



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 663 501 A5

⑤① Int. Cl.4: H 02 P 8/00  
B 41 J 19/20

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳① Gesuchsnummer: 953/84

⑳② Anmeldungsdatum: 27.02.1984

⑳③ Priorität(en): 22.11.1983 DE 3342041

⑳④ Patent erteilt: 15.12.1987

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.12.1987

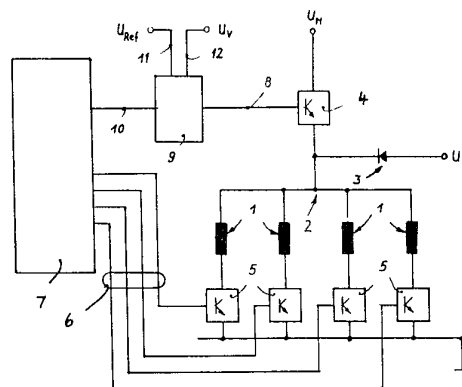
⑦③ Inhaber:  
TRIUMPH-ADLER Aktiengesellschaft für Büro-  
und Informationstechnik, Nürnberg 80 (DE)

⑦② Erfinder:  
Hörauf, Thomas, Nürnberg (DE)  
Pfeffing, Karl-Heinz, Sachsen (DE)  
Roth, Norbert, Heilsbronn (DE)

⑦④ Vertreter:  
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ Verfahren zur Steuerung eines Schrittmotors.

⑤⑦ Zur Steuerung eines Schrittmotors, dessen Wicklungen (1) während eines Motorschrittes zunächst mit einer ersten hohen nicht stabilisierten und dann mit einer zweiten niedrigen Spannung ( $U_M$ ) beaufschlagt werden sieht das Verfahren vor, den Wicklungen (1) des Schrittmotors während der Bestromung mit der ersten hohen Spannung ( $U_M$ ) durch Variation der Bestromungszeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf der ersten hohen Spannung ( $U_M$ ) immer eine konstante, für einen Motorschritt notwendige Energiemenge zuzuführen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass vom zeitlichen Verlauf der ersten hohen Spannung ( $U_M$ ) eine Grösse abgeleitet werden kann, die der den Wicklungen (1) des Schrittmotors bereits zugeführte Energiemenge proportional ist.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Steuerung eines Schrittmotors, dessen Wicklungen bei Durchführung eines Schrittes über eine Schaltung zunächst an eine erste hohe Spannung und anschliessend an eine zweite niedrige Spannung angeschlossen sind, wobei zumindest die erste hohe Spannung nicht stabilisiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass

a) während der Bestromung der Wicklungen (1) des Schrittmotors mit der ersten hohen Spannung ( $U_M$ ) der zeitliche Verlauf dieser Spannung in eine Grösse umgesetzt wird, die zumindest näherungsweise die den Wicklungen bereits zugeführte Energiemenge repräsentiert;

b) die Grösse mit einem vorgegebenen Wert verglichen wird, wobei der vorgegebene Wert eine Energiemenge repräsentiert, die den Wicklungen (1) des Schrittmotors zugeführt werden muss, damit dieser einen Schritt fehlerfrei ausführt;

c) für den Fall, dass die Grösse den vorgegebenen Wert übersteigt, die Bestromung der Wicklungen (1) des Schrittmotors mit der ersten hohen Spannung ( $U_M$ ) unterbrochen wird.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Umsetzen des zeitlichen Verlaufs der höheren Spannung ( $U_M$ ) in eine Grösse, die der den Wicklungen (1) bereits zugeführten Energiemenge entspricht, dadurch erfolgt, dass ein Kondensator (15) über einen Vorwiderstand (16) vom Beginn der Bestromung der Wicklungen (1) des Schrittmotors mit der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) an durch eine dieser ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) proportionalen Spannung aufgeladen wird, so dass die Spannung am Kondensator (15) der den Wicklungen (1) des Schrittmotors bereits zugeführten Energiemenge näherungsweise proportional ist.

3. Verfahren nach Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung am Kondensator (15) mit einer vorgegebenen Referenzspannung ( $U_{Ref2}$ ) kontinuierlich verglichen wird, wobei die Referenzspannung ( $U_{Ref2}$ ) die Energiemenge repräsentiert, die zur fehlerfreien Durchführung eines Schrittes des Schrittmotors notwendig ist, und dass die Unterbrechung der Bestromung der Wicklungen (1) des Schrittmotors mit der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) dann erfolgt, wenn die am Kondensator (15) anliegende Spannung die Referenzspannung ( $U_{Ref2}$ ) überschreitet.

4. Verfahren nach Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung am Kondensator (15) mit einem vorgegebenen Wert zyklisch verglichen wird, und dass die Unterbrechung der Bestromung der Wicklungen (1) des Schrittmotors mit der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) nach dem Vergleichszyklus erfolgt, in dem ein Überschreiten des vorgegebenen Wertes festgestellt wird.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Umsetzen des zeitlichen Verlaufs der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) in eine Grösse, die der den Wicklungen (1) bereits zugeführten Energiemenge entspricht, dadurch erfolgt, dass vom Beginn der Bestromung der Wicklungen (1) des Schrittmotors mit der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) an

a) diese erste höhere Spannung über einen Analog-Digital-Wandler (19) mittels eines Mikroprozessors (7) zyklisch erfasst wird, wobei eine Umsetzung des Betrages der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) in ein Binärwort erfolgt;

b) nach jedem Abtastzyklus durch den Mikroprozessor (7) die Summe der vom Beginn eines Motorschrittes an ermittelten Binärworte gebildet wird;

c) der Mikroprozessor (7) nach jeder Summenbildung das der Summe entsprechenden Binärwort mit einem vorgegebenen Binärwort, das in einem Speicher des Mikroprozessors (7) gespeichert ist, vergleicht;

d) der Mikroprozessor (7), dann, wenn der Wert des der Summe entsprechenden Binärwortes den Wert des vorgegebenen Binärwortes übersteigt, durch entsprechende Ansteuerung eines Halbleiterschalters (4) die Bestromung der Wicklungen (1)

des Schrittmotors mit der ersten höheren Spannung ( $U_M$ ) unterbricht.

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Steuerung eines Schrittmotors gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Zur Ansteuerung von Schrittmotoren sind eine Reihe verschiedener Ansteuerprinzipien bekannt, von denen die gebräuchlichsten im Aufsatz von Herbert Sax «Schrittmotorensteuerungen mit monolithischen Bausteinen», erschienen in der Zeitschrift «Elektronik», Heft 23, 1980, Seiten 67-71, zusammengefasst sind.

Insbesondere zur Durchführung schneller Positioniervorgänge, wie z.B. bei der Positionierung von Typenrädern in Typenradschreibmaschinen, hat sich ein Ansteuerprinzip besonders bewährt. Es handelt sich dabei um eine Ansteuerung der Wicklungen des Schrittmotors mit zwei unterschiedlichen Spannungen gemäss der Ausführungen im Oberbegriff des Patentanspruches 1. Der Vorteil dieses Ansteuerprinzips besteht in erster Linie darin, dass durch das Anlegen der ersten höheren Spannung an die Wicklungen des Schrittmotors zu Beginn eines Motorschrittes ein schneller Stromanstieg in den Wicklungen erfolgt, so dass eine verhältnismässig hohe Schrittfrequenz möglich wird. Um den Strom in den Wicklungen des Schrittmotors auf ein zulässiges Mass zu begrenzen, ist es notwendig, während des Motorschrittes von der ersten höheren Spannung auf eine zweite sehr viel niedrigere Spannung umzuschalten. Der Zeitpunkt, an dem die Umschaltung erfolgt, wird dabei entweder als empirisch ermittelter Wert fest vorgegeben, oder, wie im vorstehend zitierten Aufsatz ausgeführt, durch einen Strompegeldetektor ermittelt.

Um bei Positioniervorrichtungen, die einen Schrittmotor beinhalten, der nach dem vorstehend beschriebenen Ansteuerprinzip arbeitet und z.B. zur Positionierung des Typenrades oder des Typenträgerschlittens in Typenradschreibmaschinen dient, eine fehlerfreie Positionierung zu erreichen, hat es sich als notwendig erwiesen, zumindest die erste höhere Spannung zu stabilisieren. Dies ist mit einem erheblichen Aufwand für das Netzteil derartiger Geräte verbunden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, ein Ansteuerverfahren für Schrittmotoren anzugeben, das es gestattet, trotz der Verwendung einer nicht stabilisierten Spannung als Motorspannung Positioniervorgänge schnell und fehlerfrei auszuführen.

Das erfindungsgemässe Verfahren geht dabei von der Überlegung aus, dass die entscheidende Grösse für das fehlerfreie Ausführen eines Motorschrittes die dem Motor während eines Motorschrittes zugeführte Energiemenge ist, wobei selbstverständlich sichergestellt sein muss, dass der Strom durch die Wicklungen des Schrittmotors ein Drehmoment erzeugt, das ausreicht, die bei Schrittmotoren vorhandene magnetische Rastung zu überwinden.

Es hat sich gezeigt, dass sich die Aufgabe, gestützt auf die vorstehende Überlegung, durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 lösen lässt. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemässen Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Der hauptsächliche Vorteil des Verfahrens nach den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 besteht darin, dass die Notwendigkeit, eine stabilisierte Motorspannung zu verwenden, wegfällt, was eine erhebliche Reduzierung der Kosten des Netztes, z.B. bei Typenradschreibmaschinen, mit sich bringt.

Die im Kennzeichen der abhängigen Ansprüche 2 und 3 aufgezeigte Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens offenbart eine besonders einfache Methode, die den Wicklungen

des Schrittmotors bereits zugeführte Energiemenge analog zu erfassen und auszuwerten.

Ist hingegen eine digitale Erfassung und Auswertung der den Wicklungen des Motors bereits zugeführten Energiemenge angestrebt, erweisen sich die in den Kennzeichen der abhängigen Ansprüche 4 und 5 aufgeführten Merkmale als vorteilhaft.

Einige Ausführungsformen des erfindungsgemässen Verfahrens sind nachfolgend unter Zuhilfenahme der Zeichnungen beispielsweise näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens;

Fig. 2 eine Schaltungsanordnung nach Fig. 1 mit Schaltungsteil zum analogen Erfassen und Auswerten der einem Schrittmotor zugeführten Energiemenge und

Fig. 3 eine Schaltungsanordnung nach Fig. 1 mit Schaltungsteil zum digitalen Erfassen und Auswerten der einem Schrittmotor zugeführten Energiemenge.

In Fig. 1 ist eine Schaltungsanordnung gezeigt, mit deren Hilfe das erfindungsgemässe Verfahren durchführbar ist.

Die Wicklungen 1 des Schrittmotors sind mit jeweils einem Ende an einem Punkt 2 zusammengefasst, der über eine Diode 3 mit der Haltespannung  $U_H$  und über einen Halbleiterschalter 4 mit der Motorspannung  $U_M$  verbunden sind. Die anderen Enden der Wicklungen 1 führen über weitere Halbleiterschalter 5, die über Leitungen 6 direkt von einem Mikroprozessor 7 gesteuert werden, auf Massepotential. Die Ansteuerung des Halbleiterschalters 4 erfolgt über Leitung 8 durch eine Zeitstufe 9, die Leitung 10 vom Mikroprozessor 7 getriggert wird. Die Zeitstufe 9 ist darüber hinaus über Leitung 11 an eine Referenzspannung  $U_{Ref}$  und über Leitungen 12 an eine Vergleichsspannung  $U_V$  angeschlossen.

Bevor das erfindungsgemässe Verfahren anhand der vorstehend beschriebenen Fig. 1 näher erläutert wird, erscheinen einige Anmerkungen zur Referenzspannung  $U_{Ref}$  und zur Vergleichsspannung  $U_V$  erforderlich. Die Referenzspannung  $U_{Ref}$  ist eine Grösse, die der Energiemenge proportional ist, die einem Schrittmotor einer bestimmten Modellreihe unter bestimmten Lastverhältnissen zugeführt werden muss, damit dieser fehlerfrei arbeitet. Die Vergleichsspannung  $U_V$  ist eine Grösse, die der Energiemenge proportional ist, die dem Schrittmotor während eines Schrittes bereits zugeführt wurde. Um die Referenzspannung  $U_{Ref}$  mit der Vergleichsspannung  $U_V$  vergleichen zu können, müssen beide — bezogen auf die Energiemenge, die sie repräsentieren — den gleichen Proportionalitätsfaktor aufweisen.

Das erfindungsgemässe Verfahren läuft unter den vorstehend aufgeführten Voraussetzungen folgendermassen ab:

Zur Durchführung eines Motorschrittes steuert der Mikroprozessor 7 über Leitung 6 die Halbleiterschalter 5 in an sich bekannter Weise derart an, dass diese die zur Ausführung des Schrittes notwendigen Wicklungen 1 mit dem Massepotential verbinden. Gleichzeitig triggert der Mikroprozessor 7 über Leitung 10 die Zeitstufe 9. Diese steuert über Leitung 8 den Halbleiterschalter 4 an, der den Punkt 2 mit der Motorspannung  $U_M$  verbindet. Mit dem Triggerimpuls über Leitung 10 beginnt die Zeitstufe 9 die Referenzspannung  $U_{Ref}$  mit der Vergleichsspannung  $U_V$  zu vergleichen. Übersteigt die Vergleichsspannung  $U_V$  die Referenzspannung  $U_{Ref}$ , unterbricht die Zeitstufe 9 über Leitung 8 und Halbleiterschalter 4 die Verbindung zwischen der Motorspannung  $U_M$  und dem Punkt 2, so dass dieser über die Diode 3 auf Haltespannung  $U_H$  legt.

Die Zeit, in der Punkt 2 und damit die Wicklungen 1 des Schrittmotors mit der Motorspannung  $U_M$  verbunden sind, wird entsprechend den vorstehenden Ausführungen durch den Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  — bezogen auf die Referenzspannung  $U_{Ref}$  — bestimmt. Da, wie vorausgesetzt, die Vergleichsspannung  $U_V$  der den Wicklungen 1 des Schrittmotors

während eines Motorschrittes bereits zugeführten Energiemenge entspricht und diese sich wiederum aus der an den Wicklungen 1 liegende Spannung  $U_M$  ergibt, kann  $U_V$  von  $U_M$  direkt abgeleitet werden. Hierzu sind einige Bedingungen zu erfüllen:

- a) aus dem Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  muss bei maximal möglicher Motorspannung  $U_M$  eine Schaltzeit resultieren, die eine thermische Überlastung des Schrittmotors zuverlässig verhindert;
- b) aus dem Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  muss bei minimal möglicher Motorspannung  $U_M$  eine Schaltzeit resultieren, die nicht länger ist als die Zeit, die zwischen zwei Motorschritten verstreicht;
- c) der Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  sollte zwischen den Extrembedingungen nach a) und b) möglichst so sein, dass sich zwischen der Motorspannung  $U_M$  und der davon abhängigen Schaltzeit ein näherungsweise linearer Zusammenhang ergibt.

Eine Möglichkeit, die Vergleichsspannung  $U_V$  von der Motorspannung  $U_M$  abzuleiten und gleichzeitig die Bedingungen a) bis c) näherungsweise zu erfüllen, ist in Fig. 2 gezeigt. Da sich die Schaltung in Fig. 2 nur teilweise von der in Fig. 1 unterscheidet, werden nachfolgend nur die unterschiedlichen Schaltungsteile bzw. deren Funktion näher beschrieben. Dabei sind für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen gewählt.

Zur Realisierung der Zeitstufe (Fig. 1) findet ein handelsüblicher monostabiler Multivibrator 13 Verwendung, wie er z.B. von der Firma Motorola unter der Typenbezeichnung MC 14538 B vertrieben wird. Der monostabile Multivibrator 13 weist über seinen Eingang B eine Verbindung 10 zum Mikroprozessor 7, über seinen Eingang A eine Verbindung auf Masse, über seinen Ausgang Q eine Verbindung 8 zum Halbleiterschalter 4 sowie Anschlüsse an die Versorgungsspannung (nicht dargestellt) auf. Die Eingänge  $T_1$  und  $T_2$  des monostabilen Multivibrators 13 sind mit den Anschlüssen eines Kondensators 15 verbunden, der einerseits an Masse angeschlossen ist und andererseits mit einem Widerstand 16 eine Reihenschaltung 15, 16 bildet. Die Reihenschaltung 15, 16 liegt zu einem Widerstand 17 parallel und ist über einen weiteren Widerstand 18 mit der Motorspannung  $U_M$  verbunden. Der durch die Widerstände 17 und 18 gebildete Spannungsteiler dient dazu, die maximal an der Reihenschaltung aus Kondensator 15 und Widerstand 16 auftretende Spannung auf die maximal an den Eingängen  $T_1$  und  $T_2$  des monostabilen Multivibrators 13 zulässige Spannung zu begrenzen.

Die Bestromung der Wicklungen 1 des Schrittmotors mit Hilfe der vorstehend beschriebenen Schaltung läuft so ab, dass der Mikroprozessor 7 zunächst eine vom durchzuführenden Motorschritt abhängige Auswahl der Wicklungen 1 durch Ansteuern der Halbleiterschalter 5 über die Leitungen 6 mit dem Massepotential verbindet, gleichzeitig gibt er über Leitung 10 einen Triggerimpuls auf den Eingang B des monostabilen Multivibrators 13. Dieser schaltet mit der negativen Flanke des Triggerimpulses seinen Ausgang auf hohes Potential und steuert damit über Leitung 8 den Halbleiterschalter 4 an, der daraufhin die Motorspannung  $U_M$  auf die Wicklungen 1 des Schrittmotors durchschaltet. Gleichzeitig mit dem Eintreffen der negativen Flanke des Triggerimpulses am Eingang B des monostabilen Multivibrators 13 entlädt dieser den an seinen Eingängen  $T_1$  und  $T_2$  liegenden Kondensator 15 sehr schnell auf eine erste intern erzeugte Referenzspannung  $U_{Ref1}$ .

Anschliessend wird der Kondensator 15 über den Widerstand 16 durch die am Widerstand 17 liegende Spannung, die der Motorspannung  $U_M$  proportional ist, aufgeladen, bis eine zweite ebenfalls im monostabilen Multivibrator 13 erzeugte Referenzspannung  $U_{Ref2}$  überschritten wird. Mit der Überschreiten der Referenzspannung  $U_{Ref2}$  schaltet der monostabile Multivibrator 13 in seinen Ausgangszustand zurück, so dass über seinen Ausgang Q und Leitung 8 niedriges Potential am Halbleiterschalter 4 liegt, wodurch dieser sperrt. Die Wicklungen 1 des

Schrittmotors liegen dann über die Diode 3 wieder an Haltespannung  $U_H$ . Einzelheiten der Funktion des monostabilen Multivibrators 13 MC 14538 B sind dem zugehörigen Datenblatt zu entnehmen.

Wie aus der vorstehenden Funktionsbeschreibung zur Fig. 2 ersichtlich, wird die Schaltzeit I des monostabilen Multivibrators 13 durch den Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  am Kondensator 15 bestimmt. Der Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  am Kondensator 15 hängt u.a. von der am Widerstand 17 abfallenden Spannung und damit von der Motorspannung  $U_M$  ab, so dass sich zwischen der Schaltzeit I des monostabilen Multivibrators 13 und der Motorspannung  $U_M$  ein proportionaler Zusammenhang ergibt. Durch die Wahl der Bauelemente, die den zeitlichen Verlauf der Vergleichsspannung  $U_V$  mitbestimmen, also durch die Wahl des Kondensators 15 bzw. des Widerstandes 16, kann die Schaltzeit des monostabilen Multivibrators 13 so eingestellt werden, dass sie den Angaben im Datenblatt des Schrittmotors bei Nennspannung entspricht. Wie Versuche gezeigt haben, stellen sich bei dieser Vorgehensweise für die maximal mögliche Motorspannung bzw. die minimal mögliche Motorspannung die zu Fig. 1 in Punkten a) und b) erwähnten Bedingungen ein. Der gewünschte lineare Zusammenhang zwischen der Motorspannung  $U_M$  und der Schaltzeit I des monostabilen Multivibrators 13, wie er im Punkt c) der Beschreibung zur Fig. 1 gefordert ist, kann jedoch aufgrund der nach einer Exponentialfunktion verlaufenden Ladekurve des Kondensators 15 nicht erreicht werden. Versuche haben jedoch gezeigt, dass die daraus resultierenden Abweichungen nicht zu Fehlfunktionen des Schrittmotors führen.

Neben der vorstehend beschriebenen Möglichkeit, durch direkten Vergleich zweier Spannungen ( $U_{Ref2}$ ,  $U_V$ ) die den Wicklungen 1 des Schrittmotors während eines Schrittes zugeführte Energiemenge — unabhängig von der Motorspannung  $U_M$  — konstant zu halten, ist es selbstverständlich auch denkbar, die Vergleichsspannung  $U_V$  zu digitalisieren und zyklisch mit einer gespeicherten digitalen Grösse zu vergleichen. Eine Unterbrechung der Bestromung der Wicklungen 1 des Schrittmotors mit der Motorspannung  $U_M$  muss bei dieser Vorgehensweise dann erfolgen, wenn die Vergleichseinrichtung, z.B. der Mikroprozessor 7, in einem Vergleichszyklus feststellt, dass der digitale Wert von  $U_V$  grösser ist als der gespeicherte digitale Vergleichswert.

Eine Schaltung zur Realisierung dieser Verfahrensvariante unterscheidet sich von der Schaltung in Fig. 2 nur dadurch, dass die Funktion des monostabilen Multivibrators 13 in den Mikroprozessor 7 verlagert ist, so dass sich eine detaillierte Beschreibung erübrigt.

Eine von den Beispielen nach Fig. 1 und 2 abweichende Art, den zeitlichen Verlauf der Motorspannung  $U_M$  in eine Grösse umzusetzen, die der den Wicklungen 1 des Schrittmotors während eines Schrittes bereits zugeführten Energiemenge entspricht, wird nachfolgend unter Zuhilfenahme der Fig. 3 beschrieben.

Wie bereits zu Fig. 1 ausgeführt, sind die Wicklungen 1 des Schrittmotors einerseits über den Halbleiterschalter 4 mit der Motorspannung  $U_M$  und andererseits über die Halbleiterschalter 5 mit dem Massepotential verbindbar. Die Ansteuerung der Halbleiterschalter 5 erfolgt über Leitungen 6 durch den Mikroprozessor 7, der im Unterschied zur Fig. 1 auch den Halbleiterschalter 4 direkt über Leitung 21 steuert. Die Eingänge 22 des Mikroprozessors 7 sind darüber hinaus über Leitungen 20 mit dem Digitalausgang eines Analog-Digital-Wandlers 19 verbunden, dessen Analogeingang an die Motorspannung  $U_M$  angeschlossen ist. Der Analog-Digital-Wandler 19 liefert an seinen Digitalausgängen ein Binärwort, das der Motorspannung  $U_M$  entspricht, die während eines Digitalisierungszyklus' am Analogeingang des Analog-Digital-Wandlers 19 liegt.

Zur Durchführung eines Motorschrittes verbindet der Mi-

kroprozessor 7 zunächst eine vom durchführenden Motorschritt abhängige Auswahl der Wicklungen 1 durch Ansteuern der Halbleiterschalter 5 über die Leitungen 6 mit dem Massepotential und steuert über Leitung 21 den Halbleiterschalter 4 so an, dass dieser die Wicklungen 1 des Schrittmotors mit der Motorspannung  $U_M$  verbindet. Vom Beginn der Bestromung der Wicklungen 1 des Schrittmotors mit der Motorspannung  $U_M$  an führt der Mikroprozessor 7 eine Reihe von Steuerschritten durch, die nachfolgend stark vereinfacht in einer Tabelle aufgeführt sind.

#### Schritt 1

Abfragen des an den Eingängen 22 liegenden Binärwortes, Weiterführung mit Schritt 2.

#### Schritt 2

Addieren des abgefragten Binärwortes zu einem aus einem ersten Speicher entnommenen Binärwort, das die Summe der Binärworte ist, die während eines Motorschrittes bereits ermittelt wurden, Weiterführung mit Schritt 3.

#### Schritt 3

Abspeichern des, das Ergebnis der Addition in Schritt 2 darstellenden Binärwortes im ersten Speicher, Weiterführung mit Schritt 4.

#### Schritt 4

Vergleichen des Binärwortes aus dem ersten Speicher mit einem fest vorgegebenen Binärwort aus einem zweiten Speicher. Ist das Binärwort aus dem ersten Speicher grösser als das Binärwort aus dem zweiten Speicher, Weiterführung mit Schritt 5, ansonsten Weiterführung mit Schritt 1.

#### Schritt 5

Unterbrechen der Verbindung zwischen der Motorspannung  $U_M$  und den Wicklungen 1 des Schrittmotors durch entsprechende Ansteuerung des Halbleiterschalters 4 über Leitung 21.

Die vorstehend beschriebene Verfahrensvariante beruht auf der Überlegung, dass die während eines Abtastzyklus' an den Wicklungen 1 des Schrittmotors liegende Motorspannung  $U_M$  näherungsweise der während dieses Abtastzyklus' den Wicklungen 1 des Schrittmotors zugeführten Energiemenge proportional ist. Summiert man die jeweils in den einzelnen Abtastzyklen ermittelte Spannung  $U_M$ , so entspricht die Summe näherungsweise der den Wicklungen 1 des Schrittmotors während dieser Abtastzyklen zugeführte Energiemenge. Durch zyklischen Vergleich der Summe mit einem vorgegebenen Wert lässt sich der Zeitpunkt ermitteln, zu dem die den Wicklungen 1 des Schrittmotors zugeführte Energiemenge ausreicht, damit der Schrittmotor einen Schritt fehlerfrei ausführt. Es ist somit möglich, den Halbleiterschalter 4 direkt über den Mikroprozessor 7 zu steuern. Zur Durchführung des Verfahrens mit Hilfe der Schaltung in Fig. 3 ist es selbstverständlich erforderlich, den Digitalisierungszyklus des Analog-Digital-Wandlers 19 und den Abtastzyklus des Mikroprozessors 7 zu synchronisieren. Das im Schritt 4 des Verfahrens zum Vergleich herangezogene Binärwort, das der Energiemenge entspricht, die den Wicklungen 1 des Schrittmotors zugeführt werden muss, damit dieser einen Schritt sicher ausführt, ist auch in diesem Falle empirisch zu ermitteln. Es kann dabei so vorgegangen werden, dass zunächst die Bestromungszeit der Wicklungen 1 bei Nennspannung entsprechend den Datenblattangaben des verwendeten Schrittmotors durch die Zeitdauer eines Abtastzyklus' dividiert wird. Das Ergebniss dieser Division ist die Anzahl der Abtastzyklen, die sich bei Anlegen der Nennspannung als Motorspannung  $U_M$  nach dem zu Fig. 3 beschriebenen Verfahren ergeben muss.

Multipliziert man das Binärwort, das sich beim Anlegen der Nennspannung an den Analogeingang des Analog-Digital-Wandlers 19 an dessen Digitalausgängen einstellt, mit der Anzahl der Abtastzyklen, so erhält man als Ergebnis in erster Näherung das gesuchte Binärwort. Durch Variation dieses Binärwortes in einer Versuchsreihe lässt sich das zu Fig. 3 beschriebene Verfahren optimieren, so dass es den zur Fig. 1 aufgeführten Bedingungen a) bis c) genügt.

Bei den vorstehend aufgeführten Ausführungsbeispielen wurde davon ausgegangen, dass sich das Verhältnis zwischen Wirkleistungsanteil und Verlustleistungsanteil bei unterschiedlich hohen Motorspannungen  $U_M$  nicht ändert, so dass gemäss der zu Fig. 1 aufgeführten Bedingung c) ein linearer Zusammenhang zwischen Motorspannung  $U_M$  und Einschaltzeit  $I$  der Motorspannung anzustreben ist. Dies trifft zwar nicht exakt zu, kann aber, wie praktische Versuche gezeigt haben, beim durch das unstabilierte Netzteil verursachten Schwankungsbereich der Motorspannung als in erster Näherung gegeben angenommen werden.

Wie zu den Fig. 1 bis 3 beschrieben, ist es möglich, mit dem erfindungsgemässen Verfahren die den Wicklungen 1 des Schrittmotors zugeführte Energiemenge auch bei stark schwankender, also nicht stabilisierter, Motorspannung annähernd konstant zu halten. Bewerkstelligt wird dies durch variieren der Bestromungszeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf dieser Motorspannung. Der praktische Nutzen, der sich daraus ergibt, ist in erster Linie darin zu sehen, dass bei Einrichtungen, wie z.B. Typenradschreibmaschinen, die als Antrieb für das Typenrad und den Typenträgerschlitten nach dem erfindungsgemässen Verfahren betriebene Schrittmotoren beinhalten, ein bezüglich der relativ hohen Motorspannung nicht stabilisiertes und damit kostengünstiges Netzteil eingesetzt werden kann. Darüber hinaus ergibt sich aus dem Umstand, dass den Wicklungen eines Schrittmotors, bei Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens, immer nur die Energiemenge zugeführt wird, die zur fehlerfreien Durchführung eines Schrittes notwendig ist, eine gegenüber herkömmlichen Verfahren sehr viel geringere Verlustleistung.

Fig. 1

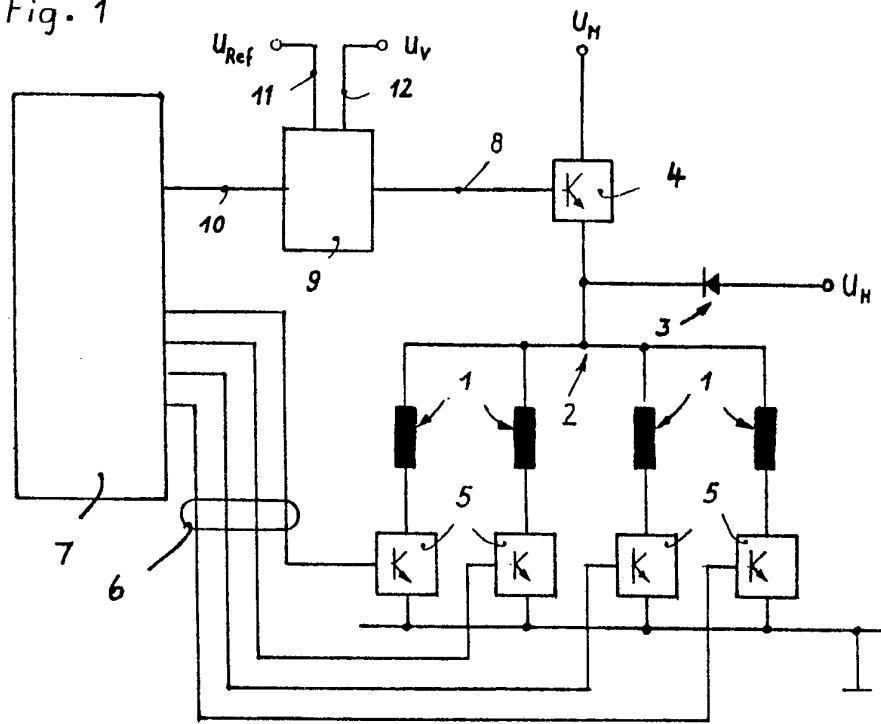


Fig. 3

