



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 36 07 014 B4** 2007.03.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 36 07 014.9**
(22) Anmeldetag: **04.03.1986**
(43) Offenlegungstag: **11.09.1986**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H02P 7/29** (2006.01)
H02H 7/085 (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).

(66) Innere Priorität:
P 35 07 747.6 05.03.1985

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

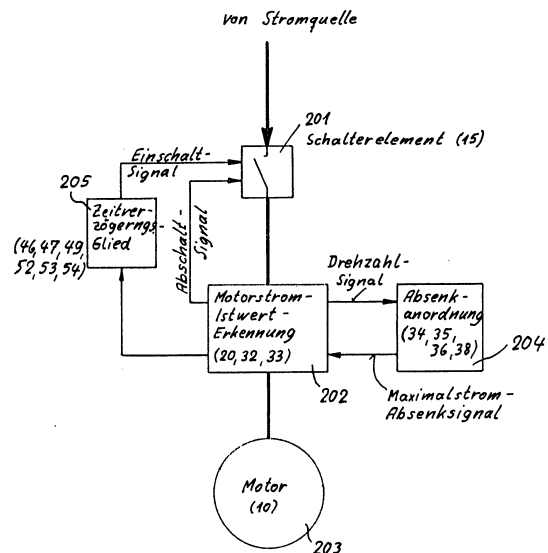
(74) Vertreter:
**Patentanwälte Westphal Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen**

(72) Erfinder:
Müller, Rolf, Dr.-Ing., 78112 St. Georgen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 30 44 056 C2
DE 23 46 380 C3
DE 31 25 157 A1
DE 30 44 027 A1
DE 25 01 786 A1
US 40 30 005

(54) Bezeichnung: **Schaltungsanordnung zur pulsbreitenmodulierten Ansteuerung eines Gleichstrommotors**

(57) Hauptanspruch: Schaltungsanordnung zur pulsbreitenmodulierten Ansteuerung eines Gleichstrommotors (10), welcher über ein in Serie geschaltetes und von einer Steuereinrichtung angesteuertes Schaltelement (15) an Klemmen (14, 17) einer Stromquelle geschaltet ist, mit einer Motorstromistwerterkennungseinrichtung (20) und mit einer Strombegrenzungseinrichtung (27, 110), welche bei einem von der Motorstromistwerterkennungseinrichtung (20) erfassten, vorgegebenen maximal zulässigen Motorstrom das Schaltelement (15) öffnet, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene maximal zulässige Motorstrom durch das Taktverhältnis der pulsbreitenmodulierten Ansteuerung steuerbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur pulsbreitenmodulierten Ansteuerung eines Gleichstrommotors nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Eine derartige Schaltungsanordnung ist aus der DE 3 125 157 A1 bekannt. Ähnliche Schaltungsanordnungen beschreiben die DE 2 501 786 A1 und die DE 3 044 027 A1.

[0003] Bei der durch die DE 3 044 027 A1 bekannten Schaltungsanordnung ist eine Strombegrenzungsanordnung vorgesehen, die den Maximalstrom des Motors über dessen ganzem Drehzahlpektrum weitgehend konstant hält. Wird ein solcher Motor durch äussere Eingriffe blockiert, so zieht er einen relativ hohen Strom und kann deshalb überhitzt werden.

Aufgabenstellung

[0004] Deshalb ist es Aufgabe der Erfindung, bei einem solchen Motor den Strom insbesondere bei blockiertem Motor zu reduzieren.

[0005] Nach der Erfindung wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

[0006] Die Vorteile der Erfindung bestehen insbesondere darin, dass eine übermässige Erwärmung des Motors oder anderer Bauteile sicher vermieden wird, auch wenn der Motor blockiert ist oder mit einer geringeren als der Nenndrehzahl, z.B. während der Hochlaufphase, läuft. Dieser Vorteil wird mit äusserst geringem Schaltungsaufwand erreicht, so dass weder nennenswerte Mehrkosten entstehen noch das bauliche Volumen sonderlich vergrössert wird.

Ausführungsbeispiel

[0007] Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten, in keiner Weise als Einschränkung der Erfindung zu verstehenden Ausführungsbeispielen, sowie aus den Unteransprüchen. Es zeigen:

[0008] [Fig. 1](#) eine Prinzipdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels,

[0009] [Fig. 2](#) eine Prinzipdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels,

[0010] [Fig. 3](#) ein erstes detailliertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Schaltungsanordnung,

[0011] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines kollektorlosen Aussenläufermotors bekannter Bauart,

[0012] [Fig. 5](#) Schaubilder zur Erläuterung der Wirkungsweise von [Fig. 6](#) und

[0013] [Fig. 6](#) ein zweites detailliertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Schaltungsanordnung.

[0014] [Fig. 1](#) zeigt eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemässen Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors. Die in Klammern angegebenen Bezugsziffern sind der [Fig. 3](#) entnommen und sollen lediglich dazu dienen, einen Vergleich der Prinzipdarstellung mit einem detaillierten Ausführungsbeispiel zu erleichtern.

[0015] Der von einer nicht dargestellten Stromquelle zugeführte Motorstrom gelangt über ein Schalterelement (**201**) an eine Schaltung (**202**) zur Motorstrom-Istwert-Erkennung und von dort an den Gleichstrommotor (**203**). In der Schaltung (**202**) zur Motorstrom-Istwert-Erkennung wird überwacht, ob der durch die Gegen-EMK beeinflusste Motorstrom einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet (wobei wie zu den [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) näher beschrieben, die Gegen-EMK von der Motordrehzahl abhängig ist). Wird der vorgegebene Maximalstrom, insbesondere bei blockiertem Motor oder während der Hochlaufphase, überschritten, so gibt die Schaltung (**202**) ein Abschaltesignal an das Schalterelement (**201**), woraufhin der Motorstrom unterbrochen wird. Gleichzeitig wird ein Signal an eine Absenkanordnung (**204**) abgegeben, die, z.B. unter Verwendung kapazitiver Bauelemente, derart ausgestaltet ist, dass sie mit relativ langer Zeitkonstante – gemessen an der Pulsbreitendauer der Mo-

torbestromung – aus mehreren solcher Signale das Ein/Aus-Verhältnis der Motorbestromung mittelt. Weiterhin wird ein Zeitverzögerungsglied (205) aktiviert, das nach Ablauf der Zeitverzögerung ein Einschaltsignal an das Schalterelement (201) abgibt, so dass der Motor (203) wieder mit der Stromquelle verbunden ist. Dieser Ablauf wiederholt sich entsprechend der Zeitkonstante der Absenkanordnung (204) über mehrere Ein/Aus Perioden der Motorbestromung und führt schliesslich zur Abgabe eines Maximalstrom-Absenksignals an die Motorstrom-Istwert-Erkennungsschaltung (202), in der daraufhin der obere, überwachte Grenzwert des Motorstroms erniedrigt wird.

[0016] Auf diese Weise erfolgt mit einfachen Mitteln eine Reduzierung des Motorstroms in Abhängigkeit von der Motordrehzahl, und zwar immer dann, wenn der Motor nicht mit seiner Nenndrehzahl läuft oder gar blockiert ist.

[0017] In [Fig. 2](#) ist das Prinzipbild einer Variante der [Fig. 1](#) gezeigt, gemäss der auf das Zeitverzögerungsglied der [Fig. 1](#) verzichtet werden kann. Auch hier wird der Motorstrom über ein Schalterelement (206) und eine Motorstromistwerterkennungseinrichtung (207) dem Motor (208) zugeführt. Abweichend zu [Fig. 1](#) ist hier jedoch die Motorstromistwerterkennungseinrichtung (207) befähigt, sowohl einen vorgegebenen Maximalstrom als auch einen ebenfalls vorgegebenen Minimalstrom zu erkennen. Auch hier wird, wenn der Motorstrom den vorgegebenen Maximalwert übersteigt, ein Abschaltsignal an das Schalterelement (206) gegeben, woraufhin die Stromzufuhr unterbrochen wird. Nunmehr ermittelt die Motorstromistwerterkennungseinrichtung (207) aus dem im Motor (208) abklingenden Strom, wann der vorgegebene untere Grenzwert unterschritten wird. Sobald Unterschreitung des unteren Grenzwertes festgestellt wird, gibt die Motorstromistwerterkennungseinrichtung (207) ein Einschaltsignal an das Schalterelement (206), woraufhin der Motor (208) wieder mit der Stromquelle verbunden wird. Auch hier wird also der Motorstrom nach einer Zeitverzögerung nach dem Abschalten wieder eingeschaltet.

[0018] Die Absenkanordnung (209) wirkt auch hier in der zu [Fig. 1](#) beschriebenen Weise.

[0019] [Fig. 3](#) zeigt einen Gleichstrommotor 10, der als üblicher Kollektor-Kleinmotor ausgebildet sein kann und zu dem eine Freilaufdiode 11 parallelgeschaltet ist. Der eine Anschluss des Motors 10 ist mit einer Plusleitung 12 verbunden, die über eine als Falschpolsicherung dienende Diode 13 an eine Anschlussklemme 14 geführt ist. Der andere Anschluss des Motors 10 ist mit dem Kollektor eines als npn-Darlingtontransistors 15 ausgebildeten Schalterelement verbunden, dessen Emitter mit einer Minusleitung 16 verbunden ist, die über eine als niederohmiger Messwiderstand ausgebildete Motorstromistwerterkennungseinrichtung 20 und einen daran anschliessenden Leitungsabschnitt 21 zu einer Anschlussklemme 17 der Motoranordnung führt. Die Klemmen 14 und 17 können z.B. an eine Batterie von 12 oder 24 V angeschlossen sein.

[0020] Zwischen den Leitungen 12 und 21 liegt ein Glättungskondensator 18. Ferner führt von der Leitung 12 ein Widerstand 19 zu einem Knotenpunkt 22, und von letzterem führt eine Zenerdiode 23 zur Leitung 21. Der Knotenpunkt 22 ist mit der Basis eines npn-Transistors 24 verbunden, dessen Kollektor über einen Widerstand 25 mit der Leitung 12 verbunden ist und dessen Emitter zu einer Leitung 26 führt, an der im Betrieb eine relativ zur Leitung 21 konstante Spannung, z.B. von plus 5 V, liegt. Die Elemente 19-25 dienen also als Spannungskonstanthalter für die an die Leitung 26 angeschlossenen Bauelemente einer Strombegrenzungseinrichtung 27, welche den Spannungsabfall am Messwiderstand 20 erfasst und bei einem bestimmten Maximalstrom, entsprechend einem Spannungsabfall am Widerstand 20, den Darlingtontransistor 15 sperrt, so dass der Strom von den Klemmen 14, 17 zum Motor 10 unterbrochen wird und der Strom im Motor 10 über die Freilaufdiode 11 abklingen kann.

[0021] Nach einer Zeitverzögerung, die durch Zeitglieder bewirkt wird, aber auch durch den Zeitablauf bis zur Erkennung eines bestimmten Minimalstroms gegeben sein kann, wird dann der Strom zum Motor 10 wieder eingeschaltet, und dieses Spiel wiederholt sich, wenn der vorgegebene Wert des Maximalstroms erneut überschritten wird. Die Erfindung befasst sich mit dem Problem, diesen vorgegebenen Wert des Maximalstromes drehzahlabhängig so zu steuern, dass er bei der Drehzahl Null und bei niedrigen Drehzahlen kleiner ist als bei der Nenndrehzahl des Motors 10.

[0022] Die Strombegrenzungseinrichtung 27 weist einen Operationsverstärker 30 auf, der als Komparator dient und von den Leitungen 26 und 21 mit Strom versorgt wird. Sein invertierender Eingang, der mit einem Minuszeichen gekennzeichnet ist, ist mit einem Knotenpunkt 31 verbunden, von dem ein Widerstand 32 zur Leitung 26 und ein Widerstand 33 zur Leitung 21 führt. Die Widerstände 32 und 33 bilden also einen Spannungsteiler. Parallel zum Widerstand 33 liegt ein Kondensator 34 von einigen Mikrofarad. Ferner führt vom Knotenpunkt 31 ein Widerstand 35 zum Kollektor eines npn-Transistors 36, dessen Emitter mit der Leitung 21

und dessen Basis über einen Widerstand **38** mit dem Ausgang **37** des Komparators **30** verbunden ist. Letzterer ist intern so aufgebaut, dass sein Ausgang **37** intern mit der Leitung **21** verbunden ist, solange sein nicht invertierender Eingang + ein negativeres Potential hat als sein invertierender Eingang -. Im umgekehrten Fall hingegen ist der Ausgang **37** nicht mehr mit der Leitung **21** verbunden (sogenannte Schaltung mit offenem Kollektor). Dieser Ausgang **37** ist über einen Widerstand **39** mit der Leitung **26** und über einen Widerstand **42** mit der Basis eines npn-Transistors **43** verbunden, dessen Kollektor über einen Widerstand **44** mit der Leitung **12** und dessen Emitter mit der Leitung **16** verbunden ist. Ist also der Ausgang **37** des Komparators **30** mit der Leitung **21** verbunden, so sperren die Transistoren **36** und **43**, und der Transistor **15** erhält einen Basisstrom über den Widerstand **44**, so dass dem Motor **10** über den Transistor **15** Strom zugeführt wird. Ist umgekehrt der Ausgang **37** des Komparators **30** nicht mit der Leitung **21** verbunden, so erhalten die Transistoren **36** und **43** über den Widerstand **39** einen Basisstrom und leiten. Dann ist der Transistor **15** gesperrt, und der Transistor **36** bewirkt, dass der Widerstand **35** zum Widerstand **33** parallelgeschaltet wird. Da die Widerstände **35** und **33** bevorzugt so ausgelegt sind, dass der Widerstand **35** nur geringfügig kleiner ist als der Widerstand **33**, wirkt dies in der Praxis wie eine Halbierung des Wertes des Widerstands **33** bzw. der an diesem liegenden Spannung, welche den Höchstwert des Stromes durch den Messwiderstand **20** festlegt.

[0023] Da der Komparator **30** im Betrieb ständig seinen Schaltzustand ändert, und zwar abhängig von der Drehzahl des Motors **10** und damit von dessen Gegen-EMK, wird der Transistor **36** im Betrieb laufend leitend und gesperrt, so dass die Spannung zwischen dem Knotenpunkt **31** und der Leitung **21** an sich im Rhythmus dieser Änderungen ständig schwanken würde. Dies wird vermieden durch den Kondensator **34**, der diese Spannung glättet, so dass die Gleichspannung am Kondensator **34** bei normaler Betriebsdrehzahl hoch ist, da dann der Transistor **36** ständig sperrt, bei blockiertem Motor **10** dagegen niedrig ist, da dann der Transistor **36** einen grossen Teil der Zeit leitend ist. Beim Hochlaufen des Motors **10** nimmt diese Spannung am Kondensator **34**, ausgehend vom Niedrigwert bei Stillstand, bis zum Höchstwert bei der Betriebsdrehzahl etwa kontinuierlich zu. Auf diese Weise ist der Wert des Maximalstroms, der durch die Strombegrenzungsanordnung **27** begrenzt wird, eine Funktion der Drehzahl des Motors **10**.

[0024] Die Anordnung von Transistor **36**, Widerständen **33** und **35**, sowie dem Kondensator **34**, wirkt also ähnlich wie ein Digital-Analog-Umsetzer zur Steuerung dieses Wertes abhängig vom Taktverhältnis der Stromimpulse und damit – indirekt – von der Drehzahl des Motors **10**.

[0025] Der Komparator **30** ist als sogenannter Taktverstärker geschaltet und hat hierzu eine positive Rückkopplung, welche eine Kapazität enthält, so dass der Komparator **30**, wenn er auf einen zu hohen Motorstrom angesprochen hat, erst nach einer bestimmten Zeit wieder in den vorherigen Zustand zurückschalten kann. Der Ausgang **37** ist hierzu über die Serienschaltung eines Widerstands **46** und eines ersten Kondensators **47** mit einem Knotenpunkt **48** verbunden, der über einen zweiten Kondensator **49** mit dem nicht invertierenden Eingang des Komparators **30** verbunden ist. Ferner sind zwei Dioden **52**, **53** vorgesehen. Die Anode der Diode **53** ist mit der Leitung **21** verbunden, ihre Kathode mit dem Knotenpunkt **48**. Die Kathode der Diode **52** ist direkt mit dem nicht invertierenden Eingang des Komparators **30** und – über einen Widerstand **54** – mit der Leitung **16** verbunden, während ihre Anode mit dem Knotenpunkt **48** verbunden ist.

[0026] Die Zeitkonstante des Taktverstärkers wird im wesentlichen bestimmt durch die Widerstände **46** und **54** und durch den Kondensator **47**. (Der Widerstand **46** dient hauptsächlich zur Verhinderung von HF-Schwingungen des Komparators **30**). Diese Schaltelemente bestimmen im wesentlichen die Umladezeit des Kondensators **47**. Da bei blockiertem Motor und bei niedrigen Drehzahlen der Taktverstärker mit einer hohen Frequenz schaltet, steht an sich nicht genügend Zeit zur Verfügung, um den Kondensator **47** umzuladen. Hierdurch würde mit fallender Drehzahl der Motorstrom ansteigen, z.B. um 30 %, was aus den erläuterten Gründen unerwünscht ist, zumal hierdurch auch der Leistungstransistor **15** gefährdet werden könnte, besonders bei blockiertem Motor **10**. Durch die Diode **53** erreicht man nun, dass beim Laden des Kondensators **47** keine Verzögerung mehr auftritt, da die Diode **53** dann den Widerstand **54** überbrückt. Dagegen sperrt die Diode **53** beim Entladen des Kondensators **47**, aber die Diode **52** wird leitend, so dass die Entladung über den Widerstand **54** erfolgt und das erforderliche Zeitverhalten ergibt.

[0027] Um ferner das Verhalten der positiven Rückkopplung in der gewünschten Weise zu beeinflussen, ist der zweite Kondensator **49** vorgesehen, welcher z.B. ein Drittel der Kapazität des Kondensators **47** hat und zur Diode **52** parallelgeschaltet ist.

[0028] Dieser Kondensator **49** bewirkt ein rasches Umschalten des Taktverstärkers. Würde er gleich gross gemacht werden wie der Kondensator **47**, so würde sich wieder das unerwünschte Verhalten bei niedrigen Drehzahlen ergeben, da ja Lade- und Entladevorgang des zweiten Kondensators **49** nicht unsymmetrisch ge-

macht worden sind. Durch die Dioden **52** und **53** verhindert man also, dass der Motorstrom – ohne den Transistor **36** und den Widerstand **35** – mit fallender Drehzahl auf höhere Werte begrenzt wird.

[0029] Nachfolgend werden einige typische Werte für die Bauteile der Anordnung nach [Fig. 3](#) angegeben, wobei k = kOhm und n = nF bedeuten:

Diode 13 ...	Typ 4001
Kondensator 18 ...	100 µF
Widerstand 20 ...	0,1 Ohm
Widerstand 32 ...	100 k
Widerstand 33 ...	13 k
Widerstände 35, 38, 42, 46	10k
Widerstände 39, 44 ...	1,5 k
Widerstand 46 ...	1 k
Verstärker 30 ...	LM 393
Kondensator 47 ...	15 n
Kondensator 49 ...	4,7 n
Widerstand 54 ...	3,3 k
Kondensator 34 ...	3 µF

Arbeitsweise:

[0030] Beim Einschalten des stillstehenden Motors ist die Gegen-EMK des Motors **10** gleich Null, da sich dieser noch nicht dreht.

[0031] Der Motorstrom steigt deshalb rasch an, so dass die Strombegrenzungseinrichtung **27** nach kurzer Einschaltzeit anspricht und den Strom mit hoher Taktfrequenz und niedrigem Taktverhältnis unterbricht. Der Transistor **36** wird deshalb mit dieser hohen Taktfrequenz nur kurzzeitig gesperrt, z.B. 10 ms, und dann relativ lange Zeit leitend, z.B. 50 ms, und reduziert dadurch die Spannung am Kondensator **34** auf etwa die Hälfte des Wertes bei ständig geöffnetem Transistor **36**. Dadurch wird der Strom durch den Messwiderstand **20** auf etwa die Hälfte des Wertes bei Nenndrehzahl begrenzt, und da dieser reduzierte Strom – durch das ständige Ein- und Ausschalten des Taktverstärkers **30** – dem Motor von aussen her nur jeweils während kurzer Zeitintervalle zugeführt wird, wird die Leistungszufuhr zum Motor **10** auf etwa ein Viertel der Leistung bei Nenndrehzahl begrenzt, so dass im blockierten Zustand keine Überhitzung auftreten kann.

[0032] Läuft der Motor **10** hoch, so induziert er eine zu seiner Drehzahl etwa proportionale Gegen-EMK, so dass der Strom in ihm weniger rasch ansteigt und die Einschaltperioden des Taktverstärkers **30** länger werden, d. h. das sogenannte Tast- oder Taktverhältnis (mark to space ratio) nimmt zu, und der Transistor **36** ist jeweils längere Zeit nicht leitend und nur während kurzer Zeitperioden leitend. Dementsprechend steigt die Spannung am Kondensator **34** an, und der Strom durch den Widerstand **20** wird auf einen höheren Wert begrenzt. Dies ist erforderlich, um z.B. bei einer drehzahlabhängigen Last wie einem Lüfter ein ausreichendes Hochlaufmoment zu erzeugen.

[0033] Bei Nenndrehzahl ist die Gegen-EMK des Motors **10** so hoch, dass dessen Strom unter dem zulässigen Maximalstrom liegt und deshalb die Strombegrenzungseinrichtung **27** nicht mehr anspricht, d.h. die beiden Transistoren **36** und **43** sind dann ständig nicht leitend, und der Transistor **15** ist ständig leitend.

[0034] Die Spannung am Kondensator **34** hat dann ihren Maximalwert, und der Strom wird auf einen Wert begrenzt, der z.B. doppelt so hoch ist wie bei der Drehzahl Null oder bei niedrigen Drehzahlen. Auf diese Weise wird der Ansprechwert der Strombegrenzung drehzahlabhängig geführt, und zwar mit einem minimalen Mehraufwand. – Die Funktionsweise der Dioden **52** und **53** wurde bereits beschrieben. Sie dienen demselben Zweck und unterstützen die Wirkung der Bauelemente **34** bis **36**.

[0035] Selbstverständlich könnte die Änderung des Ansprechwerts für die Strombegrenzung auch auf andere Weise erreicht werden. Z.B. könnte für den Widerstand **33** ein Potentiometer verwendet und dieses durch ein elektrisches Stellglied verstellt werden, dessen Ausschlag eine Funktion der Taktfrequenz des Verstärkers **30** ist. Oder aber könnte man parallel zum Widerstand **32** die Serienschaltung eines Widerstands und eines Transistors legen, wobei dieser Transistor dann leitend wäre, wenn auch der Transistor **15** leitend ist. Man müsste auch in diesem Fall den Glättungskondensator **34** verwenden, der entweder zwischen den Knotenpunkt **31** und der Leitung **21** oder dem Punkt **31** und der Leitung **26** geschaltet werden kann. Alternativ könnte auch der Wert

des Messwiderstands **20** abhängig vom Taktverhältnis verändert werden, was aber mehr Bauelemente voraussetzt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung gibt es also zahlreiche Varianten, und die dargestellte Ausführungsform ist zwar die derzeit bekannte beste Ausführungsform, aber sicher nicht die einzige.

[0036] Die [Fig. 4-Fig. 6](#) zeigen die Anwendung der vorliegenden Erfindung bei einem kollektorlosen Gleichstrommotor. Gleiche oder gleichwirkende Teile wie in [Fig. 3](#) werden auch in den [Fig. 4- Fig. 6](#) mit denselben Bezugszeichen bezeichnet wie dort und gewöhnlich nicht nochmals beschrieben. Ein typisches Beispiel eines solchen Motors ist in [Fig. 4](#) sehr schematisch dargestellt. [Fig. 4](#) zeigt einen zweipoligen, zweipulsigen, einsträngigen kollektorlosen Gleichstrommotor.

Definitionen:

Zweipulsig: Zahl der dem Stator zugeführten Stromimpulse pro Rotordrehung von 360° el. Z.B. sind das bei einem zweipulsigen Motor zwei Stromimpulse pro 360° el.
 Einsträngig: Der Motor hat nur eine einzige Wicklung. Ein solcher Motor könnte auch als einphasig bezeichnet werden.
 Zweipolig: Der Rotor hat zwei Pole.

[0037] Naturgemäss ist die vorliegende Erfindung in gleicher Weise bei Motoren mit anderer Pulsigkeit, anderer Strang- und anderer Polzahl verwendbar, ohne dass dies jeweils an Beispielen dar gestellt wird.

[0038] Der in [Fig. 4](#) dargestellte Motor **60** ist ein zweipoliger, zweipulsiger, einsträngiger Aussenläufermotor. Sein Aussenrotor **61** ist radial magnetisiert, wobei die beiden Pole durch N und S angedeutet sind.

[0039] Diese Magnetisierung ist trapezförmig mit engen Lücken **64** und **65** (ca. 5-15° el.) zwischen den Polen. Die trapezförmige Magnetisierung ergibt eine praktisch konstante Induktion über jeweils 165...175° el., und daran schliessend einen monotonen Abfall der Magnetisierung, vergl. die DE 2 346 380 C3 der Anmelderin, wo das ausführlich erläutert ist.

[0040] Der Rotor **61** hat ein Umfangsteil **62**, z.B. einen tiefgezogenen Topf aus Stahl, dessen nicht dargestellter Boden mit der – nicht dargestellten – Welle des Rotors verbunden ist. In diesem Topf **62** ist der eigentliche Magnet **63** befestigt. Auf dem Topf **62** sind Lüfterflügel **67** des Lüfters aufgeschweisst, der vom Motor **60** angetrieben wird. Es ist nur ein einziger Flügel **67** dargestellt.

[0041] In [Fig. 4](#) sind die Stellen mit praktisch konstanter Induktion (= Magnetflussdichte) für den Nordpol durch Schraffierung und für den Südpol durch Punkte schematisch angedeutet. Die Drehrichtung ist mit **66** bezeichnet. Der Stator **68** hat zwei ausgeprägte Pole: Einen oberen Pol **69**, und einen unteren Pol **70**, welche zwischen sich Nuten **73** und **74** einschliessen, in denen eine einsträngige Wicklung **75** angeordnet ist, deren beide Anschlüsse mit **78** und **79** bezeichnet sind. Ein Rotorstellungssensor **82** ist an der Öffnung der Nut **74** angeordnet. Er ist bevorzugt ein galvanomagnetischer Sensor, z.B. ein Hall-IC. Ein Hall-IC gibt bei der Drehung des Rotors **62** etwa rechteckförmige Signale mit einem Taktverhältnis von $m = 50\%$ ab, d.h. die Impulslänge ist etwa gleich der Pausenlänge.

[0042] Der Luftspalt **83** über dem Statorpol **69**, und der mit ihm in der Form übereinstimmende Luftspalt **84** über dem Pol **70**, sind so ausgebildet, wie das die US 4 030 005 zeigt. Z.B. nimmt, ausgehend von der Nut **73**, der Luftspalt **83** in Drehrichtung bis zu einem Maximum **80** zu, und nimmt von da an monoton bis zu einem Minimum d_1 wieder ab. Man erzeugt so das gewünschte Reluktanzmoment, vergl. die bereits genannte DE 2 346 380 C3. Naturgemäss kann ein erfindungsgemässer Motor in gleicher Weise auch als Innenläufermotor oder auch als Flachmotor (mit ebenem Luftspalt) aufgebaut werden. Die Luftspaltform bei dem dargestellten zylindrischen Luftspalt hängt von der Form des gewünschten Reluktanzmoments und der Art der Magnetisierung des Rotors **61** ab. Die Pollücken **64** und **65** können mit Vorteil geschrägt sein.

[0043] In der Wicklung **75** fliesst im Betrieb alternierend ein Gleichstromimpuls vom Anschluss **78** zum Anschluss **79**, und dann ein Gleichstromimpuls vom Anschluss **79** zum Anschluss **78**. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen liegt jeweils eine Strompause. Diese kann z.B. entsprechend dem DE 3 044 056 C2 (D122) erzeugt werden, insbesondere mit den Anordnungen nach [Fig. 4](#) oder [Fig. 6](#) dieser Druckschrift, auf das zur Vermeidung von Längen ausdrücklich Bezug genommen wird.

[0044] Wie [Fig. 6](#) zeigt, ist die Motorwicklung **75** Teil einer Vollbrückenschaltung **90**, welche zwei pnp-Leistungstransistoren **91**, **92** und zwei npn-Leistungstransistoren **93**, **94** aufweist. Die Emittoren der Transistoren **91**

und **92** sind an die Plusleitung **12**, die Emittoren der Transistoren **93** und **94** an die Minusleitung **16** angeschlossen. Die Kollektoren der Transistoren **91** und **93** sind miteinander und mit dem Wicklungsanschluss **78** verbunden. Ebenso sind die Kollektoren der Transistoren **92** und **94** miteinander und mit dem Wicklungsanschluss **79** verbunden. Zwei Freilaufdioden **95** und **96** sind zu den Leistungstransistoren **91** und **92** antiparallel geschaltet und schützen diese vor zu hohen Spannungsspitzen bei den Schaltvorgängen. Die Basen der Transistoren **91** und **92** sind über je einen Kondensator **101**, **102** mit der Plusleitung **12** verbunden. Die Transistoren **91-94** sind bei niedrigen Betriebsspannungen einfache Transistoren, bei hohen Betriebsspannungen bevorzugt – wie dargestellt – Darlingtontypen.

[0045] Zum Ansteuern der Brückenschaltung **90** dienen zwei npn-Transistoren **106**, **107**. Der Kollektor von **106** ist über einen Widerstand **108** mit der Basis von **92** verbunden, der Kollektor von **107** über einen Widerstand **109** mit der Basis von **91**. Der Emittor von **106** ist mit der Basis von **93** verbunden, der Emittor von **107** mit der Basis von **94**. Wenn also der Transistor **106** eingeschaltet wird, werden die beiden diagonal gegenüberliegenden Leistungstransistoren **92** und **93** leitend, und es fließt ein Strom i_1 in Richtung vom Anschluss **79** zum Anschluss **78** durch die Wicklung **75**. Wird umgekehrt der Transistor **107** eingeschaltet, so werden die diagonal gegenüberliegenden Transistoren **91** und **94** eingeschaltet, und es fließt ein Strom i_2 in Richtung vom Anschluss **78** zum Anschluss **79**.

[0046] Als Stellglieder für eine Strombegrenzungseinrichtung **110** sind ferner zwei npn-Transistoren **112** und **113** vorgesehen, die jeweils mit dem Emittor an die Minusleitung **16** angeschlossen sind. Der Kollektor von **112** ist mit der Basis von **93**, der Kollektor von **113** mit der Basis von **94** verbunden. Die Basis des Transistors **112** ist über einen Widerstand **114**, die Basis des Transistors **113** über einen Widerstand **115** mit dem Ausgang **37** der Strombegrenzungseinrichtung **110** verbunden. Wenn letztere also die beiden Transistoren **112** und **113** leitend macht, so werden die Basen der Leistungstransistoren **93** und **94** stromlos, und diese beiden Transistoren sperren, so dass die Wicklung **75** von der Minusleitung **16** getrennt ist und von dort keinen Strom mehr erhalten kann. Dagegen können in diesem Falle die Leistungstransistoren **91** und **92** nach wie vor eingeschaltet werden. Dies ist vorteilhaft, weil der Stromabfall in der Wicklung **75** weniger steil wird und sich an der Wicklung **75** kleinere Spannungsspitzen ergeben. Dadurch läuft der Motor **60** ruhiger und gleichmäßiger, die Leistungstransistoren **91-94** werden weniger belastet, und die Eisenverluste des Motors **60** werden kleiner. Ausserdem ergeben sich auf den Zuleitungen zum Motor kleinere Stromschwankungen, und dies wird unterstützt durch den Kondensator **18**.

[0047] Die Steuertransistoren **106** und **107** werden über Steuerleitungen **116**, **117** von einem Kommutierungs-Steuerteil **120** des Motors aus angesteuert. Der Steuerteil **120** enthält ein Kommutierungs-Steuerglied **118**, auch Auswahlhaltung genannt, und dieses erhält seine Steuerimpulse von dem Hall-IC **82** ([Fig. 4](#)), der wie dargestellt ebenso wie das Steuergerät **118** an die geregelte Spannung zwischen den Leitungen **26** und **21** angeschlossen ist. Wie in [Fig. 5](#) schematisch dargestellt ist, wechseln die rechteckförmigen Impulse **116'** ([Fig. 5A](#)) und **117'** ([Fig. 5B](#)) auf den Steuerleitungen **116**, **117** einander ab und sind durch Impulspausen α voneinander getrennt, so dass immer abwechselnd die Leistungstransistoren **91** und **94** und dann die Leistungstransistoren **92** und **93** leitend gemacht werden, niemals aber alle vier Transistoren **91-94** gleichzeitig, da diese sonst durch den entstehenden Kurzschluss sofort zerstört würden.

[0048] Die Brückenschaltung **90** enthält noch weitere Bauelemente, und zwar ist zwischen den Basen der Transistoren **106** und **93** ein Widerstand **123** vorgesehen, ebenso ein Widerstand **124** zwischen den Basen der Transistoren **107** und **94**. Zwischen den Emittoren der Transistoren **106** und **93** liegt ein Kondensator **125**, ebenso ein Kondensator **126** zwischen den Emittoren der Transistoren **107** und **94**. Diese Kondensatoren dienen dazu, unerwünschte Stromspitzen beim Schalten der Transistoren **91**, **92** zu vermeiden. Die Kondensatoren **101**, **102** erfüllen dieselbe Funktion bei den Transistoren **93** und **94**.

[0049] Die Strombegrenzungseinrichtung **110** ist weitgehend gleich aufgebaut wie die Strombegrenzungseinrichtung **27** der [Fig. 3](#), weshalb dieselben Bezugszeichen verwendet werden wie dort. Bei [Fig. 6](#) wird aber ein Doppelkomparator verwendet, der neben dem Operationsverstärker **30** noch einen Operationsverstärker **130** enthält, der ebenfalls so aufgebaut ist, dass sein Ausgang **131** intern mit der Leitung **21** verbunden ist, solange sein nicht invertierender Eingang + ein negativeres Potential hat als sein invertierender Eingang -. Im umgekehrten Fall ist der Ausgang **131** nicht mehr mit der Leitung **21** verbunden (sogenannte Schaltung mit offenem Kollektor). Der Verstärker **130** wird zusammen mit dem Verstärker **30** mit Strom versorgt, weshalb seine Stromversorgung nicht gesondert eingezeichnet ist. Der Widerstand **35** liegt also bei [Fig. 6](#) zwischen dem Ausgang **131** und dem Knotenpunkt **31**, und er wird durch den Operationsverstärker **130** parallel zum Widerstand **33** geschaltet, wenn der nicht invertierende Eingang + ein negativeres Potential hat als der invertierende Eingang -, während er im umgekehrten Fall nicht zum Widerstand **33** parallelgeschaltet wird.

[0050] Bei [Fig. 6](#) ist der Widerstand 32 der [Fig. 1](#) aufgeteilt in zwei seriengeschaltete Widerstände 32' und 32'', deren Verbindungspunkt 132 mit dem nicht invertierenden Eingang + des Verstärkers 130 verbunden ist. Dagegen ist der invertierende Eingang – des Verstärkers 130 mit dem Ausgang 37 des Verstärkers 30 verbunden, so dass der Verstärker 130 immer die entgegengesetzten Schaltvorgänge ausführt wie der Verstärker 30, also im Takt desselben schaltet. Wenn z.B. der Motor 60 bei Nenndrehzahl läuft und sein Strom unterhalb der Ansprechschwelle der Strombegrenzungseinrichtung 110 liegt, so ist der Ausgang 37 des Verstärkers 30 mit der Leitung 21 verbunden, so dass die Transistoren 112 und 113 sperren und die Brückenschaltung 90 normal von den Impulsen 116', 117' auf den Leitungen 116 bzw. 117 angesteuert werden kann. In diesem Fall ist der Ausgang 131 des Verstärkers 130 nicht mit der Leitung 21 verbunden, so dass der Widerstand 35 nicht zum Widerstand 33 parallelgeschaltet ist und der Ansprechwert der Strombegrenzungseinrichtung 110 hoch ist.

[0051] Beim Anlauf dagegen schaltet der Verstärker 30 mit hoher Frequenz, so dass er u.U. die Transistoren 112 und 113 mehrere tausend Mal pro Sekunde aus- und einschaltet und dadurch die Stromzufuhr zur Wicklung 75 jeweils unterbricht, um einen Stromanstieg über den Ansprechwert hinaus zu verhindern. Während dieser Stromunterbrechungen wird jeweils durch den Verstärker 130 der Widerstand 35 zum Widerstand 33 parallelgeschaltet, so dass der Ansprechwert der Strombegrenzungseinrichtung 110 entsprechend herabgesetzt wird und ein entsprechend kleinerer Strom in der Wicklung 75 fließt, wodurch die vom Motor 60 aufgenommene Leistung z.B. auf ein Viertel der Leistung bei Nenndrehzahl begrenzt wird, wie bei [Fig. 3](#) beschrieben.

[0052] Die Werte für die Bauteile von [Fig. 6](#) entsprechen den zu [Fig. 3](#) angegebenen. Für die beiden Operationsverstärker 30 und 130 kann z.B. der Doppelkomparator LM 393 verwendet werden, der zwei solche Verstärker enthält, so dass sich insgesamt eine sehr kleine Baugröße der Anordnung ergibt, wie das besonders für Gerätelüfter wichtig ist.

[0053] Sollte die Anordnung nach [Fig. 6](#) bei einem zweisträngigen Motor verwendet werden, so würde z.B. die Wicklung 75 entfallen, und dafür würde anstelle des Transistors 91 ein Wicklungsstrang, und anstelle des Transistors 92 ein zweiter Wicklungsstrang treten, wobei die Widerstände 108 und 109 jeweils direkt mit der Leitung 12 verbunden werden müssten. Ebenso kann man natürlich mit der Strombegrenzungseinrichtung in der gleichen Weise zwei Vollbrückenschaltungen entsprechend steuern, wobei die den Transistoren 112 und 113 entsprechenden Transistoren der zweiten Vollbrückenschaltung ebenfalls über Widerstände mit dem Ausgang 37 verbunden werden müssten. Solche und andere Modifikationen liegen naturgemäß im Rahmen der vorliegenden Erfindung. Die Erfindung eignet sich besonders für den Antrieb von sogenannten Gerätelüftern, da sie bei deren Blockierung, wie sie in der Praxis öfters zu beobachten ist, eine Überhitzung des Lüftermotors verhindert. Auch eine Kombination mit einem Drehzahlregler ist möglich, z.B. in der in der DE 3 044 027 A1 beschriebenen Weise.

[0054] Ein wichtiger Gedanke der vorliegenden Erfindung ist also darin zu sehen, die im Taktverhältnis der verwendeten Strombegrenzungsanordnung enthaltene Information über die jeweilige Motordrehzahl zu verwenden für die Führung des oberen (und ggf. auch des unteren) Ansprechwerts dieser Strombegrenzungseinrichtung, um so bei niedrigen Drehzahlen und der Drehzahl Null den Motorstrom auf niedrige Werte begrenzen zu können, ohne doch den Betrieb bei der Nenndrehzahl zu behindern. Dies gelingt durch die Erfindung mit ausserordentlich einfachen Mitteln und sehr geringen Mehrkosten, und die Erfindung eignet sich für alle Motorbauarten, bei denen die Gegen-EMK eine Funktion der Motordrehzahl ist.

[0055] Die Erfindung ist nicht begrenzt auf Anordnungen mit Taktverstärkern, bei denen nur die Überschreitung eines oberen Ansprechwertes für den Strom erfasst wird, sondern eignet sich, wie in Verbindung mit [Fig. 2](#) bereits erläutert, in gleicher Weise auch für sogenannte Zweipunktregler, bei denen der Strom im Motor ständig gemessen wird und bei denen der Strom bei Überschreiten eines oberen Grenzwerts abgeschaltet und bei Unterschreiten eines unteren Grenzwerts – also nach einer zeitlichen Verzögerung – wieder eingeschaltet wird. Auch bei diesen Motoren ist das Taktverhältnis eine Funktion der Gegen-EMK, also der Drehzahl, und die Erfindung kann deshalb in derselben Weise angewendet werden.

[0056] Die Taktfrequenz eines Taktverstärkers bei blockiertem Motor kann vom Konstrukteur durch Wahl der Parameter des Taktverstärkers vorgegeben werden und wird gewöhnlich auf einige kHz begrenzt, da der Motor hierbei wie eine Drossel wirkt und bei zu hohen Frequenzen zu hohe Eisenverluste auftreten würden. Typisch für den blockierten Zustand ist ein Verhältnis von Stromimpuls zu Strompause im Bereich von 1:4 bis 1:6.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur pulsbreitenmodulierten Ansteuerung eines Gleichstrommotors (10), welcher

über ein in Serie geschaltetes und von einer Steuereinrichtung angesteuertes Schaltelement (15) an Klemmen (14, 17) einer Stromquelle geschaltet ist, mit einer Motorstromistwerterkennungseinrichtung (20) und mit einer Strombegrenzungseinrichtung (27, 110), welche bei einem von der Motorstromistwerterkennungseinrichtung (20) erfassten, vorgegebenen maximal zulässigen Motorstrom das Schalterelement (15) öffnet, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorgegebene maximal zulässige Motorstrom durch das Taktverhältnis der pulsbreitenmodulierten Ansteuerung steuerbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Strombegrenzungseinrichtung (27, 110) bewirkte Taktverhältnis der Motorbestromung (Einschaltzeit zu Ausschaltzeit) durch die im Motor induzierte Gegen-EMK beeinflusst ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Strombegrenzungseinrichtung (27, 110) ein durch sein Teilverhältnis den Maximalstrom der Strombegrenzung bestimmender Spannungsteiler (32, 33) vorgesehen ist und dass ein Schaltglied (36) vorgesehen ist, welches das Spannungsteiler-Verhältnis beeinflusst.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltglied (36) bei seiner Aktivierung zu einem Widerstand (33) des Spannungsteilers (32, 33) einen anderen Widerstand (35) parallel schaltet und dadurch das Spannungsteiler-Verhältnis verändert.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Glättungsglied vorgesehen ist, um die durch das Parallelschalten entstehenden sprunghaften Änderungen der Spannung an dieser Parallelschaltung (33, 35) zu glätten.

6. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Ansteuerung eines kollektorlosen Gleichstrommotors (60) ausgebildet ist, dessen Kommutierung von mindestens einem Rotorstellungssensor (82) aus gesteuert ist.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Strombegrenzungsanordnung (27, 110) dazu ausgebildet ist, die von dem mindestens einen Rotorstellungssensor (82) ausgehenden Signale (116', 117') bei Ansprechen der Strombegrenzungseinrichtung (27, 110) zu deaktivieren, um die Energiezufuhr zum Motor (60) zu unterbrechen.

8. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors (10) mit Kollektor ausgebildet ist.

9. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strombegrenzungseinrichtung (27, 110) einen Taktverstärker (30, 46, 47, 49) aufweist.

10. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strombegrenzungseinrichtung (27, 110) einen Operationsverstärker (30) aufweist, dem zwischen seinen beiden Eingängen ein Signal zuführbar ist, welches die Differenz eines vom Motorstrom abhängigen Signals (an der Motorstromistwerterkennungseinrichtung 20) und eines für den vorgegebenen Maximalwert des Stromes charakteristischen Signals (am Widerstand 33) darstellt.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Ausgang (37) des Operationsverstärkers (30) und seinem Eingang eine kapazitive Rückführung (47, 49) vorgesehen ist.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der kapazitiven Rückführung (47, 49) eine erste Diode (53) zugeordnet ist, welche den Umladevorgang dieser Rückführung im Sinne einer Verkürzung der Umladezeitkonstante beeinflusst.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Diode (53) so geschaltet ist, dass sie einen Impuls nach Masse ableitet.

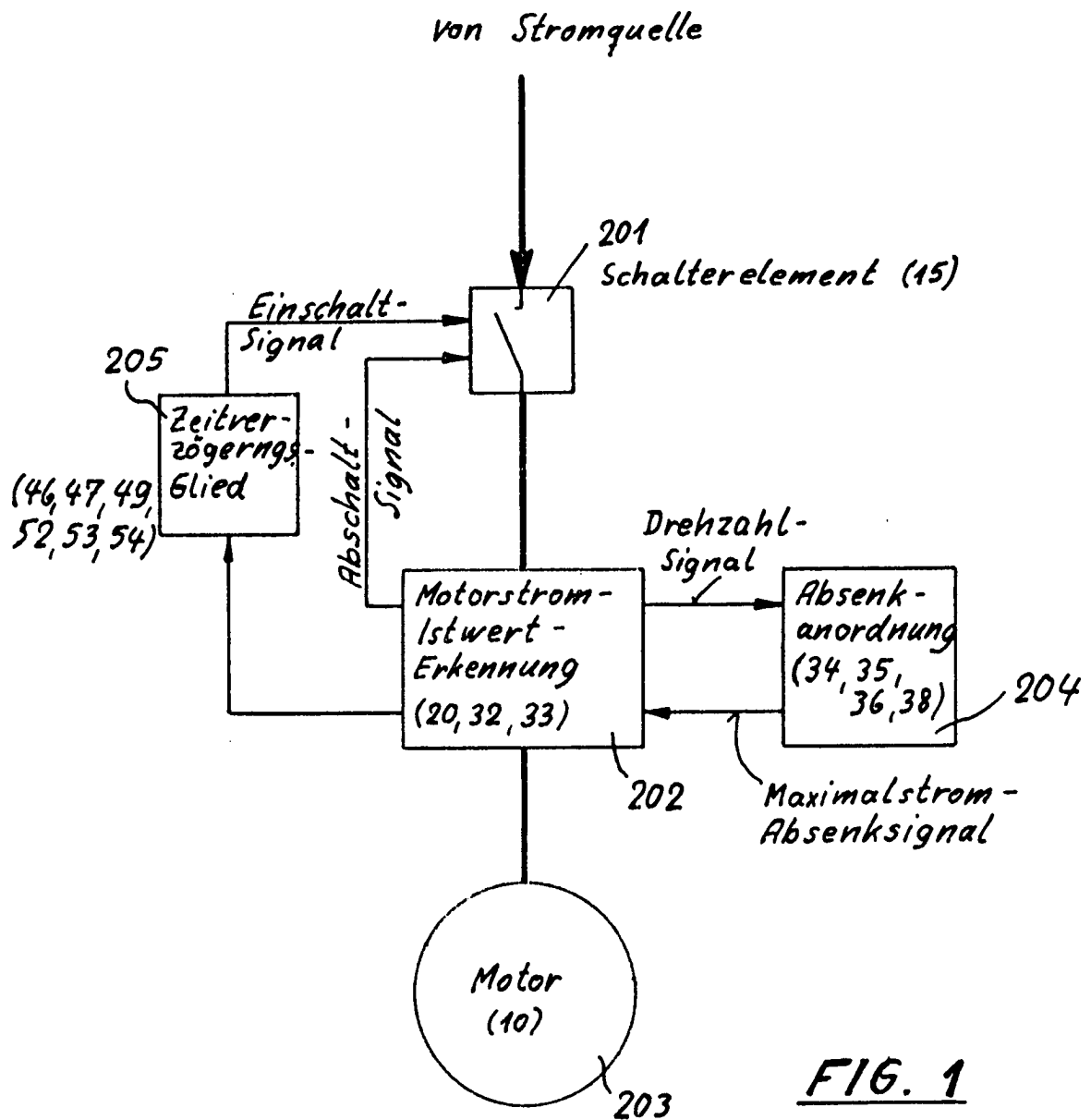
14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitive Rückführung (47, 49) einen ersten Kondensator (47) aufweist, mit dem ein zweiter Kondensator (49) in Reihe geschaltet ist, wobei die erste Diode (53) am Verbindungspunkt (48) der beiden Kondensatoren (47, 49) angeschlossen ist.

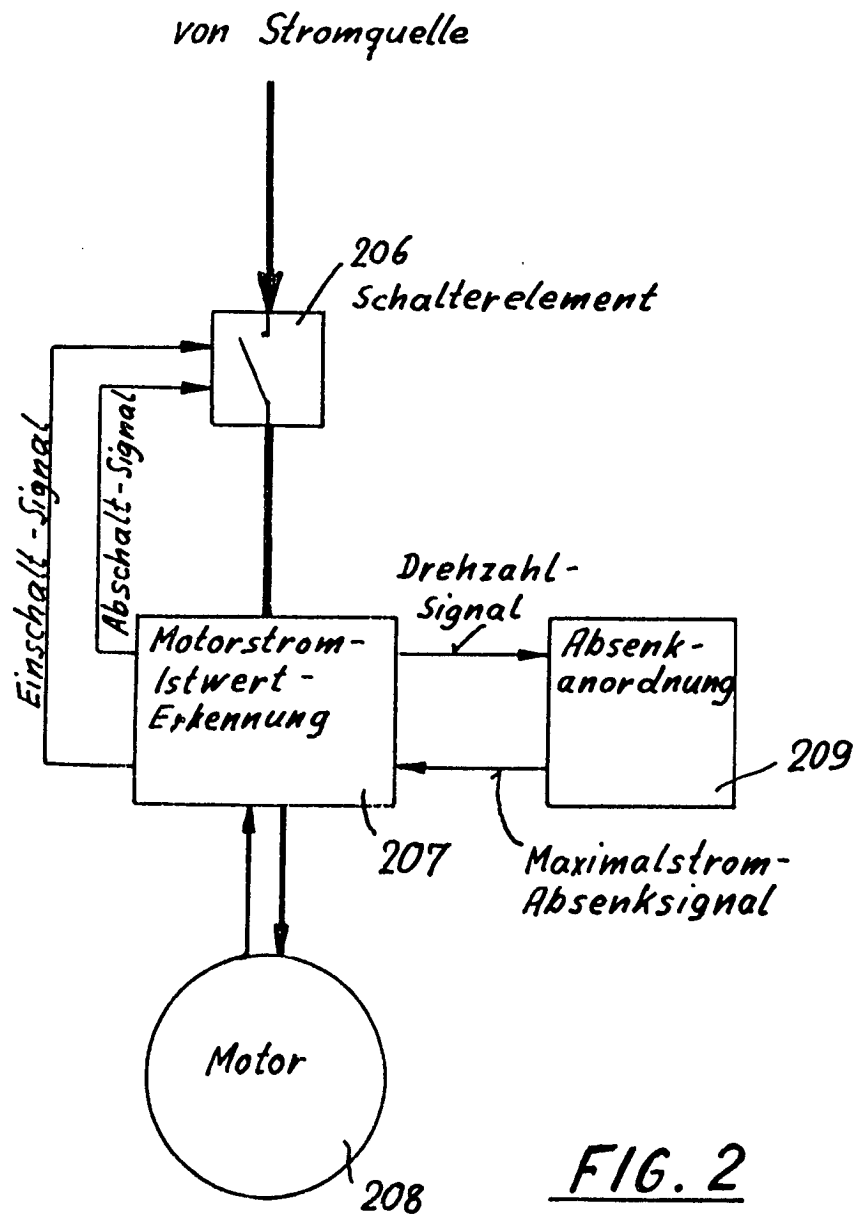
15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zum zweiten Kondensator (49) eine zweite Diode (52) parallelgeschaltet ist.

16. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Halbleiter-Brückenschaltung (90) zur Stromversorgung einer Motorwicklung (75), dadurch gekennzeichnet, dass die Strombegrenzungseinrichtung (27, 110) beim Ansprechen nur zwei (93, 94) von vier Halbleitergliedern (91-94) der Vollbrücke (90) sperrt.

17. Verwendung einer Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors in einem Lüfter.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



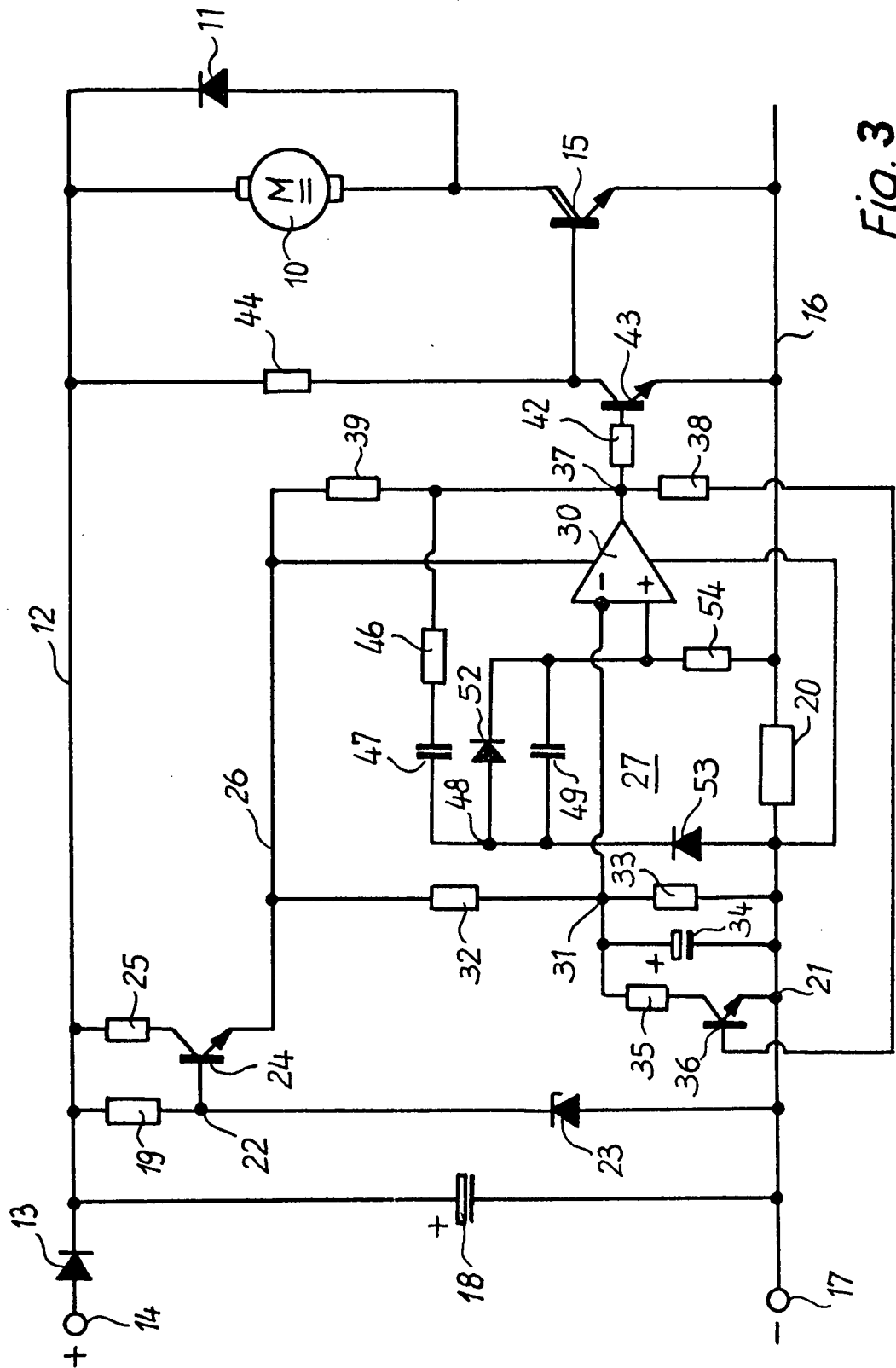


Fig. 3

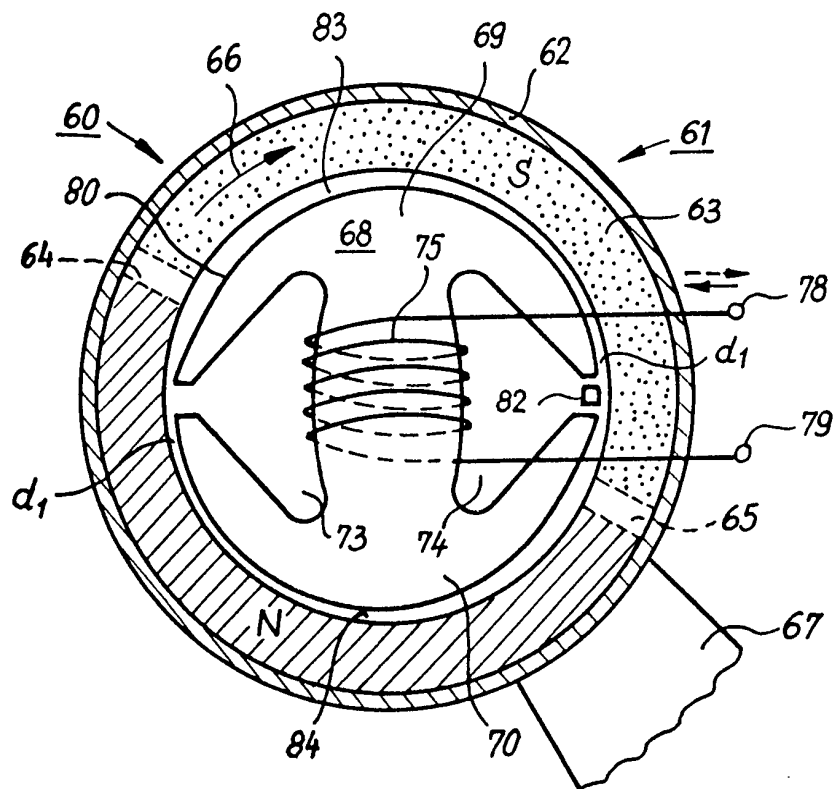


Fig. 4

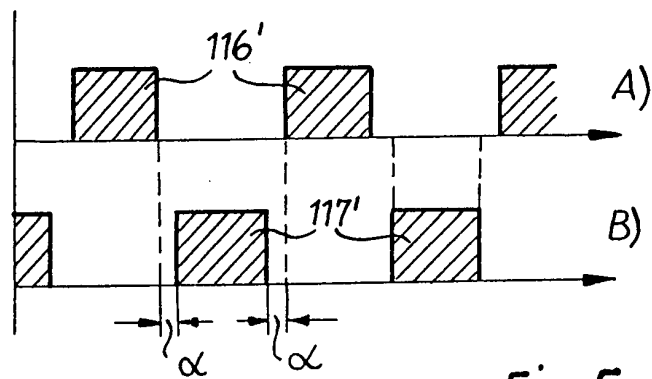


Fig. 5

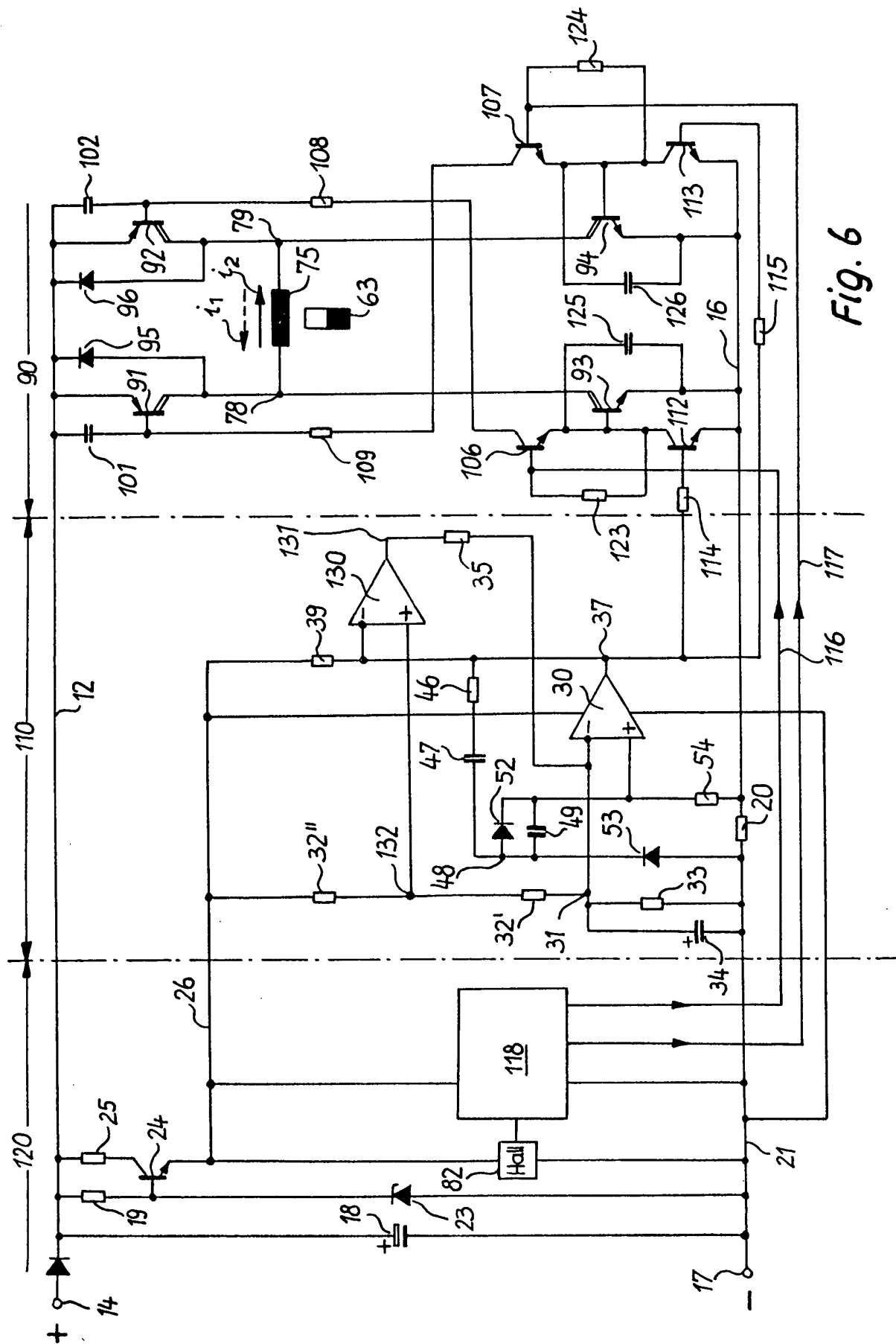


Fig. 6