



PATENTSCHRIFT 142777

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11) 142 777 (44) 09.07.80 3 (51) H 02 P 8/00
(21) WP H 02 P / 211 963 (22) 03.04.79

-
- (71) VEB Elektromat im VEB Kombinat Mikroelektronik, Dresden, DD
(72) Rießland, Eberhard, Dipl.-Ing.; Opitz, Günther, Dipl.-Phys.; Schubert, Ludwig, DD
(73) siehe (72)
(74) Herbert Fißler, VEB Elektromat im VEB Kombinat Mikroelektronik, 8080 Dresden, Karl-Marx-Straße
-

- (54) Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung von elektromagnetischen Antriebssystemen
-

(57) Diese Antriebssysteme werden zur Einstellung von Zwischenpositionen vorzugsweise von Linearschrittantrieben eingesetzt. Dabei werden die Antriebsspulen mit nicht getakteten bipolaren Strömen angesteuert. Im Stillstand und bei geringen Geschwindigkeiten werden die Antriebsspulen mit niedrigen Versorgungsspannungen gespeist. Bei größeren Geschwindigkeiten werden ab einer bestimmten Eingangsspannung der Antriebsspule höhere Versorgungsspannungen zugeschaltet. Der Schalter ist dabei mit dem spannungsabhängigen Steuerglied optisch gekoppelt. - Fig.1 -





PATENT SCHRIFT 142777

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

- (11) 142 777 (44) 09.07.80 3(51) H 02 P 8/00
(21) WP H 02 P / 211 963 (22) 03.04.79

Zur PS Nr. 142.777.....

ist eine Zeitschrift erschienen.

(Teilweise ^{bestätigt} ~~aufgehoben~~ gem. § ¹⁸ Abs. 1 d. Änd. Ges. z. Pat. Ges.)

-
- (71) VEB Elektromat im VEB Kombinat Mikroelektronik, Dresden, DD
(72) Rießland, Eberhard, Dipl.-Ing.; Opitz, Günther, Dipl.-Phys.; Schubert, Ludwig, DD
(73) siehe (72)
(74) Herbert Fißler, VEB Elektromat im VEB Kombinat Mikroelektronik, 8080 Dresden, Karl-Marx-Straße
-

- (54) Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung von elektromagnetischen Antriebssystemen
-

(57) Diese Antriebssysteme werden zur Einstellung von Zwischenpositionen vorzugsweise von Linearschrittantrieben eingesetzt. Dabei werden die Antriebsspulen mit nicht getakteten bipolaren Strömen angesteuert. Im Stillstand und bei geringen Geschwindigkeiten werden die Antriebsspulen mit niedrigen Versorgungsspannungen gespeist. Bei größeren Geschwindigkeiten werden ab einer bestimmten Eingangsspannung der Antriebsspule höhere Versorgungsspannungen zugeschaltet. Der Schalter ist dabei mit dem spannungsabhängigen Steuerglied optisch gekoppelt. - Fig.1 -



Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung von elektromagnetischen Antriebssystemen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung von elektromagnetischen Antriebssystemen, vorzugsweise von Schrittantrieben, bei denen der Läufer oder Rotor auf beliebige Zwischenpositionen zwischen den durch die Polgeometrie gegebenen Positionen einstellbar ist. Derartige Schrittantriebe in rotatorischer oder linearer Bauart werden für verschiedenartigste Positionier- und Stellaufgaben in der gesamten Technik angewendet.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es gibt verschiedene Methoden der verlustarmen Ansteuerung beziehungsweise zur Verringerung der Verlustleistung bei elektromechanischen Antriebssystemen in Abhängigkeit vom Belastungsfall.

Eine Möglichkeit für impulsgesteuerte Schrittantriebe beschreibt das DD - WP 97 789, bei der die Wicklung in Abhängigkeit vom Belastungsfall kurzzeitig an eine hohe Spannungsquelle und nach Ablauf einer gewissen Zeit an eine niedrige Spannungsquelle gelegt wird. Dadurch wird bei steilem Stromanstieg nur eine geringe Verlustleistung für den eingeschalteten Zustand benötigt. Nachteilig ist, daß sich diese Schaltungsanordnung nur auf Antriebe anwenden läßt, die keine Zwischenpositionen einstellen und die mit einer Stromrichtung durch die Wicklungen arbeiten.

Eine weitere Möglichkeit der verlustarmen Ansteuerung beschreibt die DE - OS 24 26 397, bei der nur eine hohe Spannungsquelle vorhanden ist. Durch Einschalten dieser Spannungsquelle an die zu erregenden Wicklungen kommt es zu einem steilen Stromanstieg bis zu einem, über ein Strommeßglied gemessenen Strom I_1 , bei dem die Wicklungen abgeschaltet werden. Bei einem zweiten Strom I_2 , der nach einer gewissen Zeit t_1 auf Grund der Speicherwirkung der Spulen fließt, werden über das Strommeßglied in Verbindung mit einem Multivibrator die Wicklungen wieder eingeschaltet. Nach einer Zeit t_2 fließt wieder der Strom I_1 , so daß bei $t_1 + t_2 = T$ der arithmetische Mittelwert des Stromes

$$I_M = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} i \, dt$$

über die Zweipunktregelung eingestellt wird. Dadurch, daß die gesamten zur Ansteuerung notwendigen Bauelemente nur im Schaltbetrieb arbeiten, ist diese Schaltungsanordnung verlustarm. Dabei ist bei einem von außen steuerbaren Strommeßglied der Mittelwert des Stromes stetig veränderbar, um den verschiedenen Belastungsfällen Rechnung zu tragen.

Nachteilig ist, daß für alle Wicklungen nur ein Strommeßglied vorgesehen ist. Dadurch können die Mittelwerte des Stromes in den verschiedenen Spulen nicht unterschiedlich verändert werden, wodurch keine Einstellung von mechanischen Zwischenpositionen durch den Antrieb möglich ist. Die DE - OS 25 29 309 beschreibt eine Treiberschaltung mit einer hohen und einer niedrigen Spannungsquelle, die den Wicklungen im Schrittschaltbetrieb einen hohen Treiberstrom und im Haltebetrieb einen niedrigen Haltestrom zuführt. Dabei wird über einen Steuersignalgenerator die Polarität des Stromes durch die Wicklung und über einen Spannungsquellenwähler die jeweilige Spannungsquelle bestimmt. In der DE - OS 23 51 212 ist eine Einrichtung zum Einstellen von Schrittmotoren auf beliebige Zwischenpositionen beschrieben.

Dabei wird der Schrittmotor bis zum Erreichen einer Vorposition, die optoelektronisch rückgemeldet wird, normal mit Schrittpulsen angesteuert.

Nach Erreichen der Vorposition werden die entsprechenden Wicklungen mit Impulsen eines speziellen Steuergerätes angesteuert, deren Mittelwert einer beliebigen Zwischenposition entspricht. Dabei wird dieser Mittelwert solange verändert, bis die optoelektronische Rückmeldung die genaue Position meldet.

Diese Ansteuerungsart besitzt den Nachteil, daß eine Rückmeldung der Position notwendig ist. Derartige Rückmeldungen erhöhen die Kompliziertheit des Gesamtsystems und sind grundsätzlich störanfälliger als Steuerketten ohne Rückführungen.

Aus der DE - OS 21 64 715 ist eine verlustarme Ansteuermöglichkeit zum Einstellen von Zwischenpositionen bekannt, bei der die mechanische Trägheit des bewegten Teiles ausgenutzt wird. Dabei wird das bewegte Teil zum Erreichen der Zwischenposten mit längenmodulierten Vor-Rückschaltimpulsen hoher Frequenz angesteuert. Der sich aus dem Tastverhältnis der Vor-Rückschaltimpulse ergebende resultierende Feldvektor zeigt dabei in die Einstellrichtung des bewegten Teiles.

Nachteilig sind bei dieser Ausführung die vor- und rückdrehenden Momente, die bei kleinen Massen eine dauernde Unruhe im Antriebssystem ergeben.

Eine Schaltung, die das Takten der Schrittpulse im Haltebetrieb vermeidet, beschreibt die DE - OS 24 14 602. Hierzu liefert eine erste Spannungsquelle lediglich den zum Erreichen des Haltemomentes notwendigen Strom und eine zweite hohe Spannungsquelle wird über einen Zweipunktregler getaktet, wodurch der Mittelwert des Spulenstromes eingestellt wird. Vorteilhaft ist hierbei, daß die Spulen durch bipolare Ströme erregt werden.

- 4 -

Nachteilig ist jedoch, daß keine Zwischenpositionen eingestellt werden können und daß die Umschaltung zwischen hoher und niedriger Spannungsquelle über ein zusätzliches Zeitglied erfolgt.

Eine weitere Schaltung zur Ansteuerung von Schrittmotoren beschreibt die DE - OS 26 34 502.

Hier erfolgt die Ansteuerung des Schrittmotors bipolar, wobei die Ansteuereinrichtung mit einem Konstantstromregler verknüpft ist. Die Schaltung arbeitet dabei mit einer Spannungsquelle. Ohne Veränderung der Ansteuerlogik, das heißt, unter Beibehaltung der jeweiligen Position, wird der Wicklungsstrom periodisch zu- und abgeschaltet, wobei sich ein konstanter Mittelwert des Stromes einstellt. Für Antriebe, die durch elektrische Interpolation stabile und exakt reproduzierbare Zwischenpositionen innerhalb der geometrisch vorgegebenen Stützpositionen des magnetischen Kreises erzeugen sollen, ist diese Ansteuerungsart jedoch schlecht geeignet, da im statischen Fall eine elektrische Interpolation nur über die periodische Zu- und Abschaltung des Stromes möglich ist und so die Genauigkeit einer analogen Stromregelung nicht erreicht wird.

Für eine genaue Einstellung der Zwischenposition ist es zweckmäßig, die Spulen mit Strömen trigonometrischer Ortsabhängigkeit zu erregen, wie in den US - PS 3.836.835 und 4.009.428 beschrieben ist.

Bei einer Phasenverschiebung zwischen dem Raster der aktiven Polflächen und den steuernden Strömen, allgemein als Lastwinkel Θ bezeichnet, ergibt sich eine tangentielle Kraft von $F = C \cdot I \cdot \sin \Theta$.

Wird der Wert Θ konstantgehalten, ergibt sich eine konstante Kraft auf das bewegte Teil.

Nachteilig ist hierbei, daß keine Maßnahmen zur Senkung der Verluste vorgesehen sind sowie der aufwendige Vergleich des Ortes, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung des bewegten Teiles zwischen den Soll- und den Istwerten.

Eine Möglichkeit zum Senken der Verluste beim Ansteuern mit bipolaren Strömen trigonometrischer Ortsabhängigkeit beschreibt die DE - OS 26 13 145, bei der die Steuerung mittels der trigonometrischen Ströme nur im Bereich geringer Geschwindigkeiten als sogenannte Feinsteuerung erfolgt. Bei hohen Geschwindigkeiten erfolgt die Energiezufuhr in Rechteckwellenform oder Stufenwellenform. Weiterhin wird zur Verringerung der Verluste der eingespeiste Strom impulsbreitenmoduliert, wodurch sich der gewünschte Mittelwert des Stromes ergibt. Nachteilig ist hierbei der hohe Steuerungsaufwand.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, für ein Schrittantriebssystem mit Zwischenschritteinstellung, welches von bipolaren Strömen trigonometrischer Ortsabhängigkeit angesteuert wird, mit einer einfachen Schaltungsanordnung minimale Verlustleistung zu erreichen. Die bei Analogsteuerung erreichbare Positioniergenauigkeit ist hierbei beizubehalten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung von elektromagnetischen Antriebssystemen zu schaffen, die mit Versorgungsspannung unterschiedlicher Polarität und Größe derart gespeist wird, daß im Stillstand und bei geringen Geschwindigkeiten, wo der induktive Widerstand der Antriebsspulen und die Laufreibung noch klein sind, niedrige Versorgungsspannungen an den Leistungsverstärker zum Erreichen des benötigten Erregerstromes angelegt werden und bei größer werdenden Widerständen aber eine höhere Versorgungsspannung zur Verfügung steht. Wenn die Differenz zwischen niedriger Versorgungsspannung und Spannungsabfall der Antriebsspule einen bestimmten Betrag unterschreitet, wird über optoelek-

tronische Kopplung die höhere Versorgungsspannung der erforderlichen Polarität zugeschaltet, welche so bemessen ist, daß bei der höchsten vorkommenden Laufgeschwindigkeit der vorgesehene Erregerstrom der Antriebsspule erreicht wird.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung elektromagnetischer Schrittantriebe unter Verwendung von hohen und niedrigen Versorgungsspannungen ist normalerweise für n Antriebsspulen ausgelegt, die mit n gleichartigen Ansteuerschaltungen und n Steuerspannungen angesteuert werden. Die Antriebsspulen werden dabei mit Strömen beaufschlagt, die eine gegenseitige Phasenverschiebung besitzen und deren Betrag sich in Abhängigkeit von den Zwischenpositionen ändert.

Weiterhin weist jede Ansteuerschaltung einen Regelkreis auf, der den Erregerstrom auf einen der Steuerspannung entsprechenden Wert einstellt. Der Regelkreis besteht dabei aus einem mit Widerständen beschalteten Operationsverstärker, einem Leistungsverstärker mit Versorgungseingängen unterschiedlicher Polarität sowie einem der Antriebsspule nachgeschalteten Meßwiderstand, dessen Signal auf den mit der Steuerspannung beaufschlagten Operationsverstärker rückgeführt ist.

Zwischen den niedrigen Versorgungsspannungen $+U_N$; $-U_N$ und den mit A bezeichneten Eingang der Antriebsspule befindet sich jeweils ein spannungsabhängiges Steuerglied. In den Zuleitungen der Versorgungsspannungen $+U_H$; $-U_H$ ist jeweils ein gesteuerter Schalter in Reihe angeordnet, der bei Unterschreiten einer bestimmten Spannungsdifferenz ΔU durchschaltet.

Ist U_A die Eingangsspannung der Antriebsspule, die den Erregerstrom liefert, so wird die hohe Versorgungsspannung $\pm U_H$ dem Leistungsverstärker bei

$$|\pm U_N| - |\pm U_A| \leq |\pm \Delta U|$$

zugeschaltet, so daß sich auch bei hohen Laufgeschwindigkeiten

$$|\pm U_H| - |\pm U_A| > 0$$

ergibt.

Zwischen den Versorgungsspannungen $\pm U_N$ und den zugehörigen Versorgungseingängen $\pm B$ des Leistungsverstärkers befinden sich jeweils in Durchlaßrichtung gepolte Blockierdioden, die ein Rückwirken der Versorgungsspannungen $\pm U_H$ auf die Versorgungsspannungen $\pm U_N$ verhindern.

Weiterhin ist es möglich, drei und mehr Versorgungsspannungen jeweils unterschiedlicher Polarität so zu schalten, daß erst noch eine oder mehrere mittlere Spannungen zugeschaltet werden, bevor die Spannung, die der höchsten Laufgeschwindigkeit entspricht, zugeschaltet wird, wobei der Erfindungsgedanke nicht verlassen wird.

In Ausgestaltung der Erfindung enthält das spannungsabhängige Steuerglied einen Lichtsender, vorzugsweise eine Lichtemitterdiode und der gesteuerte Schalter einen Lichtempfänger, vorzugsweise einen Fototransistor. Dabei besteht zwischen den einander zugeordneten Steuergliedern und Schaltern optische Kopplung, so daß die bei galvanischer Kopplung des Steuerkanales stets auftretenden Potentialverschiebungsprobleme vermieden werden. Es können somit auch unterschiedliche Potentialstufen überbrückt werden.

Diese Schaltungsanordnung ist besonders bei den Systemen vorteilhaft, die Zwischenschritte realisieren und mit bipolaren Strömen arbeiten, da sie ohne getaktete Ansteuerung eine wesentliche Reduzierung der Verlustleistung gestattet. In Ausgestaltung der Erfindung ist der Schalter ein Zweipol mit einer inneren Stromquelle.

Diese Stromquelle ist dabei derart bemessen, daß sie bei der längsten Zeitdauer, innerhalb der die hohe Versorgungsspannung $\pm U_H$ eingeschaltet ist, den Basisstrom der Schalttransistoren des Schalters liefert. Der besondere Vorteil liegt dabei in der Tatsache, daß der Zweipol sowohl für die Versorgungsspannung $+ U_H$ wie auch für die Versorgungsspannung $- U_H$ gleich aufgebaut ist. Dabei ist lediglich das Vorzeichen der Spannungs Differenz zwischen dessen Klemmen zu beachten. Die innere Stromquelle kann dabei eine aktive Stromquelle sein oder sie ist aus Speichergliedern und stromstabilisierenden Gliedern aufgebaut. Im einfachsten

Fall ist das ein Kondensator mit einem Entladewiderstand, wobei der Kondensator im sperrenden Zustand des Schaltzweipoles aufgeladen wird.

In Ausgestaltung der Erfindung ist der Schalter ein Dreipol, wobei der dritte Pol den Anschluß der äußeren Stromquelle darstellt. Hierbei werden zwar weniger Bauelemente benötigt, aber die Dreipole sind dann für unterschiedliche Polaritäten unterschiedlich aufgebaut.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird in einem Ausführungsbeispiel und anhand dreier Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 die Schaltungsanordnung für vier Antriebsspulen

Fig. 2a eine allgemeine Variante des spannungsgesteuerten Steuergliedes

Fig. 2b; 2c Varianten des Steuergliedes für positive und negative Versorgungsspannung

Fig. 3a; 3b Zweipolvarianten des gesteuerten Schalters

Fig. 3c Dreipolvariante für positive Spannungen des gesteuerten Schalters.

In Fig. 1 ist die Schaltungsanordnung des Antriebssystems 1 dargestellt. Dabei wurde $n = 4$ gewählt, so daß sich vier gleichartige Ansteuerschaltungen 2.1; 2.2; 2.3; 2.4 mit den zugehörigen Antriebsspulen 3.1...3.4 sowie den Steuerungsspannungsquellen $U_{st1}...U_{st4}$ ergeben.

Weiterhin sind jeder Ansteuerschaltung die Versorgungsspannungen $+U_N$; $+U_H$; $-U_N$; $-U_H$, die sich in Betrag und Polarität unterscheiden, zugeordnet.

Die Ansteuerschaltung 2 enthält einen zur Einstellung des Erregerstromes bekannten Regelkreis, bestehend aus einem mit den Versorgungsspannungen $+U_N$; $+U_H$; $-U_N$; $-U_H$ verbundenen Verstärker 4, der Antriebsspule 3, einem Strommeßwiderstand 5, einen Widerstand 6 und einen Operationsverstärker 7.

Die Steuerspannungsquelle U_{st} ist ebenfalls über einen zweiten Widerstand 8 mit dem Operationsverstärker 7 verbunden, der seinerseits über seinen Ausgang den Regelkreis zum Verstärker 4 schließt.

Die Versorgungsspannungen $+U_N$; $-U_N$ sind über entsprechend gepolte Blockierdioden 9.1; 9.2 mit den Versorgungseingängen $\pm B$ des Verstärkers 4 verbunden. Die Versorgungsspannungen $+U_H$; $-U_H$ sind über in Reihe geschaltete gesteuerte Schalter 10.1; 10.2 ebenfalls mit den entsprechenden Versorgungseingängen $\pm B$ verbunden. Weiterhin sind zwischen den Versorgungsspannungen $+U_N$; $-U_N$ und den mit A bezeichneten Eingang der Antriebsspule 3 spannungsgesteuerte Steuerglieder 11.1; 11.2 angeordnet, wobei zwischen dem Steuerglied 11.1 und dem Schalter 10.1 sowie dem Steuerglied 11.2 und dem Schalter 10.2 optoelektronische Kopplung besteht.

Dazu enthalten die Steuerglieder 11 je eine Lichtemitterdiode 12 als Lichtsender und die Schalter 10 je einen Fototransistor 13 als Lichtempfänger, wobei Licht elektromagnetische Strahlung des sichtbaren und des infraroten Bereiches ist.

In Fig. 2a ist eine allgemeine Variante des Steuergliedes 11 gezeigt, die die Lichtemitterdiode 12 und eine Sperrdiode 14 enthält.

Zwei weitere gepolte Ausführungsvarianten, die zusätzlich noch einen Transistor 15, einen Kollektorwiderstand 16 und einen Basiswiderstand 17 sowie einen Kondensator 18 und eine entsprechend gepolte Diode 19 enthalten, sind in Fig. 2b; 2c gezeigt.

Für die Variante mit der Versorgungsspannung $+U_N$ ist der Transistor 15 vom npn-Typ, bei der Versorgungsspannung $-U_N$ wird ein pnp-Typ verwendet.

Weitere Varianten sind dabei möglich. Zur Ausführungsvariante nach Fig. 2a besteht dabei der Unterschied, daß die Lichtemitterdiode 12 bei einer hohen positiven oder negativen Eingangsspannung der Antriebsspule 3 im Punkt A Strahlung aussendet.

In Fig. 3a ist ein gesteuerter Schalter 10 dargestellt, der für das Zusammenwirken mit dem spannungsgesteuerten Steuerglied 11 nach Fig. 2a geeignet ist.

Dieser ist als Zweipol aufgebaut, wie auch der Schalter nach Fig. 3b, der für das Zusammenwirken mit Steuergliedern 11 nach Fig. 2b; 2c geeignet ist.

Die Schalter 10 nach Fig. 3a; 3b enthalten je einen Leistungstransistor 20 und einen Steuertransistor 21 in Darlingtonschaltung, eine Ladediode 22 mit einem Kondensator 23, einen Spannungsteiler aus den Widerständen 24; 25 und dem Fototransistor 13.

Dabei ist in dem in Fig. 3a dargestellten Schalter 10 der Fototransistor zwischen dem mit der Basis des Steuertransistor 21 verbundenen Spannungsteiler und dem Emitter des Leistungstransistors 20 angeordnet. In dem Schalter 10 nach Fig. 3b ist der Fototransistor 13 im Basiszweig des Steuertransistors angeordnet, und der Widerstand 25 des Spannungsteilers ist mit dem Emitter des Leistungsverstärkers verbunden.

Der Zweipol ist dabei in seinem inneren Aufbau von der Polarität der Spannungsquelle unabhängig, es muß nur die Richtung der Spannungsdifferenz beachtet werden.

Diese Schalter 10 enthalten mit dem Kondensator 23 eine innere Stromquelle, die beim Einschalten des Schalters 10 den in der Einschaltphase benötigten Strom liefert.

Eine weitere Form des Schalters 10 benötigt keine innere Stromquelle, muß aber an eine zusätzliche Strom- oder Spannungsquelle geschaltet werden.

In Fig. 3c ist eine Ausführungsform für den Schalter 10.1 angegeben, der in dem positiven Zweig liegt.

Dabei ist der Spannungsteiler zwischen $+U_H$ und dem Emitter des Leistungstransistors angeordnet.

Für den negativen Zweig läßt sich ebenfalls eine gleichartige Ausführungsvariante angeben.

Erfindungsanspruch

1. Schaltungsanordnung zur verlustarmen Ansteuerung elektromagnetischer Schrittantriebssysteme unter Verwendung von Versorgungsspannungen verschiedener Polarität sowie hoher und niedriger Spannung, wobei die Antriebsspulen mit Strömen wechselnder Polarität beaufschlagt werden und sich der Betrag der Steuerströme in Abhängigkeit vom Betriebszustand und dem Ort des Antriebsgliedes ändert, wobei weiterhin der Erregerstrom, der jeweils einer Antriebsspule zugeordnet ist, in einem Regelkreis auf einen der Steuerspannung entsprechenden Wert eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltungsanordnung (1) aus n gleichartigen Ansteuerschaltungen (2) mit n Steuerspannungsquellen (U_{st}) und n Antriebsspulen (3) besteht, denen Versorgungsspannungen ($+ U_N$; $+ U_H$; $- U_N$; $- U_H$) zugeordnet sind, daß sich zwischen der Versorgungsspannung ($+ U_N$) sowie ($- U_N$) und dem Eingang (A) der Antriebsspule (3) je ein spannungsabhängiges Steuerglied (11.1; 11.2) befindet, daß den Versorgungsspannungen ($+ U_H$; $- U_H$) jeweils ein gesteuerter Schalter (10.1; 10.2) in Reihe zugeordnet ist und daß sich zwischen den Versorgungsspannungen ($+ U_N$; $- U_N$) und den Versorgungseingängen ($+ B$; $- B$), an denen die Schalter (10.1; 10.2) angeschlossen sind, eine jeweils in Durchlaßrichtung gepolte Blockierdiode (9.1; 9.2) befindet.
2. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das spannungsabhängige Steuerglied (11) einen Lichtsender, vorzugsweise eine Lichtemitterdiode (12) und der gesteuerte Schalter (10) einen Lichtempfänger, vorzugsweise einen Fototransistor (13) aufweist und daß zwischen den Steuergliedern (11.1; 11.2) und den Schaltern (10.1; 10.2) optische Kopplung besteht.

- 12 -
3. Schaltungsanordnung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Schalter (10) ein Zweipol mit einer inneren Stromquelle ist.
 4. Schaltungsanordnung nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß die innere Stromquelle ein Netzwerk mit Speichervermögen ist.
 5. Schaltungsanordnung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Schalter (10) als Dreipol zusätzlich an eine äußere Stromquelle angeschlossen ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

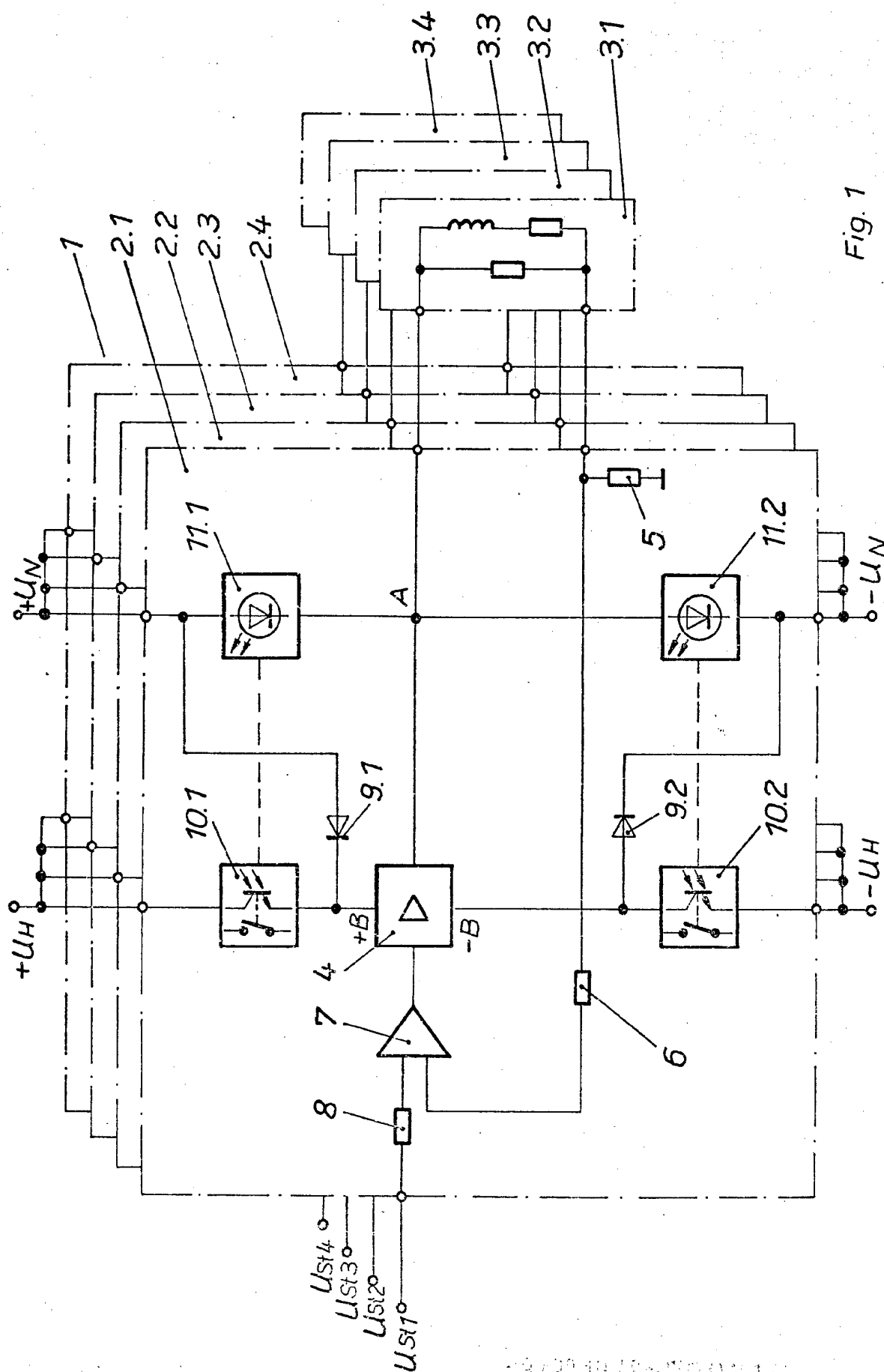


Fig. 1

Fig. 2a

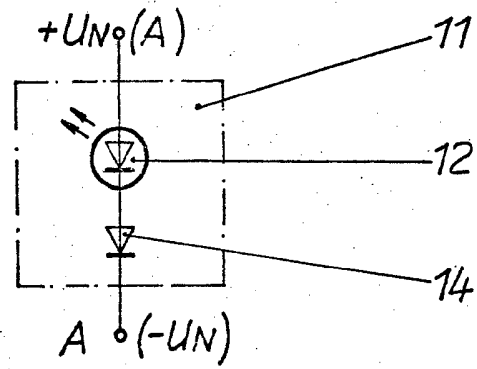


Fig. 2b

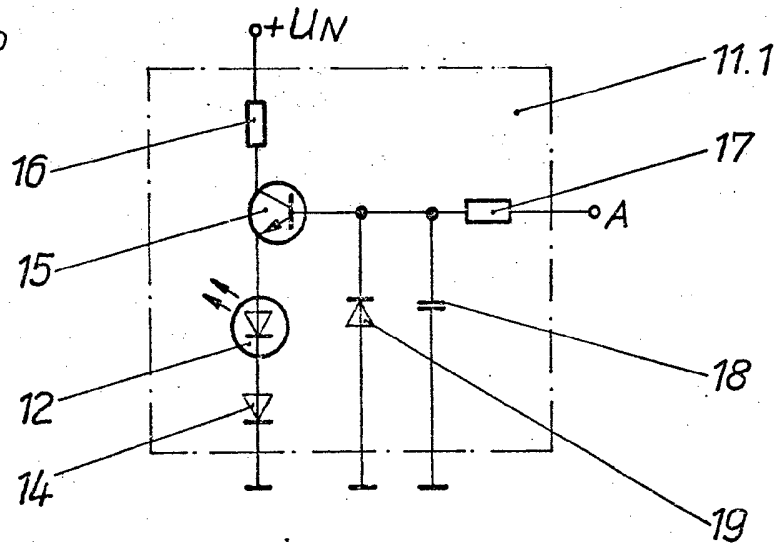


Fig. 2c

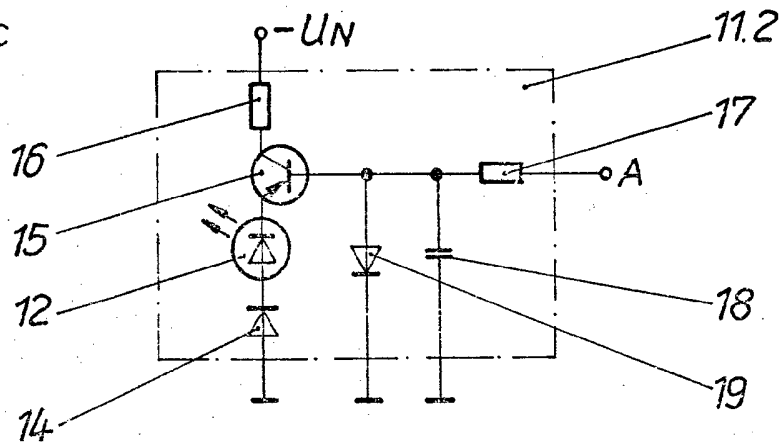


Fig. 3a

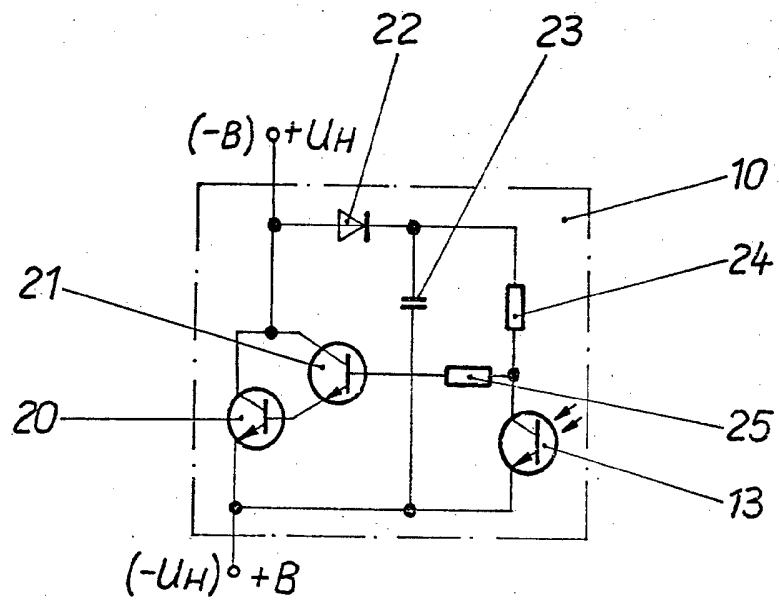


Fig. 3b

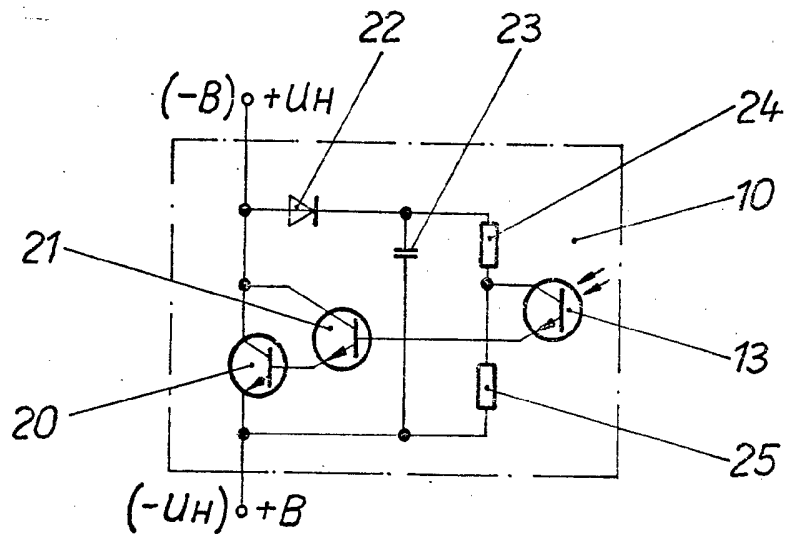


Fig. 3c

