



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 32 24 242 B4** 2006.04.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 32 24 242.5**
(22) Anmeldetag: **29.06.1982**
(43) Offenlegungstag: **13.01.1983**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.04.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H02P 7/28** (2006.01)
H02P 6/08 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
4253-81 29.06.1981 CH

(73) Patentinhaber:
**Papst Licensing GmbH & Co. KG, 78112 St.
Georgen, DE**

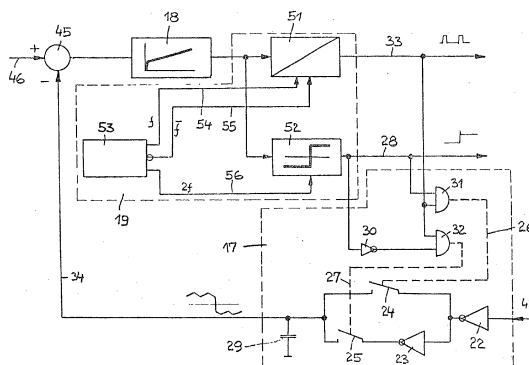
(74) Vertreter:
Schwan, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80796 München

(72) Erfinder:
**Heide, Johann von der, Dipl.-Ing., 7733
Mönchweiler, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 26 55 077 B2
DE-OS 22 33 188

(54) Bezeichnung: **Getakteter Vierquadranten-Servoverstärker zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors**

(57) Hauptanspruch: Getakteter Vierquadranten-Servoverstärker (11) zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors (10), insbesondere eines kollektorlosen Gleichstrommotors, mit einer Endstufe (16) mit in H-Schaltung angeordneten Endstufentransistoren (41, 42), einem analogen Regelverstärker (18) mit nachgeschaltetem Analog/Digital-Wandler (19) und einer den Regelverstärker (18) mit einem Iststromsignal beaufschlagenden Einrichtung (17) zur Messung des Motorstroms, wobei diese Einrichtung (17) einen außerhalb der Endstufe (16) liegenden, allen Halbbrücken (89, 90, 91) der H-Schaltung gemeinsamen Strom-Messwiderstand (35) aufweist, an dem ein den Betrag des Motor-Iststromes darstellendes Signal auftritt, gekennzeichnet durch eine dem Strom-Messwiderstand (35) nachgeschaltete, von dem Analog/Digital-Wandler (19) angesteuerte Schaltungsstufe (22, 23, 24, 25, 29 bis 32, 52) mit einer mit dem Ausgangssignal des Regelverstärkers (18) beaufschlagten Richtungserkennungsschaltung (30, 31, 32, 52) zur Abgabe von Signalen in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehrichtung des Motors (10), die Schalter (24, 25) ansteuern, die ein Speicherglied (29) mit dem dem Betrag des Motor-Iststromes entsprechenden Signal beaufschlagen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen getakteten Vierquadranten-Servoverstärker zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors, insbesondere eines kollektorlosen Gleichstrommotors, mit einer Endstufe mit in H-Schaltung angeordneten Endstufentransistoren, einem analogen Regelverstärker mit nachgeschaltetem Analog/Digital-Wandler und einer den Regelverstärker mit einem Iststromsignal beaufschlagenden Einrichtung zur Messung des Motorstroms, wobei diese Einrichtung einen außerhalb der Endstufe liegenden, allen Halbbrücken der H-Schaltung gemeinsamen Strom-Messwiderstand aufweist, an dem ein den Betrag des Motor-Iststromes darstellendes Signal auftritt, wie aus DE 22 33 188 A bekannt.

[0002] Getaktete Verstärker, insbesondere mit Darlington-Endstufentransistoren ausgestattete Verstärker, bereiten Schwierigkeiten, wenn man den Istwert des Gesamtstromes kontinuierlich erfassen will, wie dies für den Vierquadranten-Stromreglerbetrieb notwendig ist. An einem außerhalb der Endstufe liegenden Strommesswiderstand lässt sich nur während der Einschaltphase der Endstufentransistoren die exakte Größe des Iststroms erfassen. Während der Ausschaltphase der Endstufentransistoren ist der durch den Strommesswiderstand fließende Strom aber praktisch gleich Null, da während dieser Zeit der in der Induktivität der Motorwicklungen gespeicherte Strom über interne Freilaufdioden der Endstufentransistoren fließt. Außerdem ist die Impulshöhe am Strommesswiderstand nur ein Maß für den Betrag des Stromes, nicht aber für dessen Vorzeichen oder Richtung.

[0003] Für einen qualitativ weniger anspruchsvollen Einquadranten-Stromregler kann man den in eine pulsierende Spannung umgesetzten Strom über ein RC-Glied glätten und als "Stromistwert" für den Stromregler benutzen. Dieses Vorgehen hat aber den Nachteil, dass als gemessener Istwert eine Größe erhalten wird, die lediglich näherungsweise dem Mittelwert des wahren Motorstroms entspricht. Weil dabei ferner nur eine den Betrag des Stromes darstellende Größe gewonnen wird, ist es unmöglich, nach diesem Prinzip einen Vierquadrantenregler aufzubauen.

[0004] Eine weitere Möglichkeit der Erfassung des Motorstroms besteht darin, bei einer H-Brücke in jedem Brückenast einen Strommesswiderstand vorzusehen und die beiden an den Strommesswiderständen abfallenden pulsierenden Spannungen jeweils auf den invertierenden und nichtinvertierenden Eingang eines Operationsverstärkers zu geben. Am Ausgang des Operationsverstärkers steht dann eine dem Motorstrom proportionale Spannung zur Verfügung. Dabei müssen jedoch verschiedene Nachteile

in Kauf genommen werden. So müssen beide Brückendiagonale immer abwechselnd geschaltet werden. Soll am Motor keine Spannung liegen, muss das Tastverhältnis 1:1 sein. Außerdem lässt sich diese Art der Stromerfassung nur bei Kollektormotor-Servoverstärkern einsetzen, die mit einer H-Brücke aufgebaut werden können. Bei kollektorlosen Motoren muss dagegen ein Mehrphasen-Endverstärker verwendet werden, der diese Art der Stromerfassung nicht erlaubt.

Stand der Technik

[0005] Aus DE 22 33 188 A ist eine Schaltungsanordnung für einen Gleichstrom-Nebenschlussmotor mit Impulssteuerung und umkehrbarer Drehrichtung bekannt, bei welcher der Motoranker in dem Diagonalzweig einer aus vier elektronischen Schaltern gebildeten Brückenschaltung liegt. Dem Motoranker ist ein Widerstand für die Messung des Motorstromes nachgeschaltet. Für die eine Drehrichtung erfolgt die Speisung des Motorankers über zwei der vier elektronischen Schalter, die einander in der Brückenschaltung diagonal gegenüberliegen. Für die andere Drehrichtung wird der Motor über die beiden anderen elektronischen Schalter gespeist. Dabei fällt an dem Motorstrom-Messwiderstand eine Spannung ab, die zwar dem Betrag des Motorstromes entspricht, deren Vorzeichen aber unabhängig von der Drehrichtung des Motors immer die gleiche ist.

[0006] Aus DE 26 55 077 B2 ist ein zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors bestimmter getakteter Vierquadranten-Servoverstärker bekannt, der eine Endstufe mit in H-Brückenschaltung angeordneten Endstufen-Halbleiterschaltern, einen analog arbeitenden Regelverstärker mit nachgeschaltetem Analog/Digital-Wandler und eine Motorstrom-Messeinrichtung aufweist, welche den Regelverstärker mit einem Iststromsignal beaufschlagt. Als Motorstrom-Messeinrichtung ist dabei ein unmittelbar im Motorstromkreis liegender Strom-Messwandler vorgesehen. Eine solche Art der Erfassung des Motor-Iststromes scheidet bei kollektorlosen Gleichstrommotoren aus; im Falle von mit Bürsten ausgestatteten Gleichstrommotoren bedingt sie einen erheblichen zusätzlichen Aufwand.

Aufgabenstellung

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen getakteten Vierquadranten-Servoverstärker zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors bereit zu stellen, der kostengünstig gefertigt werden kann, der einen genauen Vierquadranten-Stromregelbetrieb auch bei kollektorlosen Gleichstrommotoren gestattet und der nicht auf ein Tastverhältnis von 1:1 beschränkt ist, wenn am Motor keine Spannung liegen soll.

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen getakteten Vierquadranten-Servoverstärker zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors gemäß dem Anspruch 1 auf überraschend einfache und wirkungsvolle Weise gelöst. Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Erläuterung von bevorzugten Ausführungsformen.

Ausführungsbeispiel

[0009] Wie aus der nachstehenden Erörterung der Ausführungsbeispiele im einzelnen folgt, wird bei dem getakteten Vierquadranten-Servoverstärker nach der Erfindung aus dem impulsförmigen Endstufenstrom, der über den allen Halbbrücken gemeinsamen Messwiderstand erfasst wird, eine Spannung abgeleitet, die dem Motor-Iststrom nach Betrag und Polarität entspricht und die als Istwert für einen qualitativ hochwertigen Vierquadranten-Stromregler benutzt werden kann.

[0010] In den beiliegenden Zeichnungen zeigen:

[0011] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung zum Betrieb eines Dreiphasen-Gleichstrommotors mit Vierquadranten-Servoverstärker,

[0012] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild, das Einzelheiten des Vierquadranten-Stromregelverstärkers der Anordnung nach [Fig. 1](#) erkennen lässt,

[0013] [Fig. 3](#) ein Prinzipschaltbild des Vierquadranten-Stromregelverstärkers gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

[0014] [Fig. 4](#) ein Prinzipschaltbild, das Einzelheiten der Endstufe der Schaltungsanordnung nach [Fig. 1](#) veranschaulicht,

[0015] [Fig. 5](#) ein Schaltbild eines Teils der H-Schaltung der Endstufe gemäß [Fig. 1](#),

[0016] [Fig. 6](#) ein Schaltbild des Vierquadranten-Stromregelverstärkers gemäß [Fig. 3](#), und

[0017] [Fig. 7](#) eine abgewandelte bevorzugte Ausführungsform der Erfindung.

[0018] Bei der Anordnung nach [Fig. 1](#) ist ein kollektorloser Dreiphasengleichstrommotor **10** dargestellt, dessen Wicklungen aus einem Vierquadranten-Servoverstärker **11** mit Strom beaufschlagt werden. Dem Servoverstärker **11** ist ein als PI-Regler ausgelegter Regelverstärker **12** vorgeschaltet. Die Drehstellung des Rotors des Motors **10** wird von einem Zweiphasen-Analog-Encoder **13** erfasst, der über einen Tachokonverter **14** den Regelverstärker **12** ansteuert. Der Servoverstärker **11** besteht aus zwei Hauptbaugruppen, und zwar einem Vierquadranten-Stromre-

gelverstärker **15** und einer Vierquadranten-Dreiphasen-Endstufe **16**. Die Endstufe **16** ist als H-Brückenschaltung ausgelegt und stellt die Energieversorgung für den Motor **10** bereit.

[0019] Der Vierquadranten-Stromregelverstärker **15** weist, wie aus [Fig. 2](#) hervorgeht, eine Einrichtung zur Messung des Motorstroms (Motorstrom-Meßverstärker) **17**, einen als PI-Regler ausgelegten Stromregelverstärker **18** und einen Analog/Digital-Wandler **19** in Form eines Impulsbreitenmodulators auf. Der Meßverstärker **17** gewinnt aus dem zerhackten Motor-Iststrom einen analogen, vorzeichenrichtigen Strom-Istwert zurück. Der Stromregelverstärker **18** vergleicht den zurückgeführten Strom-Istwert mit einem von dem Lage-Geschwindigkeits-Regelverstärker **12** kommenden Strom-Sollwert und gibt ein entsprechendes Differenzsignal auf den Impulsbreitenmodulator **19**. Der Modulator **19** bereitet aus dem analogen Differenzsignal zwei digitale Signale zur Steuerung der Endstufe **16** auf.

[0020] [Fig. 3](#) läßt weitere Einzelheiten des Vierquadranten-Stromregelverstärkers **15** entsprechend einer ersten Ausführungsform erkennen. Der Meßverstärker **17**, der aus dem über eine Leitung **43** einlaufenden pulsierenden, amplitudenmodulierten Meßsignal des Motorstroms einen analogen, vorzeichen- und größenrichtigen Motor-Iststromwert zurückgewinnt, weist einen Verstärker **22** auf, der das Strombetragssignal des Motors zunächst verstärkt. Das Ausgangssignal des Verstärkers **22** geht einem Inverter **23** zu, der einen Verstärkungsfaktor von -1 hat. Zum anderen wird das Ausgangssignal des Verstärkers **22** auf einen elektronischen Schalter **24** gelegt. Das Ausgangssignal des Inverters **23** geht an einen elektronischen Schalter **25**. Die beiden Schalter **24**, **25** werden im Betrieb über Steuerleitungen **26**, **27** abwechselnd in der Weise aktiviert, daß immer dann, wenn die Endstufe **16** eingeschaltet ist, einer der beiden Schalter entsprechend einem über eine Leitung **28** laufenden Vorzeichensignal der Endstufe aktiviert ist. Auf diese Weise entsteht an einem als Speicherkondensator ausgelegten Speicherglied **29** ein dem wahren Motorstrom proportionaler, vorzeichen- und betragsrichtiger Motorstrom-Istwert. Zur Aufbereitung der Signale auf den Steuerleitungen **26**, **27** dient eine Logikschaltung, die aus einem Inverter **30** und zwei UND-Gliedern **31**, **32** besteht. Die Logikschaltung **30**, **31**, **32** verwertet die über eine Leitung **33** vom Impulsbreitenmodulator **19** kommenden, den Betrag des Motorstroms bestimmenden Signale und die über die Leitung **28** vom Impulsbreitenmodulator **19** angelieferten, der Richtung des Motorstroms entsprechenden Signale derart zu zwei getakteten Signalen für die Schalter **24**, **25**, daß das dem wahren Motorstrom proportionale Stromsignal auf einer Leitung **34** erzeugt wird.

[0021] Zum Verständnis der Wirkungsweise der

Schaltungsanordnung sei auf die [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) Bezug genommen. Dort ist ein Strommeßwiderstand **35** veranschaulicht, an dem im Betrieb des Motors eine rechteckförmige Spannung abfällt, wobei das obere Dach der einzelnen Rechtecksignale leicht abgeschrägt ist, wie dies im rechten unteren Teil der [Fig. 6](#) angedeutet ist. Die Amplitude dieses zerhackten Signals ist proportional dem in den Wicklungen des Motors **10** fließenden Strom. In den Lücken zwischen den am Strommeßwiderstand **35** abfallenden Iststrom-Signalen fließt im Motor gleichfalls ein Strom, der aber vom Meßwiderstand **35** nicht erfaßt wird, weil er über Freilaufdioden **39**, **40** ([Fig. 6](#)) geht, die in Darlingtong-Endstufentransistorgruppen **41**, **42** integriert sind. Das an dem Meßwiderstand **35** auftretende, zerhackte Signal, dessen Amplitude proportional dem Motorstrom ist, läßt nicht die Richtung des Stroms im Motor erkennen. Für einen Vierquadrantenregler ist aber ein in der Phase und in der Größe richtiges Stromsignal erforderlich. Der Rückgewinnung dieses Signals dient der Meßverstärker **17**. Das am Meßwiderstand **35** abfallende, über die Leitung **43** laufende Signal wird über den Verstärker **22**, den Inverter **23** sowie die Schalter **24**, **25** auf den Kondensator **29** geschaltet. Das Ausgangssignal des Kondensators **29** übernimmt dabei zunächst die Dachschräge der Rechteckimpulse auf der Leitung **43**. Wenn der betreffende Schalter **24** oder **25** wieder öffnet, erfolgt eine Teilentladung des Kondensators **29** über nicht veranschaulichte Entladewiderstände, so daß ein dreieckförmiges Iststrom-Signal entsteht, wie es oberhalb der Leitung **34** in [Fig. 3](#) angedeutet ist. Dieses Signal entspricht dem wahren Motor-Iststrom, der tatsächlich ebenfalls mehr oder minder dreieckförmig ist. Wenn der Motor **10** in der entgegengesetzten Richtung läuft, was durch das Richtungs- oder Vorzeichensignal auf der Leitung **28** kenntlich ist, springt die Polarität des Signals auf der Leitung **34** in der in [Fig. 3](#) angedeuteten Weise um.

[0022] Der dem wahren Motorstrom proportionale, vorzeichen- und betragsrichtige Istwert auf der Leitung **34** wird an einer Vergleichsstelle **45** mit dem vom Regelverstärker **12** kommenden, über eine Leitung **46** laufenden Strom-Sollwert verglichen. Die Differenz zwischen Soll- und Istwert wird über den Stromregelverstärker **18** verstärkt. Dieser Verstärker besteht gemäß [Fig. 6](#) aus einem Operationsverstärker **47** und einem für das gewünschte Proportional/Integral-Verhalten sorgenden Rückkopplungsglied **48**. Das auf eine Leitung **50** gehende analoge Ausgangssignal des Stromregelverstärkers **18** wird in einer Analog/Digital-Wandlerstufe **51** mit einem Dreieckssignal verglichen und dann über Schwellwertschalter zerhackt, wobei nur der Betrag des Signals interessiert. Die Polarität des Ausgangssignals auf der Leitung **50** wird über einen Schmitt-Trigger **52** festgestellt. Die Baugruppen **51**, **52** werden durch einen Oszillator **53** mit einem Tastverhältnis von 1:1 angesteuert. Das getaktete Signal auf der Leitung **33**

gibt damit vor, welchen Betrag der in dem Motor **10** fließende Strom haben soll, während das Signal auf der Leitung **28** bestimmt, in welcher Richtung dieser Strom fließen soll. Der Oszillator **53** erzeugt Sägezahnsignale f und \bar{f} , die um genau 180° gegeneinander phasenverschoben sind und ein Tastverhältnis von 1:1 haben. Die Signale f und \bar{f} werden über Leitungen **54**, **55** an die Wandlerstufe **51** angelegt. Der Oszillator **53** synchronisiert ferner mit einem über eine Leitung **56** gehenden Signal **2f** den Schmitt-Trigger **52**, um unkontrollierte Schwingungen auszuschließen, wenn die Ausgangsspannung zu Null wird. Eine Drehrichtungsumkehr kann infolgedessen nur in Synchronismus mit dem Takt stattfinden.

[0023] [Fig. 6](#) zeigt Einzelheiten der in [Fig. 3](#) veranschaulichten Baugruppen des Vierquadranten-Stromregelverstärkers **15**. Das von der Leitung **34** kommende Ausgangssignal des als Iststrom-Rückgewinnungseinrichtung wirkenden Meßverstärkers **17** wird über Widerstände **58**, **59** mit dem externen Steuersignal auf der Leitung **46** verglichen. Das Differenzsignal wird mittels des Operationsverstärkers **47** auf proportional/integralwirkende Art verstärkt. Für diesen Zweck weist das Rückkopplungsglied **48** des Verstärkers **47** einen Widerstand **60** und Kondensatoren **61**, **62** auf. Dioden **63** sind vorgesehen, um das Ausgangssignal zu begrenzen. Die Dioden **63** verhindern eine Übersteuerung des Verstärkers **47**. Der Eingang des Operationsverstärkers **47** übernimmt dabei die Funktion der Vergleichsstelle **45** in [Fig. 3](#). Das am Ausgang **64** des Operationsverstärkers **47** auftretende Signal wird über die Leitung **50** an Schwellwertschalter **65**, **66** und **67** angelegt. Der Schwellwertschalter **65** dient dem Ermitteln des Vorzeichens des Signals am Ausgang **64**; d.h. der Schwellwertschalter **65** vergleicht dieses Signal mit dem Null-Pegel, um festzustellen, ob das Signal über oder unter dem Null-Pegel liegt, also positiv oder negativ ist. Das Signal am Ausgang **64** geht, dem invertierenden Eingang **68** des Schwellwertschalters **66** und dem nichtinvertierenden Eingang **69** des Schwellwertschalters **67** zu. Gleichzeitig werden an den jeweils anderen Eingang **70**, **71** der Schwellwertschalter **66**, **67** Dreieckssignale über Leitungen **72**, **73** angelegt. Diese Dreieckssignale werden von dem Oszillator **53** erzeugt, der eine selbstschwingende Oszillatorstufe **74** aufweist. Weil aufgrund von Bauteile-Toleranzen das am Ausgang **75** der Oszillatorstufe **74** auftretende Signal in der Regel nicht ganz symmetrisch ist, für die Aussteuerung der Schwellwertschalter **66**, **67** aber eine symmetrische Dreiecksspannung benötigt wird, erfolgt mittels eines Flipflops **76** eine Teilung des Signals am Ausgang **75** durch zwei. Auf diese Weise werden an den Ausgängen **77**, **78** des Flipflops **76** zwei exakt symmetrische Ausgangssignale erhalten. Diese Ausgangssignale laufen über einen Tiefpaß **79** bzw. **80**, wodurch die rechteckförmigen Signale an den Ausgängen **77**, **78** in annähernd sägezahnförmige Spannungen auf den Leitungen **72**,

73 umgewandelt werden. Dabei stellt sich der Nullpunkt der sägezahnförmigen Spannungen immer in die Mitte ein, weil das Flipflop **76** stets exakt von Null nach positiven Werten bis zur Bezugsspannung und wieder zurück schwingt. Die Dreieckssignale auf den Leitungen **72**, **73** werden in den Schwellwertschaltern **66**, **67** mit dem Signal am Ausgang **64** des Operationsverstärkers **47** verglichen, wodurch an den Ausgängen **81**, **82** der Schwellwertschalter **66**, **67** zwei komplementäre Ausgangssignale in Form von positiv gerichteten Impulsen erhalten werden. Diese Signale werden über eine exklusive ODER-Schaltung **84** gemischt, um das Ausgangssignal auf der Leitung **33** zu bilden. Das die Form von positiven Stromimpulsen aufweisende Signal auf der Leitung **33** bestimmt den Betrag des Motorstroms, wobei der Flächeninhalt, d.h. die mittlere Fläche, der Stromimpulse dem Betrag des Fehlersignals am Ausgang **64** des Operationsverstärkers **47** entspricht.

[0024] Das Ausgangssignal des Schwellwertschalters **65** auf einer Leitung **85**, welches das Vorzeichen des Signals am Ausgang **64** beinhaltet, wird über ein Flipflop **86** mit dem von der Oszillatorstufe **74** vorgegebenen Takt synchronisiert, um auch bei sehr kleinem Steuersignal Schwingungserscheinungen zu vermeiden. Das Flipflop **86** bildet dabei zugleich den Inverter **30** der [Fig. 3](#).

[0025] Die Endstufe **16** besteht entsprechend [Fig. 4](#) aus einem Decoder **88** und drei damit verbundenen Halbbrücken **89**, **90** und **91**. Letztere stehen ihrerseits mit den drei Wicklungssträngen **92**, **93** und **94** des Motors **10** in Verbindung. Bei **95** ist schematisch der vorzugsweise dauermagnetische Rotor des Motors **10** angedeutet. Dem Rotor **95** ist der Encoder **13** zugeordnet, der eine Drehstellungsdetektorgruppe aufweist, bei der es sich vorzugsweise um drei in den Motor integrierte Hallgeneratoren oder Hall-ICs handeln kann. Der Decoder **88** hat die Aufgabe, die über die Leitungen **28** und **33** einlaufenden Signale in Abhängigkeit von den Drehstellungsdetektor-Ausgangssignalen auf den Leitungen **97**, **98**, **99** so auf die Halbbrücken **89**, **89**, **91** zu verteilen, daß sich der Motor **10** in der gewünschten Richtung dreht.

[0026] [Fig. 7](#) zeigt eine abgewandelte Ausführungsform der Erfindung. Während bei der zuvor erläuterten Ausführungsform das Steuersignal für die Endstufe **16** in ein Drehrichtungs- oder Vorzeichensignal und ein Betragssignal aufgeteilt wird, arbeitet die abgewandelte Ausführungsform gemäß [Fig. 7](#) mit einem Linkssignal und einem Rechtssignal, die pulsieren, wobei das Tastverhältnis um so größer wird, je mehr nach rechts bzw. nach Links gedreht oder je stärker das Drehmoment werden soll. Es sind also zwei getaktete Signale vorgesehen, wobei im Normalbetrieb das eine Signal nicht getaktet ist und das andere taktet oder umgekehrt. In der Nullstellung, d.h. dann, wenn sich der Motor nicht bewegen soll, ist

es günstig, beide Signale zu takten, um auf diese Weise im Umkehrpunkt eine kleine Hysterese zu erhalten. Das pulsierende Iststrom-Signal, das nur den Betrag des Motorstroms erkennen läßt, wird wiederum an dem Strommeßwiderstand **35** abgenommen. Das Signal am Widerstand **35** wird mittels des Operationsverstärkers **22** verstärkt. Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers **22** geht auf den Inverter **23**. Das nichtinvertierte und das invertierte Ausgangssignal des Operationsverstärkers **22** werden den Schaltern **24** bzw. **25** zugeführt, die über die Steuerleitungen **26**, **27** mit dem einen bzw. dem anderen Endstufensteuersignal beaufschlagt sind, die vorliegend mit R (rechts) bzw. L (links) bezeichnet sind. Auf diese Weise wird entweder der Schalter **24** oder der Schalter **25** pulsweise eingeschaltet. An dem den Schaltern **24**, **25** nachgeschalteten Speicherglied (Kondensator) **29** entsteht wieder ein phasenrichtiges Iststrom-Signal. Dieses Iststrom-Signal gelangt über die Leitung **34** zum Stromregelverstärker **18**. Das Ausgangssignal des Stromregelverstärkers **18** wird über Widerstände **101**, **102** mit einem aus einem Dreiecksignal-Generator **103** kommenden Dreiecksignal zusammenaddiert und dann auf zwei Schwellwertschalter, **105**, **106** gegeben, die zusammen mit dem Dreiecksignal-Generator **103** den Impulsbreitenmodulator **19** ([Fig. 2](#)) bilden. Dabei geht das Signal von den Widerständen **101**, **102** über eine Leitung **107** an den invertierenden Eingang des Schwellwertschalters **105** und den nichtinvertierenden Eingang des Schwellwertschalters **106**. Der jeweils andere Eingang der Schwellwertschalter **105**, **106** ist über Potentiometer **108** bzw. **109** auf einen Bezugspegel gelegt. Infolgedessen schaltet der eine Schwellwertschalter nur oberhalb einer gewissen Signalamplitude und der andere nur unterhalb einer gewissen Signalamplitude. Auf diese Weise werden die beiden Ausgangssignale R und L gebildet, die zusammen mit den Drehstellungsdetektorsignalen auf Leitungen **110**, **111**, **112** an den Decoder **88** gehen. Der Decoder **88** ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als ROM-Speicher ausgelegt. Er läßt sich grundsätzlich aber auch aus logischen Bauelementen, wie UND-, ODER-, NAND- bzw. NOR-Schaltungen, aufbauen. An den Decoder **88** sind wiederum die Halbbrücken **89**, **90** und **91** angeschlossen.

Patentansprüche

1. Getakteter Vierquadranten-Servoverstärker (**11**) zur Stromregelung für den Betrieb eines Gleichstrommotors (**10**), insbesondere eines kollektorlosen Gleichstrommotors, mit einer Endstufe (**16**) mit in H-Schaltung angeordneten Endstufentransistoren (**41**, **42**), einem analogen Regelverstärker (**18**) mit nachgeschaltetem Analog/Digital-Wandler (**19**) und einer den Regelverstärker (**18**) mit einem Iststromsignal beaufschlagenden Einrichtung (**17**) zur Messung des Motorstroms, wobei diese Einrichtung (**17**) einen außerhalb der Endstufe (**16**) liegenden, allen

Halbbrücken (**89, 90, 91**) der H-Schaltung gemeinsamen Strom-Messwiderstand (**35**) aufweist, an dem ein den Betrag des Motor-Iststromes darstellendes Signal auftritt, gekennzeichnet durch eine dem Strom-Messwiderstand (**35**) nachgeschaltete, von dem Analog/Digital-Wandler (**19**) angesteuerte Schaltungsstufe (**22, 23, 24, 25, 29** bis **32, 52**) mit einer mit dem Ausgangssignal des Regelverstärkers (**18**) beaufschlagten Richtungserkennungsschaltung (**30, 31, 32, 52**) zur Abgabe von Signalen in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehrichtung des Motors (**10**), die Schalter (**24, 25**) ansteuern, die ein Speicherglied (**29**) mit dem dem Betrag des Motor-Iststromes entsprechenden Signal beaufschlagen.

der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass der Analog/Digital-Wandler (**19**) zwei Schwellwert-schalter (**105, 106**) zur Abgabe von zwei der Endstufe (**16**) zugehenden Steuersignalen (L, R) für Rechts- bzw. Linkslauf des Motors (**10**) aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

2. Vierquadranten-Servoverstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Analog/Digital-Wandler (**19**) als Impulsbreitenmodulator ausgelegt ist.

3. Vierquadranten-Servoverstärker nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Speicherglied (**29**) über die Schalter (**24, 25**) in Abhängigkeit von der Drehrichtung des Motors (**10**) mit dem dem Betrag des Motor-Iststromes entsprechenden Signal unmittelbar oder nach Invertieren dieses Signals beaufschlagt wird.

4. Vierquadranten-Servoverstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelverstärker (**18**) als PI-Regelverstärker ausgelegt ist.

5. Vierquadranten-Servoverstärker nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Impulsbreitenmodulator einen Dreieckssignalgenerator (**74, 76**) aufweist.

6. Vierquadranten-Servoverstärker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Richtungserkennungsschaltung (**30, 31, 32, 52**) mit dem Dreieckssignalgenerator (**74, 76**) synchronisiert ist.

7. Vierquadranten-Servoverstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Endstufe (**16**) einen mit den Ausgangssignalen des Analog/Digital-Wandlers (**19**) und mit den Ausgangssignalen eines Drehstellungsendcoders (**13**) beaufschlagten Decoder (**88**) aufweist, der die Ausgangssignale des Analog/Digital-Wandlers drehstellungsabhängig auf die drei Halbbrücken (**89, 90, 91**) verteilt.

8. Vierquadranten-Servoverstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Analog/Digital-Wandler (**19**) einen Schmitt-Trigger (**52**) zur Abgabe eines der Endstufe (**16**) zugehenden Drehrichtungssignals (**28**) aufweist.

9. Vierquadranten-Servoverstärker nach einem

Anhängende Zeichnungen

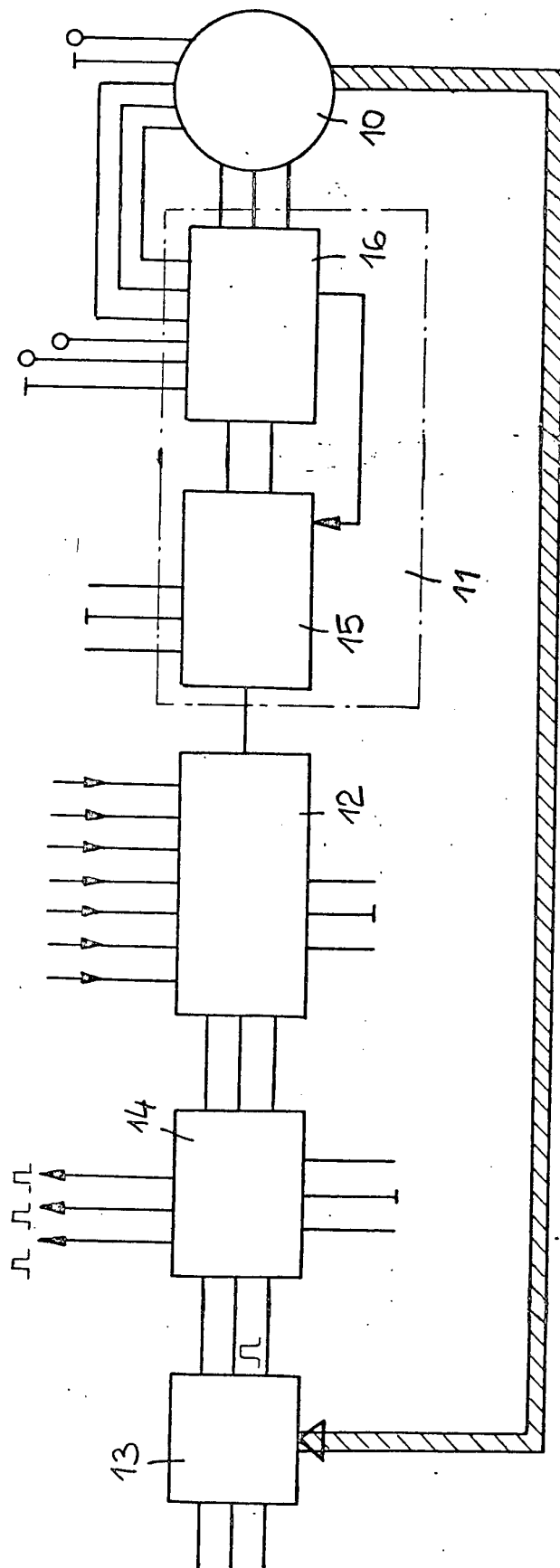
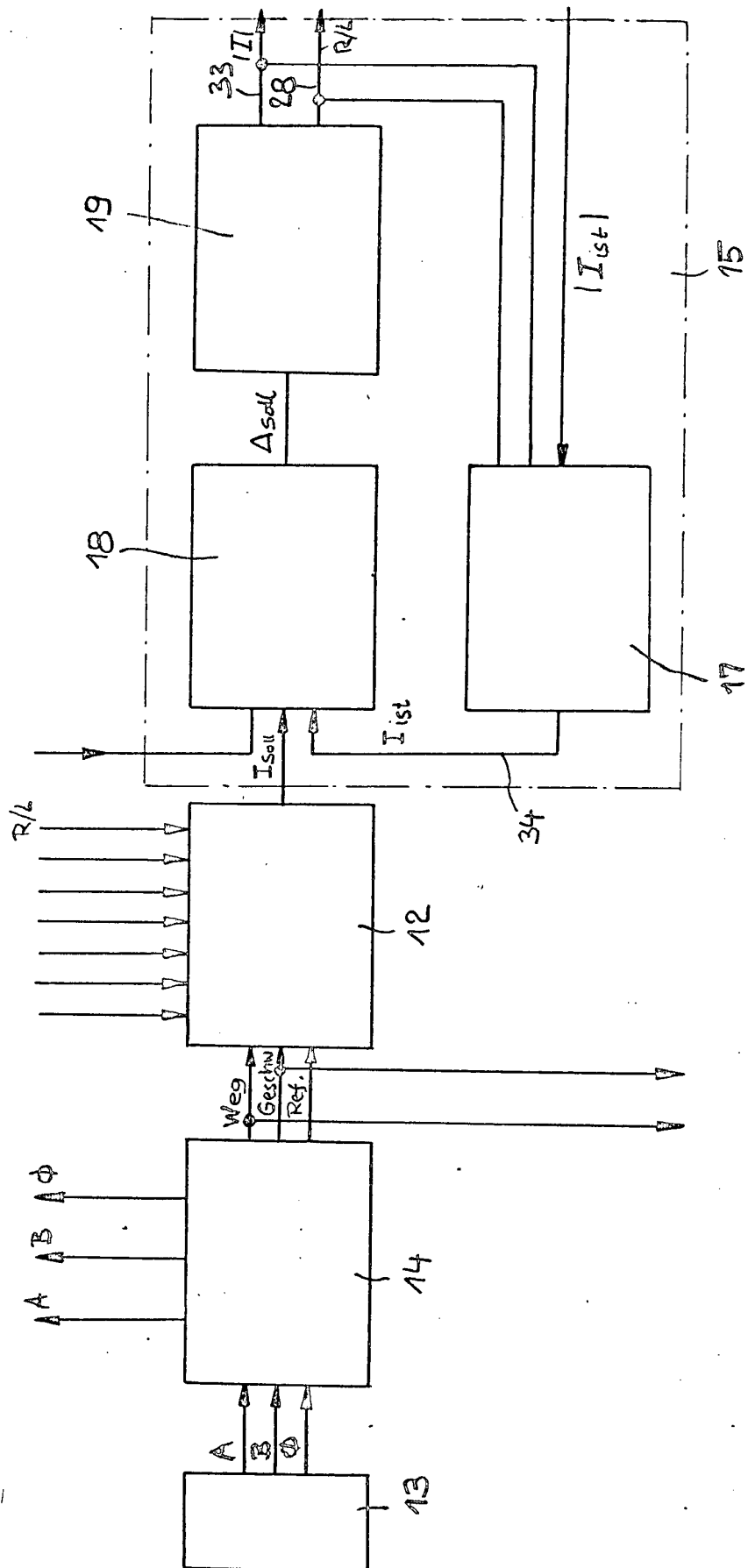


Fig. 1

Fig. 2



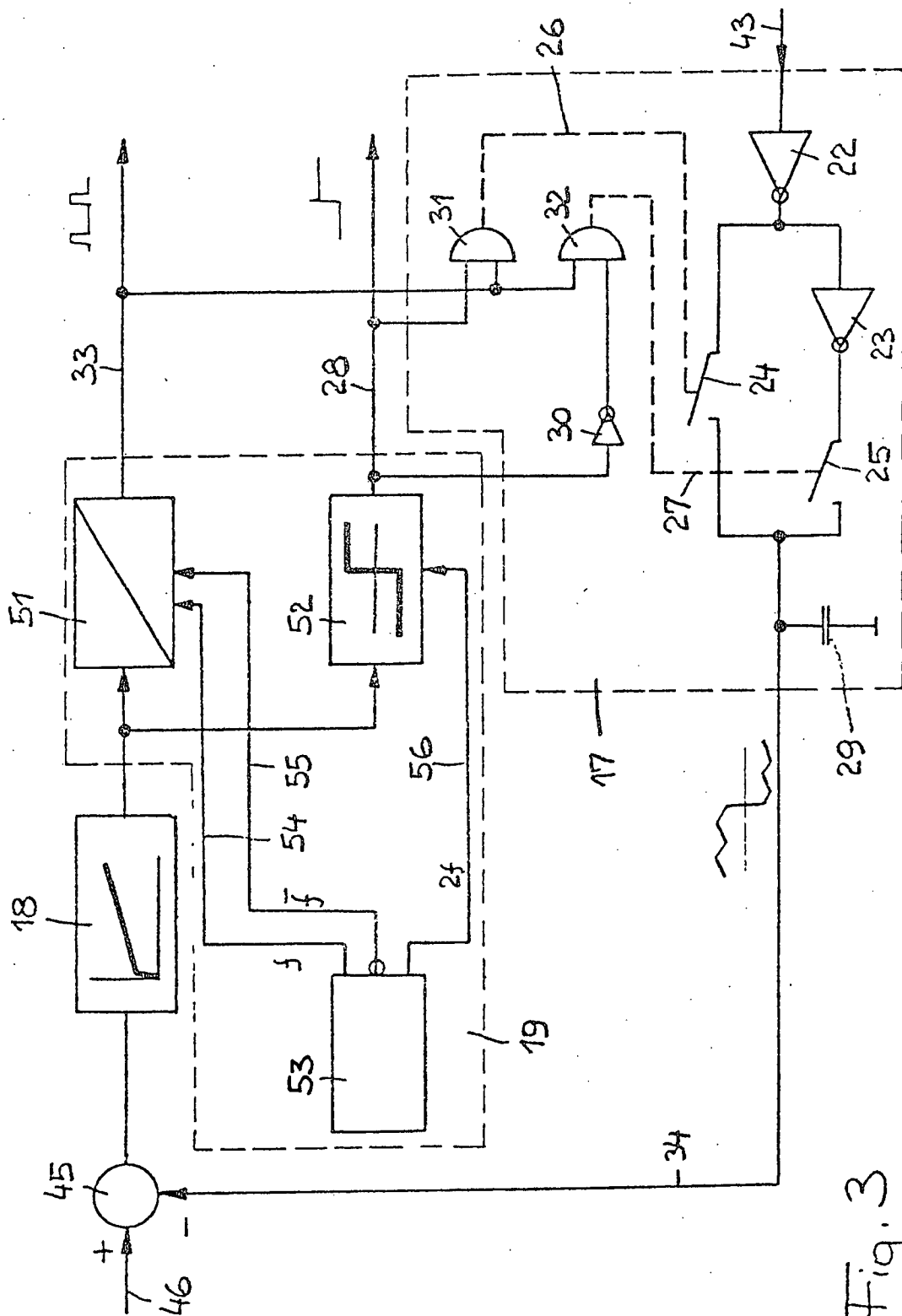


Fig. 3

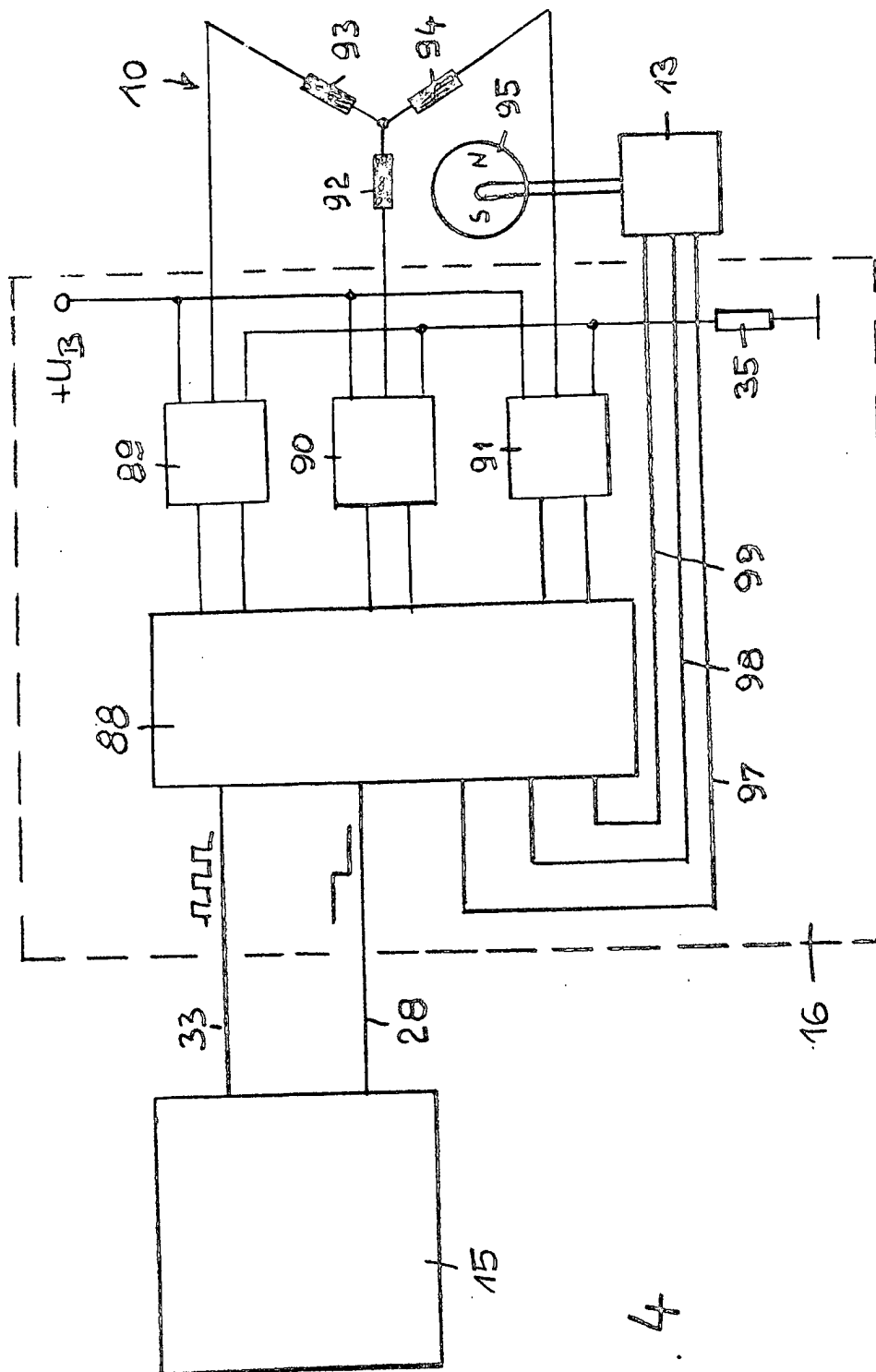


Fig. 4

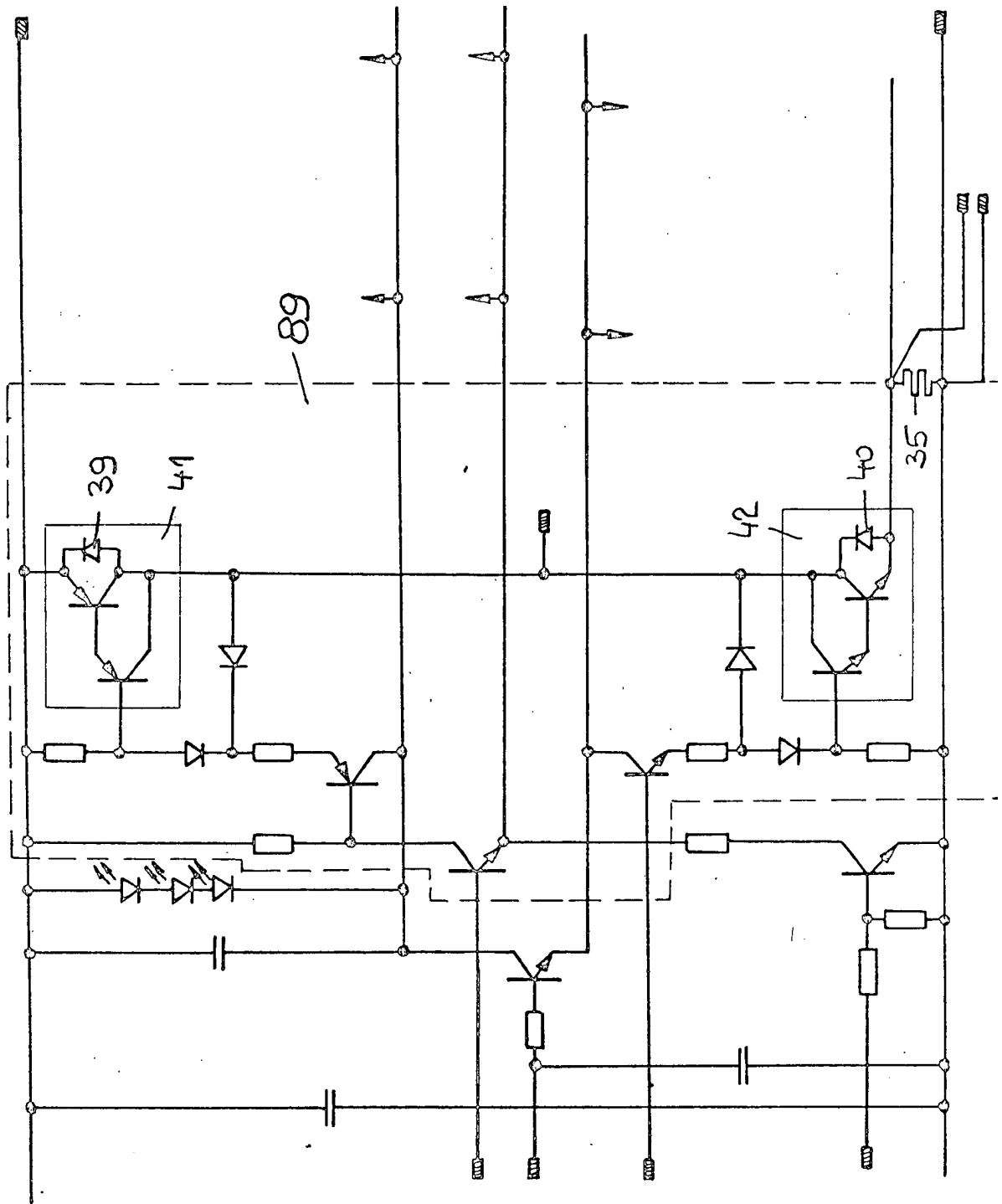
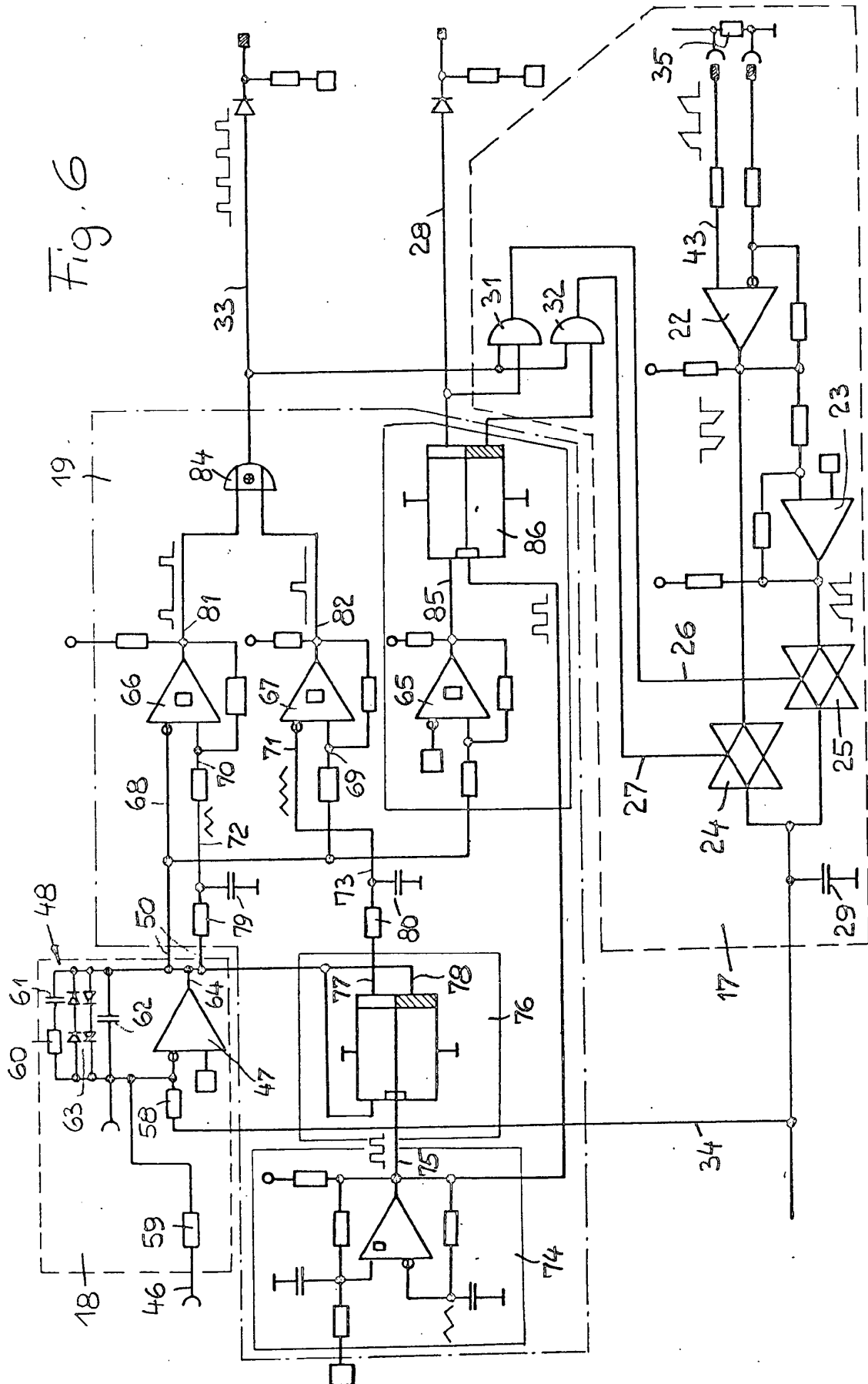


Fig. 5



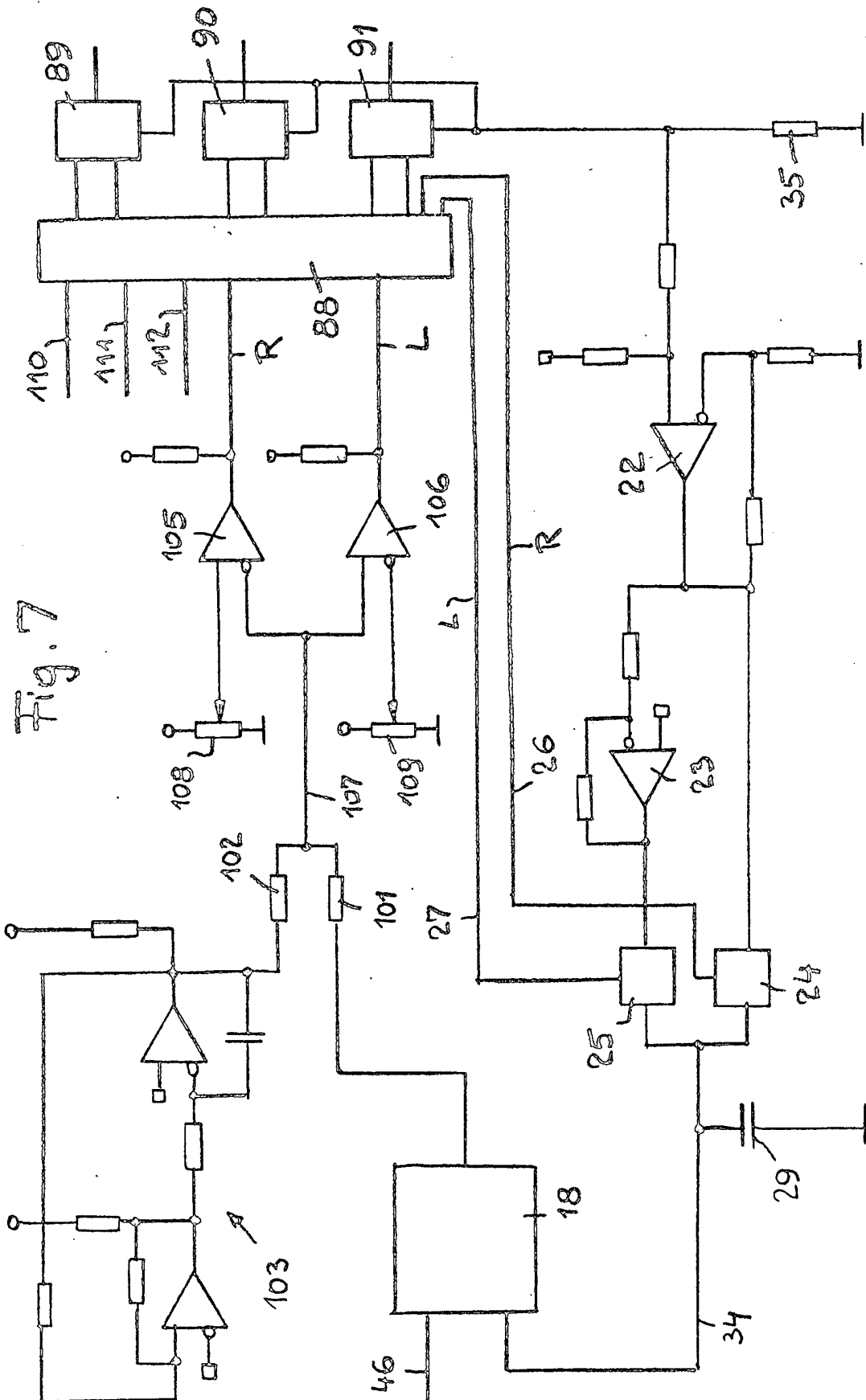


Fig. 7