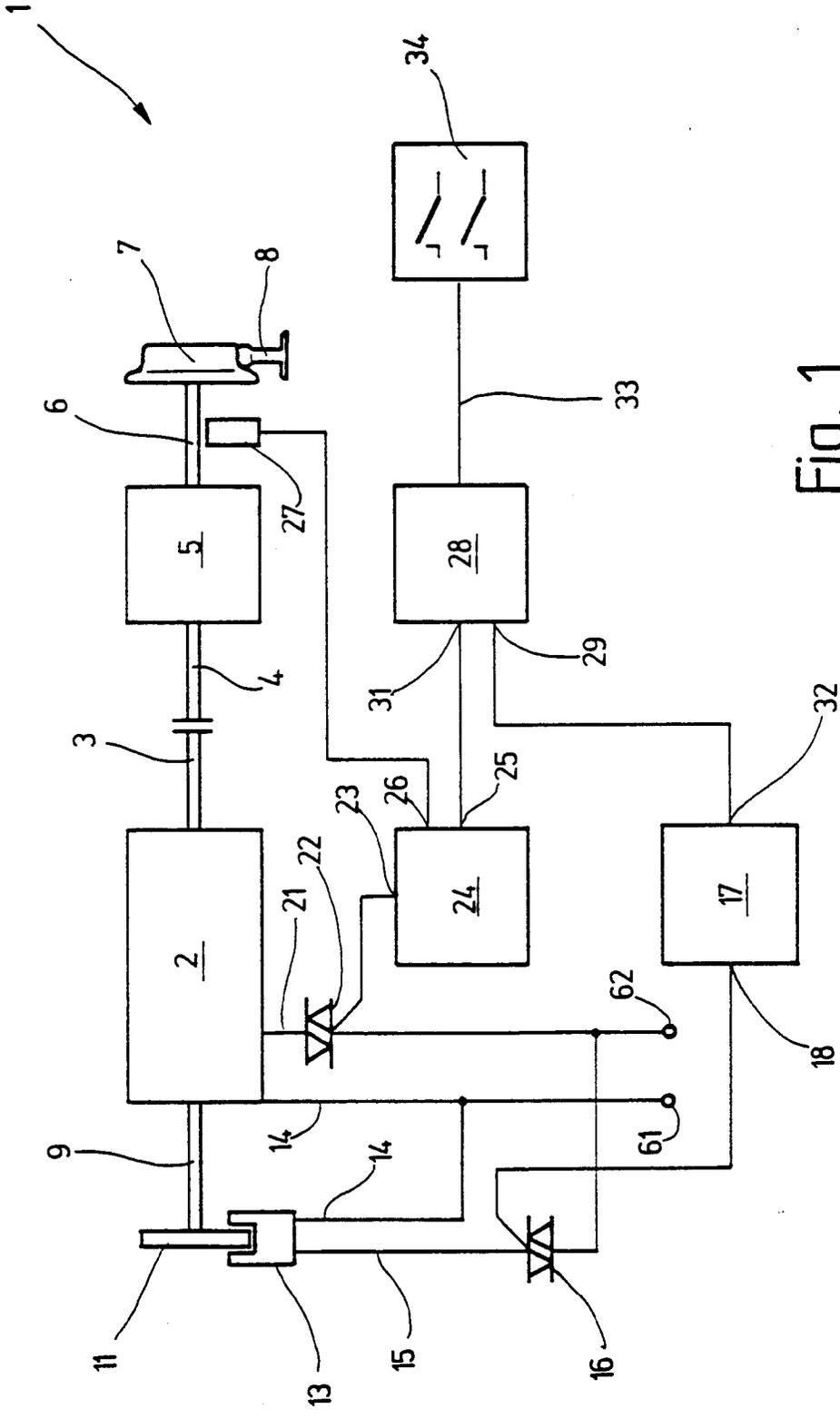


Fig. 1

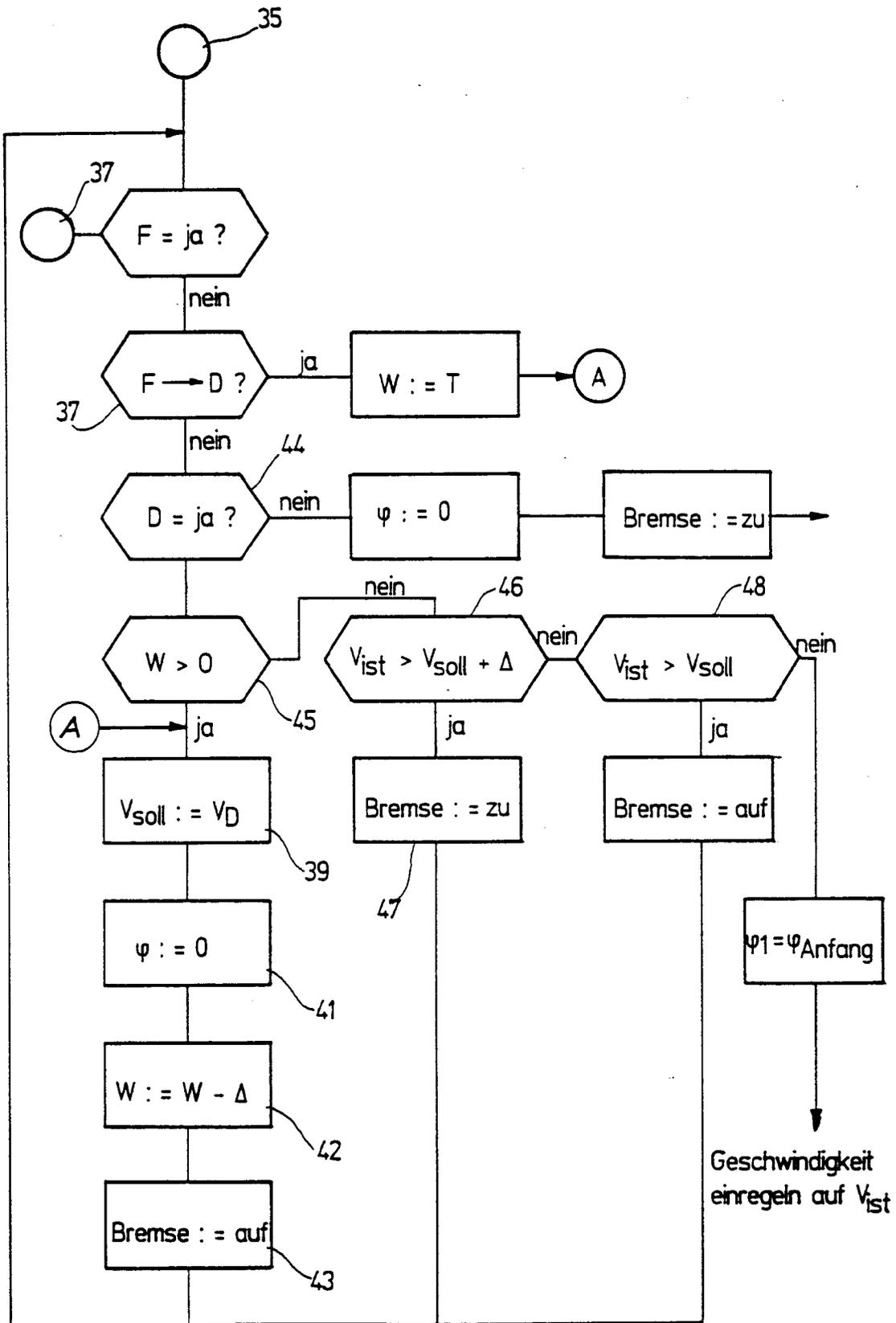


Fig. 2