

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 733 580 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.09.1996 Patentblatt 1996/39

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

(21) Anmeldenummer: 96103256.2

(22) Anmeldetag: 02.03.1996

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

(30) Priorität: 21.03.1995 DE 19510167

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

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

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

(54) **Fahrwerk mit Pendeldämpfung**

(57) Ein Fahrtrieb für ein Katzfahrwerk von Hebezeugen weist einen Antriebsstrang (1, 3, 9) auf, der bezüglich der Fahrrichtung eine Freilaufcharakteristik zeigt. Dies hat zur Folge, daß eine Lastpendelung schnell herausgedämpft werden kann, weil während der Halbschwingung der Lastpendelung, in der die Last

dem Fahrwerk vorausseilt, keine Konstanthaltung des Fahrwerks aufgezwungen wird. Vielmehr ist die pendelnde Last in der Lage, das Fahrwerk beschleunigend hinter sich herzuschleppen und auf diese Weise Pendelenergie in Fahrenergie umzusetzen.

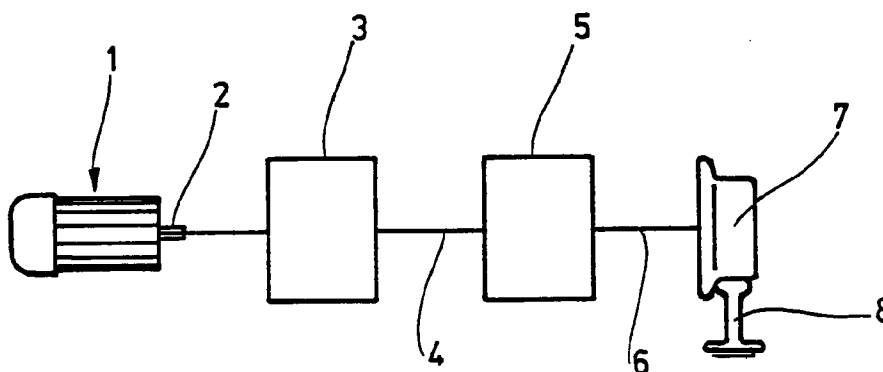


Fig. 1

EP 0 733 580 A2

Beschreibung

Aus der Praxis ist es bekannt, Fahrwerke von Hebezeugen mit Asynchronmotoren auszurüsten, wenn es darum geht, daß die Hebezeuge kraftgetrieben längs einer Fahrschiene laufen können. Asynchronmotoren laufen mit im wesentlichen konstanten Drehzahlen und sie haben in der Regel auch ein verhältnismäßig starkes Anfahrmoment, das zu einer ruckartigen Beschleunigung beim Anfahren des Fahrwerkes führt. Diese starke Beschleunigung ist solange nicht störend, wie die Kette des Hebezeugs nicht nennenswert ausgefahren, d.h. die Last nicht nennenswert abgesenkt ist. Problematisch wird die Sache dann, wenn mit über eine lange Kette abgesenkter Last angefahren werden muß.

Das mit einem Asynchronmotor ausgerüstete Fahrwerk beschleunigt schnell und geht nach kurzer Fahrstrecke in eine konstante Fahrgeschwindigkeit über. Die Folge der ruckartigen Beschleunigung des Fahrwerkes ist, daß die Last, die an der weit ausgefahrenen Kette hängt, ins Pendeln gerät und das Pendeln auch dann nicht aufhört, wenn das Fahrwerk sich mit konstanter Geschwindigkeit weiterbewegt. Die Bewegung der Last kann in zwei Komponenten zerlegt werden, nämlich eine gleichförmige Bewegung in Fahrtrichtung und eine schwingende Bewegung, die bestrebt ist abwechselnd das Fahrwerk zu verzögern oder zu beschleunigen. Wegen der harten Kennlinie des Asynchronmotors kann das Fahrwerk dieser durch die Pendelbewegung induzierten Kraft nicht folgen, weshalb das Fahrwerk für die Pendelbewegungskomponente wie eine starre ortsfeste Aufhängung wirkt.

Es sind deswegen in der Praxis schon eine Reihe von Vorschlägen gemacht worden, um den Asynchronmotor in der Drehzahl zu regeln, damit das Pendeln entweder möglichst vermieden oder soweit wie möglich gedämpft wird. Der meßtechnische Aufwand, der hierzu notwendig ist und auch die Regelungseinrichtungen sind sehr aufwendig.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein Fahrwerk für Hebezeuge zu schaffen, das bei geringerem Aufwand ein weniger starkes Pendeln der an dem Tragorgan hängenden Last hervorruft bzw. die Lastpendelung rasch dämpft.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Fahrwerk mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

Bei einem Antriebssystem mit Freilaufcharakteristik kann das Fahrwerk der Pendelbewegung folgen, weil beim Vorwärtsschwingen der Last das Fahrwerk der Last folgen kann. Diese Eigenschaften des Antriebssystems gestatten es, die Pendelenergie in Fahrenergie umzusetzen, womit nach verhältnismäßig kurzer Wegstrecke das Lastpendeln zur Ruhe gekommen ist und sich die Last mit derselben Geschwindigkeit bewegt wie das Fahrwerk.

Die Vorgänge, die bei der neuen Lösung zu einer schnellen Dämpfung der Lastpendelung führen, sind noch allerdings nicht vollständig geklärt. Folgender Wirkzusammenhang wird vermutet:

Wenn bei ruhender Hakenlast das Fahrwerk durch den Motor beschleunigt wird, hat sich das Fahrwerk aus der Ruhelage bereits ein nennenswertes Stück entfernt, ehe auch die am Haken hängende Last in Fahrtrichtung beschleunigt wird. Wenn hierbei eine ruckartige Beschleunigung aus dem Stillstand entsteht, wird durch die ruckartige Beschleunigung eine Lastpendelung induziert. Infolge der Lastpendelung wird nach einer bestimmten Fahrstrecke des Fahrwerkes die Last bestrebt sein, dem Fahrwerk vorauszuweichen, d.h. die pendelnde Last zieht nun ihrerseits das Fahrwerk und versucht es zu beschleunigen. Im Gegensatz zu einfachen Asynchronmotoren kann das mit dem neuen Antriebssystem ausgerüstete Fahrwerk dieser durch die Lastpendelung hervorgerufenen Beschleunigung folgen. Die in der pendelnden Last steckende Energie wird auf diese Weise in Fahrenergie umgesetzt, die das Fahrwerk in Bewegung hält. Erst wenn die Fahrgeschwindigkeit des Fahrwerkes wieder unter den Sollwert sinkt, wird das Antriebssystem wieder für den Vortrieb des Fahrwerkes sorgen, wobei allerdings ein wesentlicher Teil der Pendelenergie bereits in Antriebsenergie umgesetzt ist. Auf diese Weise wird praktisch beim ersten Überholen des Fahrwerkes durch die Last die Lastpendelung bereits weitgehend gedämpft.

Eine solche Antriebscharakteristik kann entweder mittels eines Asynchronmotors mit Freilauf oder mit Hilfe eines Motors mit Hauptschlußcharakteristik erreicht werden. Dies deshalb, weil der Motor mit Hauptschlußcharakteristik nicht als Bremse wirken kann, denn es gibt keine Drehzahl, bei der eine generatorische Wirkung zustande kommen kann, solange nicht die Polarität zwischen Anker und Feldwicklung geändert wird.

Außerdem hat der im Hauptschlußbetrieb arbeitende Universalmotor eine sehr weiche Drehzahlmomentkennlinie.

Unterstützend kommt hierbei noch hinzu, daß die den Universalmotor auf konstante Drehzahl regelnde elektronische Steuerung die Stromversorgung für den Universalmotor drosselt oder abschaltet, wenn der Universalmotor infolge der Lastpendelung auf Drehzahlen gebracht wird, die über der Solldrehzahl liegen.

Abgesehen von diesen Effekten ist bei einem Fahrwerk mit geregelter Universalmotor als Antrieb die Lastpendelung ohnehin vermindert, denn diese Art des Antriebs verringert ruckartige Beschleunigungen.

Die Flexibilität des Fahrtriebes kann weiter gesteigert werden, wenn die Schalteranordnung wenigstens einen dritten Schaltzustand aufweist, in dem die Stromzufuhr zu dem Motor möglich ist. Diesem dritten Schaltzustand kann entweder eine weitere starre Fahrgeschwindigkeit oder der Betriebszustand "Beschleunigen" zugeordnet werden. Somit ist das Fahrwerk dann wenigstens mit zwei unterschiedlichen Geschwindigkeiten festgelegter Größe oder aber auch mit einer bis zu einer Maximalgeschwindigkeit zu erhöhenden stufenlosen Geschwindigkeitseinstellung zu betreiben.

Mit jeder Art von Motor kann bei Bedarf auch die Fahrtrichtung umgekehrt werden, wenn das Fahrwerk einen bidirektionalen Fahrbetrieb aufweisen soll. In diesem Falle ist die Schalteranordnung entweder mit nur einem oder mit zwei weiteren Schaltstellungen ausgerüstet, damit in jeder Fahrtrichtung dieselben Möglichkeiten hinsichtlich der Fahrgeschwindigkeit zur Verfügung stehen.

Die Schalteranordnung kann von Ferne aus einer übergeordneten Prozeßsteuerung bedient werden, beispielsweise wenn das Hebezeug in einer weitgehend automatisierten Anlage fährt oder aber es besteht die Möglichkeit, die Schalteranordnung über ein manuell zu bedienendes Betätigungsorgan in die verschiedenen Schaltstellungen zu überführen. Im letzteren Falle handelt es sich um eine Tastschalteranordnung, wie sie üblicherweise in Steuerbirnen von Hebezeugen Anwendung findet.

Gleichgültig, ob eine nur in Stufen oder stufenlos veränderbare Fahrgeschwindigkeit möglich ist, hat das Fahrwerk oder der Motor einen Drehzahlsensor, der an die elektronische Steuerung angeschlossen ist und der der elektronischen Steuerung ein der Fahrgeschwindigkeit proportionales Signal überliefert.

Zur Steuerung des Hauptschlußmotors kommen grundsätzlich zwei verschiedene Ansteuersysteme in Frage. Das eine besteht in einer sogenannten Phasenanschnittsteuerung, die vorteilhafterweise dann verwendet wird, wenn der Motor aus einem Wechselstromnetz ohne vorherige Gleichrichtung gespeist werden soll. Die andere Möglichkeit besteht in einem pulsweitenmodulierten Steller, der allerdings entweder am Eingang oder in einem Zwischenkreis ein Gleichspannungssignal benötigt. Die Drehzahleinstellung des Motors geschieht dann entweder, indem der Phasenanschnitt- oder Zündwinkel bei der Phasenanschnittsteuerung verändert wird oder das Tastverhältnis bei einer Pulsweitenmodulation. Dabei kann die Phasenanschnittsteuerung im weitesten Sinne auch als eine Art Pulsweitenmodulation mit fester Taktfrequenz angesehen werden, die durch die Netzfrequenz vorgegeben ist. Mit dem Gleichstellungssteller mit Pulsweitenmodulation können dagegen höhere Taktfrequenzen erreicht werden, was gegebenenfalls von Vorteil sein kann, wenn es darum geht, die impulsförmige Netzbelastung zu vermindern.

Die Regelung der Motordrehzahl bei einem Motor mit Hauptschlußcharakteristik kann entweder mit Hilfe eines Proportionalreglers oder mit Hilfe eines Integralreglers erfolgen. Letzterer hat den wesentlichen Vorteil, daß bei Ausregelung kein Restfehler verbleibt.

Obwohl der Regler jederzeit mit Hilfe von diskreten physikalischen Bauelementen aufgebaut werden kann, ist es zweckmäßig, den Regler auf der Basis eines Mikroprozessors zu implementieren, was bedeutet, daß der Regler selbst inkremental arbeitet. Allerdings lassen sich mit einem solchen digital implementierten Regler Regelcharakteristiken erzeugen, die mit diskreten Bauelementen nicht oder nur außerordentlich schwer

umzusetzen sind. Insbesondere gelingt es mit Hilfe eines Digitalreglers, bestimmte unangenehme Eigenschaften von Integralreglern, wie langsames Ansprechen bzw. Starten mit dem falschen Anfangswert, leicht zu eliminieren.

So hat es sich beispielsweise als vorteilhaft erwiesen, wenn dem Regler ein Anfangswert zugeordnet ist, der zwangsläufig zur Wirkung kommt, wenn das Fahrwerk aus dem Stillstand angefahren wird. Dieser Anfangswert muß nicht notwendigerweise identisch sein mit denjenigen Schritten, um die der Wert des Reglers bzw. der Zustand des Reglers inkrementiert wird, wenn nach dem ersten Einschalten des Betriebs die gewünschte Regelung im Sinne einer Konstanthaltung der Drehzahl bzw. dem Erreichen einer gewünschten Drehzahl aktiviert ist.

Da für gewöhnlich der Stromflußwinkel schneller größer wird als das Fahrwerk beschleunigen kann, wird beim Erreichen der Nennndrehzahl der Stromflußwinkel größer sein als es zur Konstanthaltung dieser erreichten Drehzahl notwendig ist. Um ein starkes Überschießen der Fahrgeschwindigkeit zu unterdrücken, das durch die Zeitkonstante des Reglers verursacht werden kann, wird zweckmäßigerweise der Zustand des Reglers nach dem ersten Überschreiten der Sollgeschwindigkeit um einen Wert zurückgenommen, der wiederum zweckmäßigerweise größer ist als der Inkrementalwert, mit dem der Regler sonst im Normalbetrieb arbeitet.

Anders ausgedrückt, der Regler arbeitet mit anderen oder größeren Sprüngen als im Normalbetrieb, wenn eine Betriebssituationsänderung eintritt, die letztlich durch eine Änderung der Schalterstellung verursacht ist.

Wenn das Fahrwerk mit einer weitgehend stufenlos einstellbaren Fahrgeschwindigkeit arbeiten soll, wird ein Sollwertgeber verwendet, der je nach Schalterstellung andere Werte annehmen kann. Im Falle der Beschleunigung aus dem Stillstand oder einer bestehenden Fahrgeschwindigkeit wird der Sollwertgeber auf einen Wert gesetzt, der der maximal möglichen oder einer größeren Geschwindigkeit entspricht. Sobald der Benutzer oder das das Hebezeug in einer höheren Hierarchieebene steuernde System erkennt, daß die gewünschte Fahrgeschwindigkeit erreicht ist, wird der Wert des Sollwertgebers auf den aktuellen Geschwindigkeitswert umgesetzt, so daß sich der Regler fortan an diesem Sollwert orientieren kann, bis die nächste Verstellung angeordnet wird. Sinngemäß das gleiche gilt natürlich auch im Falle der Verzögerung, d.h. der Verminderung der Fahrgeschwindigkeit in Richtung auf eine niedrigere Geschwindigkeit.

Im übrigen sind Weiterbildungen der Erfindung Gegenstand von Unteransprüchen.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung für ein Fahrwerk mit Asynchronmotor, um Pendelungen der Last weitgehend zu unterdrücken,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung für ein Fahrwerk mit Motor mit Hauptschlußcharakteristik, um Pendelungen der Last zu unterdrücken,

Fig. 3 ein Schaltbild für das Antriebssystem nach Fig. 2,

Fig. 4 ein Flußdiagramm für die Steuerung des Fahrwerks nach Fig. 2 und

Fig. 5 Diagramme für den Stromflußwinkel und die Fahrgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Betriebssituationen.

Fig. 1 zeigt in einer Prinzipdarstellung eine mechanische Ausführungsform eines Antriebssystems für das Fahrwerk eines Hebezeugs, beispielsweise ein Katzfahrwerk, wie es bei flurfreien Fördereinrichtungen verwendet wird. Das Antriebssystem weist einen lediglich in einer Richtung laufenden Asynchronmotor 1 auf, dessen Ausgangswelle 2 mechanisch mit einem schematisch dargestellten Freilauf 3 gekuppelt ist. Ausgangsseitig ist der Freilauf 3 mit einer Eingangswelle 4 eines Untersetzungsgetriebes 5 verbunden, dessen Ausgangswelle 6 wiederum mit einem der Antriebsräder 7 drehfest gekuppelt ist. Das Antriebsrad 7 läuft auf einer schematisch gezeigten Fahrschiene 8.

Die Wirkungsweise der beschriebenen Antriebseinrichtung ist wie folgt:

Wenn über einen nicht gezeigten Steuerschalter dafür gesorgt wird, daß der Antriebsmotor 1 mit elektrischer Energie versorgt wird, beginnt er sich zu drehen und zwar mit der konstruktiv vorgegebenen Drehrichtung. Er treibt dabei über den in dieser Richtung kraftschlüssig kuppelnden Freilauf 3, die Eingangswelle 4 des Getriebes 5 an, das daraufhin das Antriebsrad 7 in Bewegung setzt. In Folge des relativ großen Anlaufdrehmomentes des Asynchronmotors 1 wird das Fahrwerk relativ abrupt beschleunigt. Dieser starken Beschleunigung kann die an dem Lastaufnahmemittel in Gestalt eines Seils oder einer Kette hängenden Last nicht folgen, weshalb sie dem Fahrwerk zunächst nach-eilen wird. Nach einer von den Verhältnissen abhängigen Zeit erreicht der Asynchronmotor 1 seine Nenndrehzahl, was bedeutet, daß das Fahrwerk von nun an mit konstanter Geschwindigkeit längs der Fahrschiene 8 fahren wird. Die zunächst der Bewegung des Fahrwerks nacheilende Last bildet unter der mit konstanter Geschwindigkeit fahrenden Fahrwerk ein Pendel, das durch die ruckartige Anfahrbewegung ausgelenkt wird und der mit der ihm eigenen Zeitkonstante schwingt, die von der ausgefahrenen Länge des Lastaufnahmemittels und der Masse der angehängten Last abhängig ist. Entsprechend dieser Zeitkonstante wird nach einer entsprechenden Fahrstrecke des Fahrwerks die in Fahrrichtung pendelnde Last das Fahrwerk einholen, in dem Sinne, daß sich die Last unmittelbar unter dem Fahrwerk befindet. Bis zu diesem Zeitpunkt hat die pendelnde Last eine verzögernde Kraft auf das

Fahrwerk ausgeübt. Beginnend mit dem Augenblick, wo sich die Last unter dem Fahrwerk befindet und von nun an, da die Last im Sinne eines Vorseilens das Fahrwerk überholt, wird die Last eine Zugkraft auf das Fahrwerk ausüben, die bestrebt ist, das Fahrwerk zu beschleunigen.

Der Asynchronmotor 1 kann dieser Beschleunigung nicht folgen, weil er höchstens bis zur synchronen Drehzahl beschleunigen kann, die im praktischen Betrieb nur wenige Prozent unter der beim Antrieb des Fahrwerks auftretenden Lastdrehzahl liegt. Der Freilauf 7 kuppelt in dieser Betriebssituation aus und ermöglicht es so, dem Fahrwerk der nach vorne schwingenden Last zu folgen. Die nach vorne schwingende Last wird dabei einen Teil ihrer Pendelenergie als Vortriebsenergie in das Fahrwerk einspeisen. Die Folge ist, daß das von der Last gebildete Pendel im Umkehrpunkt nicht soweit von der Nullage, in der sich die Last unmittelbar unter dem Fahrwerk befinden würde, entfernt ist, wie dies der Fall wäre, wenn der Antriebsstrang zwischen dem Rad 7 und dem Motor 1 nicht ausgekuppelt hätte. In Folge des selbsttätigen Auskuppelns des Freilaufs 3 hat das von der Last nachgezogene Fahrwerk einen Teil der Pendelenergie aufgenommen.

Dadurch kann in wenigen Pendelzyklen die gesamte Pendelenergie herausgedämpft werden, ohne steuerungstechnische Maßnahmen zu benötigen. Die Pendeldämpfung erfolgt dabei jeweils beim Vorwärtsschwingung, d.h. derjenigen Hälfte der Schwingung, in der die Last bestrebt ist, dem Fahrwerk vorauszu-eilen, weil während dieser Halbwelle die Pendelenergie in Fahrenergie für das Fahrwerk umgesetzt wird. Der Motor 1 liefert während dieser Phase selbst keine Vortriebsenergie. Da das Pendel immer symmetrisch zur Nullage schwingen muß (es kann nicht ständig schräg im Raum stehen), ist die Amplitude im Rück-schwingung höchstens so groß wie die Amplitude beim zuletzt vorausgehenden Vorwärtsschwingung.

Ohne den im Antriebsstrang zwischen dem Motor 1 und dem Antriebsrad 7 befindlichen Freilauf 3 würde keine so wirksame Pendeldämpfung zustandekommen, denn dann wäre das Pendel gleichsam starr aufgehängt und könnte in seiner Aufhängung keine Energie übertragen. Anders dagegen bei der Verwendung des Freilaufes 3, wodurch eine Antriebsanordnung zustandekommt, die einem gedämpft aufgehängten Pendel entsprechen würde.

Die in Figur 1 gezeigte rein mechanische Lösung eignet sich vorzugsweise für Einschienenhängebahnen, bei denen die Fahrwerke längs einer geschlossenen Bahn immer in derselben Richtung fahren. Wenn eine Drehrichtungsumkehr erforderlich ist, müßte der Freilauf 3 in seiner Wirkungsrichtung entsprechend der Fahr-richtung umgekehrt werden und zwar so, daß eine in Fahr-richtung auf das Fahrwerk einwirkende Kraft in der Lage sein muß, das Fahrwerk tatsächlich unter Abkuppelung von dem Motor 1 zu beschleunigen.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der neuen Antriebseinrichtung, bei der mechanische Freilauf 3 gleichsam elektrisch nachgebildet ist.

Der Antriebsmotor bei der Ausführungsform nach Fig. 2 ist ein im Hauptschlußbetrieb arbeitender Universalmotor 9 bestehend aus einem Anker 11 und einer zugehörigen Feldwicklung 12. Der Anker 11 liegt mit einer Anschlußklemme an einem Phasenleiter 13 eines Wechselstromnetzes, während einer anderen Anschluß des Ankers 11 mit einem Ende der Feldwicklung 12 verbunden ist. Das andere Ende der Feldwicklung liegt über einen Triac 14 an einer anderen Phasenleiter 15 oder einem Nulleiter des Wechselstromnetzes. Der Anker 11 treibt eine Eingangswelle 16 eines Unteretzungsgetriebes 17, dessen Ausgangswelle 18 wiederum drehfest mit dem Antriebsrad 7 des Fahrwerkes verbunden ist.

Der Triac 14 wird mittels einer elektronischen Steuereinrichtung 19 gesteuert, deren Ausgang 21 Triggerimpulse an das Gate des Triac 14 liefert. Die Steuerung 19 weist einen Eingang 22 auf, der über eine Verbindungsleitung 23 mit einem Drehzahlgeber 24 verbunden ist. Der Drehzahlgeber 24 ist drehfest mit dem Anker 11 gekuppelt.

Die Betätigung der Steuerung 19 geschieht durch eine an einem Eingang 25 angeschlossene schematisch angedeutete Schalteranordnung 26. Diese Schalteranordnung 26 kann wahlweise eine manuell zu betätigende Tastschalteranordnung sein oder sie können auch Signale repräsentieren, die von einer übergeordneten Steuerung kommen und die Steuerung 19 betätigen bzw. steuern. Der Einfachheit halber sei angenommen, daß es sich um Handtaster handelt, die vom Benutzer des betreffenden Hebezeugs bedient werden.

Nachstehend ist die Arbeitsweise der Anordnung nach Fig. 2 erläutert und zwar unter der Annahme, daß die Schalteranordnung 26 lediglich zwei Schaltstellungen kennt, nämlich eine Neutral- oder Nullstellung und eine Fahrstellung.

In der Neutral- oder Nullstellung gibt die Steuerung 19 keine Triggerimpulse an den Triac 14 ab, weshalb der durch den Motor 9 führende Stromkreis unterbrochen bleibt.

Will der Benutzer das Fahrwerk des Hebezeugs in Gang setzen, betätigt er den Tastschalter 26, d.h. er bringt den Schalter in die Fahrstellung. Die Steuerung 19 bekommt dadurch an ihrem Eingang 25 ein entsprechendes Signal und beginnt von da an mit der Wechselspannung des Netzes synchronisierte Triggerimpulse in bekannter Weise an das Gate des Triac 14 zu liefern. Bei jedem ersten Zündimpuls für den Triac 14 geht dieser in den leitenden Zustand und bleibt leitend, solange bis die Netzwechselspannung und damit verbunden auch der Strom durch den Universalmotor 9 verschwindet. Der Triac 14 löscht zu diesem Zeitpunkt und bleibt während der nächsten Halbwelle solange gesperrt, bis er an seinem Gate einen erneuten Zündimpuls seitens der Steuerung 19 bekommt.

Die relative Lage der Zündimpulse gegenüber den jeweils vorausgehenden Nullstellen der Netzwechselspannung, auch Phasenanschnitt- oder Zündwinkel genannt, bestimmt welche Leistung der Universalmotor 9 dem Netz entnehmen kann. Die Steuerung 19 wirkt als Regler und regelt den Phasenanschnitt- oder Zündwinkel im Sinne einer Stabilisierung der Drehzahl des Universalmotors 9, wozu sie über den Drehzahlsensor 24 dessen Ankerdrehzahl erfaßt. Die Steuerung 19 ist somit im weitesten Sinne ein Regler, der bei entsprechendem Signal an seinem Eingang 25 die dem Universalmotor 9 zugeführte elektrische Leistung so einstellt, daß der Universalmotor 9 mit einer vorgegebenen Drehzahl läuft.

Wegen dieses Verhaltens der Steuerung 19 wird der Phasenanschnittwinkel für den Universalmotor 9 klein und folglich der Stromflußwinkel groß, wenn der Motor belastet wird und seine Drehzahl zu sinken droht bzw. umgekehrt wird der Phasenanschnittwinkel groß und damit der Stromflußwinkel klein, wenn die Drehzahl des Universalmotors 9 wegen einer Beschleunigung oder Entlastung steigen will.

Der angenommene Benutzer hat bei stillstehendem Fahrwerk den Tastschalter 26 in die Fahrstellung gebracht. Da die Steuerung 19 von dem Sensor 24 die Drehzahl Null gemeldet bekommt, wird sie den Triac 14 zunächst einmal mit einem sehr kleinen Phasenanschnittwinkel betreiben, damit der Universalmotor 9 viel elektrische Leistung dem Netz entnehmen kann, um das Fahrwerk zu beschleunigen. In dem Maße, in dem sich seine Drehzahl der Söldrehzahl nähert, beginnt die Steuerung 19 den Phasenanschnittwinkel zu vergrößern, was zu einer Verminderung der Leistungsaufnahme aus dem Netz erfolgt, solange bis die Nenndrehzahl erreicht ist.

Wie bereits oben beschrieben, wird wegen des Anfahrvorgangs die Last dem Fahrwerk nacheilen, d.h. das von der Last gebildete Pendel ist entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt. Sobald der Universalmotor 9 seine Nenndrehzahl erreicht hat, die mit Hilfe der Steuerung 19 eingeregelt wird, hört die weitere Beschleunigung der pendelnden Last auf. Die Pendelschwingung wird nun in Richtung der Fahrtrichtung erfolgen. Sobald dabei das von der Last gebildete Pendel seine Nulllage, bei der sich die Last unmittelbar vertikal unter dem Fahrwerk befindet oder mit anderen Worten das Lastaufnahmemittel parallel zum Schwerkraftvektor ausgerichtet ist, überschritten hat und beginnt nach vorne in Fahrtrichtung dem Fahrwerk voranzueilen, ist die Last bestrebt, das Fahrwerk hinter sich heranzuziehen. Die elektrischen Eigenschaften des im Hauptschlußbetrieb arbeitenden Universalmotors 9 in Verbindung mit der Steuerung 19 wirken jetzt wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 der Freilauf 3, indem sie es dem Fahrwerk ermöglichen, durch die Last angetrieben zu werden. Die voreilende Last will das Fahrwerk ziehen und führt so zu einer abtriebsseitigen Entlastung des Motors 9, der folglich weniger Antriebsenergie liefern muß.

Dieses Weniger an Antriebsenergie würde ohne Eingreifen der Steuerung 19 nicht wirksam werden, sondern der Universalmotor 9 würde bei Entlastung seine Drehzahl weiter erhöhen, wenn die Leistung zuvor aus dem Stromnetz konstant bleibt. Die Regelung durch die Steuerung 19 wirkt dem jedoch entgegen, in dem Sinne, daß sie den Phasenanschnittwinkel vergrößert, um eine solche Beschleunigung des Fahrwerks, die durch Zusammenwirken der nach vorne schwingenden Last und dem Antriebsmotor zustandekommen würde, zu verhindern. Da jetzt der Universalmotor 9 weniger Antriebsleistung bereitstellt, muß die zum Fahren notwendige Energie aus der Pendelenergie gespeist werden und außerdem läuft das Fahrwerk der Last nach, was bedeutet, daß das Pendel während der Phase des Vorwärtsschwungs gedämpft wird.

Wesentlich unterstützend wirkt dabei die Hauptschlußcharakteristik des Universalmotors 9, der eine hyperbolisch verlaufende Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie aufweist und bei dem es keine Grenzdrehzahl gibt, oberhalb der er als Generator und somit bremsend für das Fahrwerk wirken könnte. Jede Stabilisierung der Fahrgeschwindigkeit im Sinne eines Festklemmens der Fahrgeschwindigkeit würde die Pendeldämpfung verhindern. Da aber der Hauptschlußmotor nicht als eine solche Bremse wirken kann, ist die nach vorne in Fahrtrichtung schwingende, das Fahrwerk überholende Last in der Lage, das Fahrwerk hinter sich herzuschleppen, wodurch die nach vorne gerichtete Amplitude vermindert wird. Unter nach vorne gerichteter Amplitude ist dabei die im Umkehrpunkt auftretende Maximalauslenkung gegenüber der Nulllage zu verstehen. In der Nulllage befindet sich die Last unmittelbar unter dem Fahrwerk und das Lastaufnahmemittel, also das Seil oder die Kette, verläuft parallel zum Schwerkraftvektor.

Ein wesentlicher Vorteil der Anordnung nach Fig. 2 besteht darin, daß kein mechanischer Freilauf benötigt wird, sondern daß verhältnismäßig billige und wenig Platz erfordernde elektronische Bauteile verwendet werden, um die Freilaufcharakteristik nachzubilden. Die Fahrstrecken, die ein Katzfahrwerk während der Lebensdauer zurücklegen muß, sind nicht so groß, als daß der bei einem Universalmotor vorhandene Kommutator und dessen Lebensdauer eine Beeinträchtigung darstellen würde.

Ferner kann durch Hinzunahme eines weiteren Schaltersatzes jederzeit die Drehrichtung des Universalmotors geändert werden, womit Fahrten in beiden Richtungen möglich sind. Es genügt hierzu, wenn die Feldwicklung 12 wie in Fig. 3 gezeigt in bekannter Weise über eine Polwendeeinrichtung mit dem Anker 11 elektrisch verbunden wird, um die Drehrichtung des Universalmotors 9 zu ändern. Das Fahrwerk kann mit Hilfe einer solchen Ergänzung wahlweise in beide Richtungen in Gang gesetzt werden, wobei in beiden Richtungen die pendeldämpfenden Eigenschaften des neuen Antriebskonzeptes wirksam werden.

Schließlich besteht ein wesentlicher Vorteil der Anordnung nach Fig. 2 darin, daß auf vergleichsweise

einfacher Weise Fahrwerke mit mehreren Geschwindigkeiten oder auch stufenloser Geschwindigkeitseinstellung realisiert werden können, wie dies nachstehend erläutert ist.

Hierzu sei angenommen, daß die Steuerung 19 ein Mikroprozessor ist, der in der Lage ist, die gewünschten netzsynchronen Zündimpulse an seinem Ausgang 21 an den Triac 14 zu liefern, und der außerdem über seinen Eingang 25 an einen Schaltersatz angeschlossen ist. Dieser Schaltersatz hat, wie vorher eine Neutral- oder Nullstellung, eine erste Schaltstellung, die einer Schleichgeschwindigkeit entspricht, und eine zweite Schaltstellung, die der Eilgeschwindigkeit entspricht, wobei bei beiden Schalterstellungen das Fahrwerk in derselben Richtung läuft. Darüberhinaus gibt es eine dritte und eine vierte Schalterstellung, die dazu dienen, das Fahrwerk in der umgekehrten Richtung mit der Normal- oder der Eilgeschwindigkeit zu bewegen.

Fig. 3 zeigt das zugehörige Prinzipschaltbild und zwar ist dabei den Schalterstellung I bis IV jeweils ein eigener Schaltersatz zugeordnet, während die Null- oder Neutralstellung einer Betriebssituation entspricht, in der sämtliche Schalter gleichzeitig geöffnet sind.

Soweit bei der Schaltungsanordnung nach Fig. 3 bereits beschriebene Bauteile wiederkehren, sind sie mit denselben Bezugszeichen versehen und nicht erneut beschrieben.

Bei Anordnung nach Fig. 3 liegt die Feldwicklung 12 über einen von einer Relaiswicklung 27 betätigten Umpolschalter 28 in dem Serienstromkreis bestehend aus dem Anker 11 und dem Triac 14. Die Steuerung 19 ist im wesentlichen ein Mikroprozessor, der gegebenenfalls um die erforderlichen Leistungsendstufen erweitert ist, die der Einfachheit halber nicht mitgezeichnet sind, da sie für das Verständnis der Erfindung nicht von Bedeutung sind.

An den Eingang 25, der vier einzelne voneinander getrennte Leitungen aufweist, sind die den einzelnen Schaltzuständen entsprechenden Schalter, die mit I bis IV bezeichnet sind, angeschlossen. Sie sollen die unterschiedlichen Signalzustände am Eingang repräsentieren, wobei die oben genannte Zuordnung gilt. Diese Schalter I bis IV liegen an einem Ende gemeinsam an einer positiven Versorgungsspannung U.

Zusätzlich zu dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 hat die Steuerung 19 einen weiteren Ausgang 29, über den die Relaiswicklung 27 angesteuert wird, damit die Drehrichtung des Universalmotors 9 geändert werden kann.

Mit Hilfe des die Steuerung 19 realisierenden Mikroprozessors wird ein PI-Regler 31, ein Soll-Istwert-Vergleicher 32 und eine umschaltbare Referenz 33 implementiert.

Ein Eingang des Soll-Istwert-Vergleichers 32 ist mit dem Eingang 22 verbunden, während der andere Eingang an einen Ausgang 34 der Referenz angeschlossen ist. Das von dem Vergleicher 32 erhaltene Ausgangssignal gelangt in einen Eingang 35 des PI-Reglers 31, der an einem Eingang 36 ebenso wie die

Referenz an ihrem Eingang 37 über von dem Eingang 25 kommende Signale gesteuert wird.

Der PI-Regler 31 weist schließlich noch einen Ausgang 38 auf, der mit dem Ausgang 21 der Steuerung 19 in Verbindung steht.

Die Funktionen der Referenz 33 des Vergleichers 32 und des PI-Reglers 31 werden durch Programmabschnitte in dem Mikroprozessor verwirklicht. Fig. 5 zeigt das Flußdiagramm, das jenen Ausschnitt aus dem Gesamtprogramm des Mikroprozessors veranschaulicht, das für die gewünschte Steuerung des Motors 9 implementiert ist. Mit Hilfe dieses Programms gemäß dem Flußdiagramm nach Fig. 4 arbeitet die Einrichtung wie folgt:

Solange keiner der Schalter I bis IV betätigt ist, wird das in Fig. 4 gezeigte Flußdiagramm nicht durchlaufen. Erst die Betätigung eines der Schalter I bis IV bzw. das Zuführen eines entsprechenden Steuersignals führt dazu, daß der Mikroprozessor ein dem Flußdiagramm nach Fig. 4 entsprechendes Programm startet. Das Programm wird bei 41 begonnen und fragt an einer Programmstelle 42 ab, welcher der Schalter I bis IV betätigt ist. Dieser Betätigungszustand wird gespeichert und das Programm fährt dann fort, um bei 43 den Eingang 22 abzufragen, an dem ein die Drehzahl des Universalmotors 9 kennzeichnendes Signal von dem Drehzahlgeber 24 abgeliefert wird. Die Istdrehzahl v_{ist} wird abgespeichert und das Programm läuft zu der Programmstelle 44 weiter, an der eine Referenzdrehzahl generiert wird, mit der die Istdrehzahl verglichen wird.

Parameter für diesen Rampengenerator zur Führung der Istdrehzahl ist der betätigte Schalter und die Zeit, die seit der Betätigung des Schalters vergangen ist. Für die weitere Beschreibung sei angenommen, daß dem Schalter I eine Normalgeschwindigkeit in Vorwärtsrichtung, dem Schalter II eine Eilgeschwindigkeit in Vorwärtsrichtung, dem Schalter III eine Normalgeschwindigkeit in Rückwärtsrichtung und dem Schalter IV die Eilgeschwindigkeit in Rückwärtsrichtung zugeordnet sind.

Je nachdem, welcher dieser Schalter betätigt wurde, läuft der Rampengenerator während mehrerer Programmdurchläufe allmählich entweder bis zu einer der Normalgeschwindigkeit entsprechenden Geschwindigkeit oder bis zu einer der Eilgeschwindigkeit entsprechenden Geschwindigkeit hoch.

Nach der Definition bzw. Aktualisierung der Führungsgröße V_{soll} wird an der Verzweigungsstelle 45 abgefragt, ob seit dem letzten Durchlauf an dieser Stelle sich der Zustand an dem Eingang 25 geändert hat bzw. ob die Schalterstellung verändert wurde oder ob nach einer vorausgehenden Schalteränderung erstmalig der Referenzwert V_{soll} überschritten wurde.

Für die weitere Erläuterung sei angenommen, daß erstmalig der Schalter I betätigt wurde, was einem Anfahren aus dem Stillstand und einer Beschleunigung bis zu der Normalgeschwindigkeit entspricht. Das Programm geht deswegen zu der Verzweigungsstelle 46, an der geprüft wird, ob aus dem Zustand keine Schal-

terbetätigung in den Zustand mit der Schalterbetätigung des Schalters I oder des Schalters II gewechselt wurde. Für die Rückwärtsrichtung gelten natürlich sinngemäß an der Stelle die Werte III und IV. Wenn diese Prüfung positiv ausfällt, also ein Zustandswechsel stattgefunden hat, der einer Beschleunigung aus dem Stillstand entspricht, geht das Programm zu einem Anweisungsblock 47, an dem ein integraler Anteil ϕ für den Stromflußwinkel auf einen vorgegebenen Startwert ϕ_{s1} gesetzt wird. Damit wird für die Anfahrphase aus dem Stillstand ein fester Stromflußwinkel eingestellt, der einem weitgehend ruckfreien, aber hinreichend schnellen Anfahren aus dem Stand entspricht.

Sodann fährt das Programm an einem Anweisungsblock 48 fort. Bei 48 berechnet das Programm die Differenz zwischen dem Referenzwert v_{soll} und der Istgeschwindigkeit v_{ist} und gewinnt hieraus einen Regelabweichungsparameter p .

Auf diese Berechnung erfolgt bei 49 eine Verzweigung, abhängig davon, ob der Regelabweichungsparameter p größer als null ist oder nicht. Wenn der Regelabweichungsparameter p größer als null ist, bedeutet dies, daß die Istdrehzahl nach wie vor kleiner als die Solldrehzahl ist oder die dem Universalmotor 9 zugeführte elektrische Leistung reicht noch nicht aus, um den Fahrantrieb auf die gewünschte Geschwindigkeit zu bringen. Deshalb wird in einem Anweisungsblock 51 der Stromflußwinkel ϕ um ein Δ vergrößert und erneut abgespeichert. Dabei kann der Inkrementalwert Δ selbst seine Funktion des Regelabweichungsparameters p oder aber konstant sein.

Da der Regler 31 als PI-Regler wirkt, muß zu dem Stromflußwinkel ϕ , der den Integralanteil repräsentiert, noch ein Proportionalanteil hinzuaddiert werden. Hieraus wird der tatsächliche Stromflußwinkel α erhalten, indem zu dem Integralanteil ϕ des Stromflußwinkels der Regelabweichungsparameter p bzw. eine davon abgeleitete Größe hinzuaddiert wird.

Nachdem so der Stromflußwinkel α bestehend aus dem integralen und dem propotionalen Anteil berechnet wurde, wird bei 52 der Stromflußwinkel α in den Zeitpunkt umgerechnet, an dem, bezogen auf die vorausgehende Nullstelle der Netzwechselspannung, der Zündimpuls für den Triac 14 abgegeben werden muß, um den gewünschten Stromflußwinkel zu bekommen. Das Programm kehrt daraufhin zu dem Block 42 zurück und überprüft, ob sich in der Zwischenzeit die Stellung der Schalter I bis IV verändert hat. Angenommen, es wurde keine Änderung beobachtet, dann bleibt der gespeicherte Zustand über die Schalterbetätigung erhalten und das Programm kann bei 43 erneut die Istdrehzahl v_{ist} abfragen und die entsprechende Speichervariable aktualisieren.

Da, wie erwähnt, der Parameter für die Sollgeschwindigkeit v_{soll} zeitlich vergrößert wird, bis auf den Wert, der der betreffenden Schalterbetätigung I oder II bzw. III oder IV entspricht, steigt der Wert der Führungsgröße v_{soll} allmählich während aufeinanderfolgender Durchläufe an.

Wie eingangs vorausgesetzt, war die Schalterbetätigung nicht verändert worden und außerdem befindet sich das Fahrwerk nach wie vor in der Beschleunigungsphase, d.h. v_{ist} ist kleiner als die durch die Schalterbetätigung vorgegebene Zielgeschwindigkeit. Das Programm wird deswegen unmittelbar über den Block 48 fortfahren und im Block 51 den integralen Anteil ϕ des Stromwinkels inkremental erhöhen, während andererseits der Regelabweichungsparameter p allmählich kleiner wird, weil die Differenz zwischen V_{ist} und v_{soll} sich entsprechend vermindert.

Nachdem eine Vielzahl von Durchläufen in der beschriebenen Art erfolgt ist, wird irgendwann der Zeitpunkt eintreten, an dem der Rampengenerator einen Referenzwert v_{soll} zur Verfügung stellt, der gleich der Zielgeschwindigkeit ist, mit der das Fahrwerk entsprechend der Schalterbetätigung I fahren soll. Von da an liefert der Rampengenerator bei 44 einen konstanten Referenzwert v_{soll} solange, bis sich die Schalterstellungen am Eingang 25 verändern.

Während der Beschleunigungsphase wird ebenfalls nach mehreren Durchläufen der oben beschriebenen Programmschleife erstmalig die Situation auftreten, daß die Istgeschwindigkeit v_{ist} die Referenzgeschwindigkeit v_{soll} überschreitet. In der Regel ist zu diesem Zeitpunkt wegen der vorausgehenden Beschleunigungsphase der Stromflußwinkel α größer als es für das Fahren mit der konstanten Geschwindigkeit v_{soll} erforderlich ist, obwohl inzwischen der Proportionalanteil p nahezu zu null geworden ist. Diese Reglersituation mit einem zu großen integralen Anteil ϕ würde zu einem unerwünschten Überschießen bei der Fahrgeschwindigkeit führen, weshalb das Programm bei 45 nicht unmittelbar in den Block 48 geht, sondern nach dem Vergleich des Sollwertes mit dem Istwert in dem linken Teil bei 53 fortfährt, wo eine Verzweigung zu einem Anweisungsblock 54 vorgesehen ist. In dem Anweisungsblock 54 wird der integrale Anteil des Stromflußwinkels ϕ sprunghaft um einen größeren Betrag als Δ vermindert, indem von dem integralen Anteil des Stromflußwinkels ϕ eine feste Größe K_1 abgezogen wird. Nach dieser Rechenoperation fährt das Programm, wie beschrieben, bei 48 fort.

Wenn beim nächsten Schleifendurchlauf die Istgeschwindigkeit immer noch größer als die Sollgeschwindigkeit ist, wird nunmehr an der Verzweigungsstelle 45 wiederum wie ursprünglich bei 48 fortgefahren, denn es handelt sich nicht um das erste Überschreiten des Referenzwertes v_{soll} nach einer vorausgehenden Änderung der Schalterstellungen. Da in dieser Betriebssituation die Istgeschwindigkeit immer noch größer ist als die Sollgeschwindigkeit wird der Regelabweichungsparameter negativ sein, weshalb das Programm nach der Verzweigungsstelle 49 nicht zu dem Anweisungsblock 51 geht, sondern zu einem Anweisungsblock 55. In diesem Anweisungsblock 55 wird der Integralanteil des Stromflußwinkels ϕ inkremental um Δ vermindert, das wiederum eine Funktion von p sein kann oder einen konstanten Wert aufweist. In der nächsten Zeile wird

der integrale Anteil ϕ um den Betrag des Regelabweichungsparameters p oder einer daraus abgeleiteten Größe vermindert, um den wirklichen Stromflußwinkel α zu erhalten, der dann wiederum an der Programmstelle 52 in den entsprechend abgebegebenen Zündimpuls umgesetzt wird.

In der stationären Phase wird nach wie vor fortlaufend das in Fig. 4 skizzenhaft beschriebene Programm durchlaufen, wobei die Fahrgeschwindigkeit ständig um die Sollgeschwindigkeit herumpendeln wird, weshalb das Programm nach der Verzweigungsstelle 49 abwechselnd über den Anweisungsblock 51 oder den Anweisungsblock 55 fortfahren wird.

Die eingangs erwähnte Freilaufcharakteristik wird dadurch realisiert, daß während des Vorpendelns der Last und damit während der Schleppens des Fahrwerks durch die pendelnde Last die Sollgeschwindigkeit überschritten wird, was dazu führt, daß der PI-Regler über den Anweisungsblock 55 läuft und zunehmend den Integralanteil ϕ verkleinert. Der Stromflußwinkel wird entsprechend kleiner, d.h. die Vortriebsenergie für das Fahrwerk kommt aus der ziehenden Last.

Zum Stillsetzen des Fahrwerks läßt der Benutzer sämtliche Schalter los, womit der Durchlauf des Programms nach Fig. 4 beendet wird.

Zusätzlich zu den beschriebenen Funktionen müssen noch eine Reihe anderer Varianten berücksichtigt werden. Eine Variante ist die Betätigung des Schalters II, d.h. dem Anfahren und anschließenden Beschleunigen bis zu der Eilgeschwindigkeit. Diese Maßnahme macht sich im wesentlichen nur im Bereich des Sollwertgebers bei 44 bemerkbar, insofern, als dort der Referenzparameter V_{soll} bis zu der der Eilgeschwindigkeit entsprechenden Zielgeschwindigkeit hochgesetzt wird. Ansonsten verhält sich das Programm wie vorher beschrieben, denn es läuft beim ersten Start, ausgehend vom Zustand null, wie vorher über die Verzweigungsstelle 46 und den Anweisungsblock 47.

Die nächste Variante, die zu berücksichtigen ist, besteht in der Betätigung des Schalters II, nachdem bereits der Schalter I betätigt worden ist und das Fahrwerk mit der Normalgeschwindigkeit fährt. Dies entspricht einem Beschleunigen aus der Normalgeschwindigkeit in die Eilgeschwindigkeit.

Um hier die unangenehmen langsamen Regelcharakteristiken des Integralreglers zu vermeiden, läuft beim ersten Durchlauf nach der Betätigung des Schalters II das Programm im Anschluß an die Verzweigung 45 zu einer Verzweigungsstelle 56, an die sich ein Anweisungsblock 57 anschließt, wo der Integralanteil ϕ sprunghaft um eine Konstante K_2 vergrößert wird. Im Anschluß daran verhält sich das Programm wie eingangs beschrieben.

Die letzte Variante, die zu beachten ist, besteht im Zurückschalten von der Schalterstellung II in die Schalterstellung I, also einem Verlangsamen der Fahrgeschwindigkeit aus der Eilgeschwindigkeit in die Normalgeschwindigkeit. Beim ersten Schleifendurchlauf nach einem solchen Zustandswechsel geht das

Programm an der Verzweigungsstelle 45 in den linken Ast nach Fig. 4 zu einer Verzweigungsstelle 58, in der überprüft wird, ob die Istgeschwindigkeit größer ist als die Sollgeschwindigkeit, was in der Regel beim Zurückschalten immer der Fall sein wird, woraufhin dann über einen Anweisungsblock 59 in den Normalteil des Programms zu dem Anweisungsblock 48 zurückgekehrt wird. In dem Anweisungsblock 59 wird der Integralanteil ϕ auf einen neuen Anfangswert ϕ_{S2} gesetzt, der kleiner ist als es dem Fahren mit der Normalgeschwindigkeit entspricht.

Wie die Schalterstellungen III und IV in den Rückwärtsbetrieb umzusetzen sind, ist dem Fachmann bekannt und braucht deswegen nicht näher beschrieben zu werden. Das Regelprogramm hingegen ist dasselbe, wie es im Zusammenhang mit den Schalterstellungen I und II erläutert wurde.

Abgesehen von einer stufenweisen Umschaltung der Fahrgeschwindigkeit ist es auch möglich, die Fahrgeschwindigkeit stufenlos zu variieren. In diesem Falle wird ein Programm entsprechend dem Flußdiagramm nach Fig. 5 verwendet. Soweit hier bereits erläuterte Verzweigungsstellen und Anweisungsblöcke auftreten, sind sie mit denselben Bezugszeichen wie bei dem Flußdiagramm nach Fig. 4 versehen und nicht erneut beschrieben.

Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß die Schalterstellung I bzw. die Schalterstellung III einem Zustand entspricht, in dem das Fahrwerk mit der zum Umschaltzeitpunkt erreichten Fahrgeschwindigkeit weiterfahren soll. Die Schalterstellung II und dementsprechend auch die Schalterstellung IV hingegen bedeutet Anfahren oder Beschleunigen des Fahrzeugs, solange wie dieser Schalterzustand beibehalten wird oder eine maximal zulässige Fahrgeschwindigkeit noch nicht überschritten ist.

Unter Berücksichtigung dieser geänderten Bedeutungen der Schalterstellungen I bis IV arbeitet das Programm wie folgt:

Zum Anfahren aus dem Stillstand muß der Benutzer die Schalterstellung II oder IV erreichen, was bedeutet, daß in dem Rampengenerator der Referenzwert V_{soll} im Verlauf mehrerer Schleifendurchläufe bis maximal auf den Wert V_{max} gesetzt wird. Dieses Verhalten an dem Block 44 entspricht insoweit etwa dem Verhalten des Blocks 44 nach Fig. 4.

Da aus dem Stillstand angefahren wurde, also der Schalter II erstmals betätigt worden ist, verzweigt das Programm an der Abfragestelle 45 in den linken Teil zu einer Abfragestelle 61, die im wesentlichen mit der Abfragestelle 46 nach Fig. 4 korrespondiert. Wenn die dort das Kriterium bildende Bedingung erfüllt ist, wird der Integralanteil ϕ des Stromflußwinkels auf einen Startwert ϕ_{S1} gesetzt und das Programm fährt bei dem Anweisungsblock 48 weiter, von wo ab es sich genauso verhält, wie dies im Zusammenhang mit Fig. 4 erläutert ist.

Angenommen während der Beschleunigungsphase stellt der Benutzer fest, daß das Fahrwerk sich jetzt mit

der gewünschten Geschwindigkeit bewegt, dann wird er in den Zustand I umschalten. Dies hat zur Folge, daß bei dem Rampengenerator 44 eine Verzweigung bei 62 so durchlaufen wird, daß als Referenzwert V_{soll} der gemessene aktuelle Wert V_{ist} übernommen wird. Mit anderen Worten, die zum Umschaltzeitpunkt erreichte aktuelle Fahrgeschwindigkeit wird der Bezugswert, um den herum künftig die Fahrgeschwindigkeit eingeregelt werden soll. Diese Aktualisierung oder Übernahme geschieht allerdings nur dann, wenn das Programm das Umschalten aus dem Zustand II in den Zustand I erkennt, nicht jedoch, wenn der Zustand I dauernd anhält.

An der Verzweigungsstelle 45 wird ebenfalls nochmals die Umschaltung aus dem Zustand II in den Zustand I erkannt, womit das Programm wiederum in den linken Ast verzweigt und zu der Abfragestelle 63 läuft. Hier veranlaßt das Programm, daß der integrale Anteil ϕ sprunghaft um eine Konstante K_2 vermindert wird, weil während der vorausgehenden Beschleunigungsphase der Stromflußwinkel Werte erreicht hat, die größer sind, als sie zum Fahren mit der konstanten Geschwindigkeit erforderlich sind. Die sprunghafte Änderung des Integralanteils ϕ vermeidet ein unnötiges Überschießen der Fahrgeschwindigkeit, wenn von dem Zustand II (= Beschleunigen) in den Zustand I (= Geschwindigkeit halten) zurückgeschaltet wird. Der Regler schwingt dadurch schneller ein.

Nach der sprunghaften Änderung des Integralanteils ϕ in dem Block 64 kehrt das Programm zu dem Anweisungsblock 48 zurück und verhält sich ansonsten wie im Zusammenhang mit Fig. 4 ausführlich beschrieben.

Wenn aus der gehaltenen Geschwindigkeit heraus weiter beschleunigt werden soll, hat dies lediglich Auswirkungen auf das Verhalten des Rampengenerators bei 44 insofern, als der Bezugswert erneut bis auf die maximale Geschwindigkeit hochgefahren wird. Die weitere Folge ist, daß nach der Verzweigung bei 45 eine Abfrage 65 erreicht wird, die zu einem Anweisungsblock 66 führt, der dafür sorgt, daß der Integralanteil ϕ sprunghaft auf ϕ_{S2} vergrößert wird, damit ein zügiges Beschleunigen erreicht werden kann.

Anschließend verhält sich das Programm nach Fig. 5 beim erstmaligen Überschreiten der Referenzgeschwindigkeit genauso wie das Programm nach Fig. 4.

Ein Fährantrieb für ein Katzfahrwerk von Hebezeugen weist einen Antriebsstrang auf, der bezüglich der Fahrriechung eine Freilaufcharakteristik zeigt. Dies hat zur Folge, daß eine Lastpendelung schnell herausgedämpft werden kann, weil während der Halbschwingung der Lastpendelung, in der die Last dem Fahrwerk vorausseilt, keine Konstanthaltung des Fahrwerks aufgezogen wird. Vielmehr ist die pendelnde Last in der Lage, das Fahrwerk beschleunigend hinter sich herzuschleppen und auf diese Weise Pendelenergie in Fahr-energie umzusetzen.

Patentansprüche

1. Elektrischer Antrieb für Fahrwerke von Hebezeugen,
mit einem elektrischen Antriebssystem (1,3,9), das getrieblich mit wenigstens einem Rad (7) des Fahrwerks verbunden ist und das Mittel (19) aufweist, die dem Antriebssystem (1,3,9) zumindest näherungsweise eine Freilaufcharakteristik verleihen, in dem Sinne, daß bei einer von außen einwirkenden Kraft, die bestrebt ist, das Fahrwerk zu beschleunigen, eine Kraftübertragung von dem Antriebssystem (1,3,9) auf das Rad im wesentlichen unterbleibt.
2. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1,
mit wenigstens einem Elektromotor (9), der getrieblich mit wenigstens einem Antriebsrad (7) des Fahrwerks verbunden ist und im wesentlichen die Charakteristik eines Hauptschlußmotors aufweist,
mit wenigstens einer Signalerzeugungsanordnung (26), die wenigstens einen ersten (0) und wenigstens einen zweiten (I,II,III,IV) Zustand aufweist, wobei der erste Zustand (0) dem Abschalten der Stromzufuhr zu dem Universalmotor (9) und der zweite Zustand (I,II,III,IV) der möglichen Stromzufuhr (Fahrstellung) zu dem Universalmotor (9) entspricht,
mit einer elektronischen Steuerung (19), an die die Signalerzeugungsanordnung (26) angeschlossen ist und die einen in einer Stromzuleitung zu dem Universalmotor (9) liegenden elektrisch steuerbaren Schalter (14) aufweist, wobei die elektronische Steuerung (19) in einem ersten Zustand den steuerbaren Schalter abgeschaltet hält, wenn sich die Signalerzeugungsanordnung (26) sich in dem ersten Zustand (0) befindet, und in einem zweiten Zustand den elektronischen Schalter (14) im Sinne einer Stabilisierung der Fahrgeschwindigkeit betätigt, wenn sich die Signalerzeugungsanordnung in dem zweiten Zustand (I,II,III,IV) befindet.
3. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (9) eine Hauptschlußmotor ist.
4. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalerzeugungsanordnung (26) wenigstens einen dritten Schaltzustand (II) aufweist, in dem die Stromzufuhr zu dem Universalmotor (9) möglich ist.
5. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) einen dritten Betriebszustand aufweist, in dem sie den elektronischen Schalter (14) im Sinne einer Beschleunigung des Universalmotors (9) betätigt.
6. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) den elektronischen Schalter (14) im Sinne der Konstanzhaltung einer ersten Geschwindigkeit betätigt, wenn sich die Signalerzeugungsanordnung (26) in der zweiten Stellung (I) befindet, daß die Signalerzeugungsanordnung (26) einen dritten Betriebszustand (II) aufweist, und daß die elektronische Steuerung (19) den elektronischen Schalter (14) im Sinne der Konstanzhaltung einer zweiten Geschwindigkeit betätigt, wenn sich die Signalerzeugungsanordnung (26) in der dritten Stellung (II) befindet.
7. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Geschwindigkeit größer als die erste Geschwindigkeit ist.
8. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) Mittel (27,28) aufweist, um die Drehrichtung des Universalmotors (9) umzukehren.
9. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalerzeugungsanordnung (26) einen vierten Zustand (III) aufweist, der funktionsmäßig dem zweiten entspricht und dem eine umgekehrte Drehrichtung des Universalmotors (9) zugeordnet ist.
10. Elektrischer Antrieb nach den Ansprüchen 3 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalerzeugungsanordnung (26) eine fünfte Schalterstellung (IV) aufweist, die funktionsmäßig der dritten Schalterstellung (II) entspricht und der eine umgekehrte Drehrichtung des Universalmotors (9) zugeordnet ist.
11. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalerzeugungsanordnung eine Schalteranordnung (26) ist.
12. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalteranordnung (26) ein manuell zu bedienendes Betätigungsorgan zugeordnet ist.
13. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Zustand der Schalteranordnung (26) einer Neutralstellung des Betätigungsorgans entspricht.
14. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite, der dritte und falls vorhanden der vierte und der fünfte Zustand (I,II,III,IV) der Schalteranordnung (26) ausgelenkten Stellungen des Betätigungsorgans entsprechen, wobei der zweite und falls vorhanden der vierte Zustand (I,III) näher bei der Neutralstellung

(O) liegen als der dritte und falls vorhanden der fünfte Zustand (II,IV) .

15. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Universalmotor (9) oder dem Fahrwerk ein Drehzahlsensor (24) zugeordnet ist, der an die elektronische Steuerung (19) angeschlossen ist und der elektronischen Steuerung (19) ein der Fahrgeschwindigkeit proportionales Signal übermittelt. 5
16. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) eine Phasenanschnittsteuerung enthält. 10
17. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektronische Schalter (14) bei kraftgetrieben fahrendem Fahrwerk mit einer Kette von Impulsen versorgt wird, wobei das Tastverhältnis der Impulskette von der über die Signalerzeugungsanordnung (26) ausgewählten Geschwindigkeit, dem Fahrwiderstand und der Pedallage einer an dem Hebezeug hängenden Last abhängig ist. 15
18. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) einen Regler (31) mit Proportionalcharakteristik enthält. 20
19. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) einen Regler (31) mit Integralcharakteristik enthält. 25
20. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (31) einen Anfangswert (ϕ_{S1}, ϕ_{S2}) aufweist, der einem vorbestimmten Tastverhältnis der Impulskette oder Stromflußwinkel entspricht. 30
21. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (31) inkremental arbeitet und daß jedem Zustand des Reglers (31) ein Stromflußwinkel oder Tastverhältnis entspricht. 35
22. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Änderung der Betriebssituation, für die eine Zustandsänderung der Signalerzeugungsanordnung die Ursache ist, der Zustand des Reglers abweichend von seinem Normalbetrieb wenigstens einmal sprunghaft verändert wird. 40
23. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die sprunghafte Änderung darin besteht, daß die elektronische Steuerung (19) den Regler (31) auf den Anfangswert (ϕ_{S1}, ϕ_{S2})

setzt, wenn (i) das Fahrwerk aus dem Stand angefahren werden soll oder (ii) beim Zurückschalten aus einer zweiten Geschwindigkeit in die erste Geschwindigkeit eine vorbestimmte Geschwindigkeit erreicht ist.

24. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) wenigstens einen Sollwertgeber (33,44) aufweist und daß die elektronische Steuerung (19) Mittel (32,48) aufweist, die ein der Drehzahl des Universalmotors (9) proportionales Signal mit dem Sollwert (v_{soll}) vergleichen, und daß der Regler (31) solange inkremental den Stromflußwinkel vergrößert bis die Drehzahl größer als der Sollwert (v_{soll}) geworden ist. 45
25. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung wenigstens einen Sollwertgeber (34,44) aufweist, daß die elektronische Steuerung (19) Mittel (32,48) aufweist, die ein der Drehzahl des Universalmotor (9) proportionales Signal mit dem Sollwert (v_{soll}) vergleichen, und daß die sprunghafte Änderung darin besteht, daß beim ersten Überschreiten des Sollwerts (v_{soll}) nach einer Beschleunigungsphase von dem Wert des Reglers (ϕ) ein vorgegebenes Inkrement (K) abgezogen wird, das sich von den Inkrementen (Δ) im Normalbetrieb unterscheidet. 50
26. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (19) wenigstens einen Sollwertgeber (34,44) aufweist, daß die elektronische Steuerung (19) Mittel (32,48) aufweist, die ein der Drehzahl des Universalmotor (9) proportionales Signal mit dem Sollwert (v_{soll}) vergleichen, und daß ein Regler (31) solange inkremental den Stromflußwinkel verkleinert bis die Drehzahl kleiner als der Sollwert (v_{soll}) geworden ist. 55
27. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 4, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß Sollwertgeber (34,44) auf einen Wert gesetzt wird, der einer maximal möglichen oder größeren Geschwindigkeit entspricht, wenn die Signalerzeugungsanordnung (26) in den dritten oder fünften Zustand (II,IV) gebracht wird, und daß der Sollwertgeber (34,44) auf einen Wert (v_{ist}) gesetzt wird, der der aktuellen Geschwindigkeit entspricht, wenn die Signalerzeugungsanordnung (26) aus dem dritten oder fünften Zustand (II,IV) in den zweiten oder vierten Zustand (I,III) zurückgeschaltet wird.
28. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 4, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß Sollwertgeber (34,44) auf einen Wert gesetzt wird, der einer Geschwindigkeit null entspricht, wenn die Signalerzeugungsanordnung (26) in den ersten Zustand (O)

gebracht wird, und daß der Sollwergeber (34,44) auf einen Wert (v_{ist}) gesetzt wird, der der aktuellen Geschwindigkeit entspricht, wenn die Signalerzeugungsanordnung (26) aus dem ersten Zustand (O) in den zweiten oder vierten Zustand (I,III) zurückgeschaltet wird. 5

29. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1,
mit wenigstens einem Asynchronmotor (1),
der getrieblich mit wenigstens einem Antriebsrad 10
(7) des Fahrwerks verbunden ist,
mit einem Freilauf (3), der getrieblich zwischen dem Rad (7) des Fahrwerks und dem Asynchronmotor (1) angeordnet ist,
mit wenigstens einer Signalgeberanordnung 15
(26), die wenigstens einen ersten und wenigstens einen zweiten Zustand (O,I) aufweist, wobei der erste Zustand (O) dem Abschalten der Stromzufuhr zu dem Asynchronmotor (1) und die zweite Stellung (I) der möglichen Stromzufuhr (Fahrstellung) zu 20
dem Asynchronmotor (1) entspricht.

25

30

35

40

45

50

55

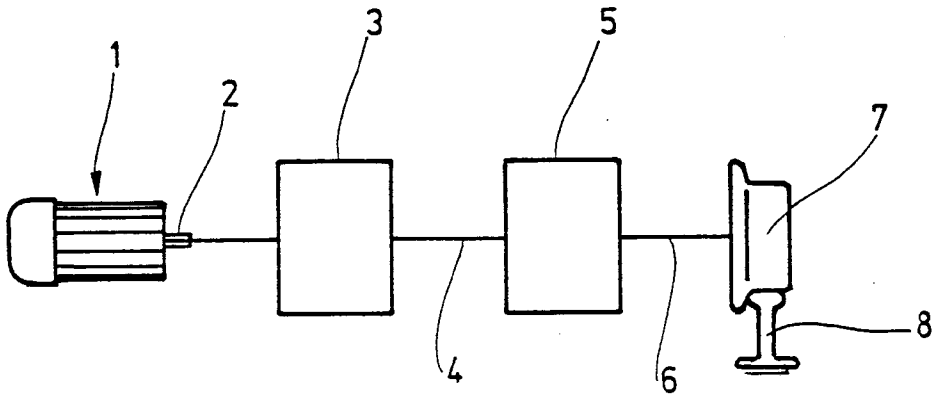


Fig. 1

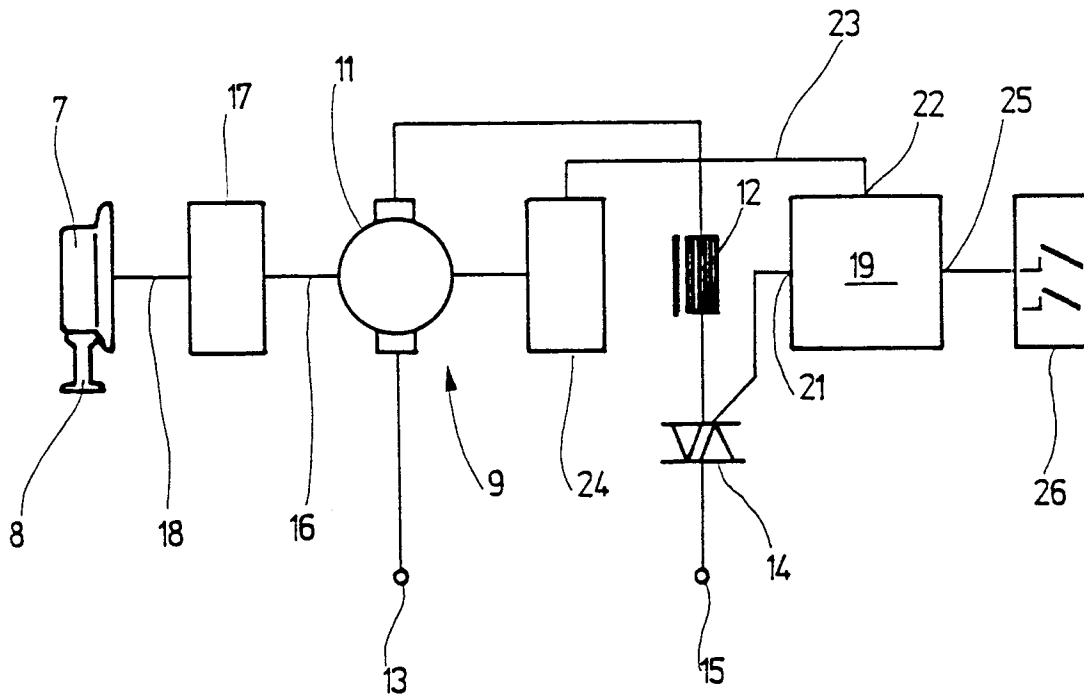


Fig. 2

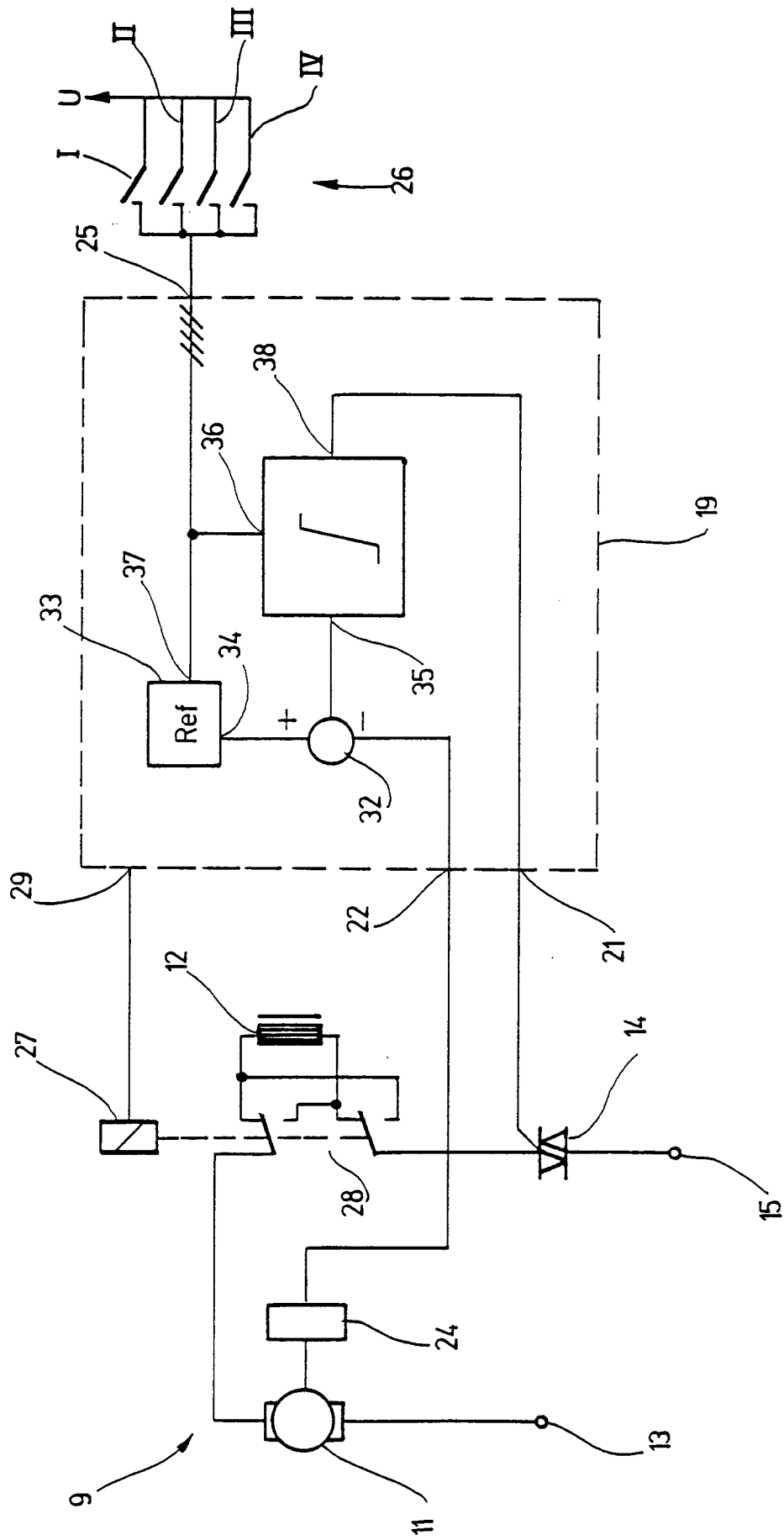


Fig. 3

