



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 673 413 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: B 06 B 1/08  
A 61 C 17/00  
H 04 R 3/00

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

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 3845/87

⑫② Anmeldungsdatum: 02.10.1987

⑫③ Priorität(en): 01.12.1986 DE 3641058

⑫④ Patent erteilt: 15.03.1990

⑫⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.03.1990

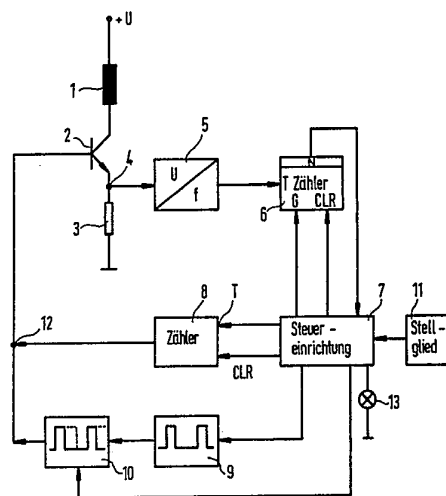
⑫⑦ Inhaber:  
Kaltenbach & Voigt GmbH & Co., Biberach/Riss  
(DE)

⑫⑦② Erfinder:  
Schmid, Gerhard, Mittelbiberach (DE)  
Beier, Stefan, Biberach/Riss (DE)

⑫⑦④ Vertreter:  
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,  
Patentanwälte, Basel

### ⑫⑤④ Schaltungsanordnung zur Speisung eines Ultraschallgebers, insbesondere für ein Zahnsteinentfernungsgerät.

⑫⑤⑦ Eine Schaltungsanordnung zur Speisung eines Ultraschallgebers, insbesondere für ein Zahnsteinentfernungsgerät, weist eine Steuereinrichtung (7) auf, die die Speisung der Erregerspule (1) eines magnetostriktiven Wandlers mit Erregerimpulsen bewirkt, bei denen der magnetostriktive Wandler in Resonanz ist. Dazu werden zu Beginn jeder Inbetriebsetzung der Erregerspule (1) zunächst Erregerimpulse mit unterschiedlichen Impulsraten zugeführt, und der die Erregerspule (1) jeweils durchfließende Strom wird ermittelt. Die Impulsrate derjenigen Erregerimpulse, bei der der magnetostriktive Wandler in Resonanz ist, wird bestimmt. Anschliessend wird die Abgabe der Erregerimpulse mit der bestimmten Impulsrate fortgesetzt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Schaltungsanordnung zur Speisung eines Ultraschallgebers, insbesondere für ein Zahnsteinentfernungsgerät, mit einem magnetostriktiven Wandler, welcher eine Erregerspule (1) aufweist, und mit einer Steuereinrichtung (7), welche die Speisung der Erregerspule (1) mit Erregerimpulsen bewirkt, deren Impulsrate auf die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers einstellbar ist, dadurch gekennzeichnet,
  - dass der Erregerspule (1) des magnetostriktiven Wandlers zu Beginn jeder Inbetriebsetzung zunächst Erregerimpulse mit unterschiedlichen Impulsraten zugeführt werden,
  - dass der die Erregerspule (1) jeweils durchfließende Strom ermittelt wird,
  - dass die Impulsrate derjenigen Erregerimpulse bestimmt wird, bei der der magnetostriktive Wandler in Resonanz ist, und
  - dass anschliessend die Abgabe der Erregerimpulse mit der betreffenden bestimmten Impulsrate fortgesetzt wird.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Erregerspule (1) des magnetostriktiven Wandlers Impulse mit einer vorgegebenen Anzahl von Impulsraten in aufeinanderfolgend kleineren Impulsratenbereichen zugeführt werden.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des die Erregerspule (1) jeweils durchfließenden Stromes ein zu der Erregerspule (1) in Reihe liegender Widerstand (3) vorgesehen ist, mit dem eine Spannungsauswerteschaltung (5, 6; 20, 21, 22, 23) verbunden ist, die ein der an dem Widerstand (3) jeweils abfallenden Spannung entsprechendes digitales Signal an die Steuereinrichtung (7) abgibt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsauswerteschaltung einen mit dem Widerstand (3) verbundenen Spannungs-Frequenz-Wandler (5) aufweist, der Impulse mit einer der an dem Widerstand (3) jeweils abfallenden Spannung entsprechenden Impulsrate an einen Zähler (6) abgibt, welcher innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne (d) auftretende Impulse zählt und dessen am Ende dieser Zeitspanne jeweils erreichte Zählerstellung in der Steuereinrichtung (7) übernommen wird.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsauswerteschaltung eine an dem Widerstand (3) angeschlossene Gleichspannungsunterdrückungsschaltung (21) umfasst, welche aus der an dem Widerstand (3) jeweils abfallenden Spannung die Gleichspannungsanteile unterdrückt, und dass der Gleichspannungsunterdrückungsschaltung (21) eine Tiefpassschaltung (22) und dieser ein Analog-Digital-Wandler (23) nachgeschaltet ist, der ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung (7) verbunden ist.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichspannungsunterdrückungsschaltung einen Verstärker (20) aufweist.
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (7) ausgangsseitig mit einem weiteren Zähler (8) verbunden ist, der derart betrieben ist, dass er ausgangsseitig Impulse mit einer durch den Wert des jeweiligen digitalen Signals bestimmten Impulsrate zur Erregung der Erregerspule (1) des magnetostriktiven Wandlers abgibt.
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Steuereinrichtung (7) ferner eine Impulssteuereinrichtung (9) verbunden ist, welche die Wirksamkeit der von dem genannten weiteren Zähler (8) abgegebenen Impulse festlegt.
9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Impulssteuereinrichtung (9) eine Impulsbreitensteuereinrichtung (10) nachgeschaltet ist, welche die Breite der von der Impulssteuereinrichtung (9) jeweils abgegebenen Impulse einzustellen gestattet.
10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Steuereinrichtung (7) ein Stellglied (11) verbunden ist, welches an die Steuereinrichtung (7) eine

Einstellspannung abgibt, durch die die Intensität der an die Erregerspule (1) des magnetostriktiven Wandlers jeweils abgegebenen Impulse einstellbar ist.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Erregerspule (1) des magnetostriktiven Wandlers im Kollektorkreis eines Transistors (2) liegt, in dessen Emitterkreis der Widerstand (3) liegt und dessen Basis die Erregerimpulse zugeführt werden.

12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzeige in dem Fall erfolgt, dass festgestellt wird, dass die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers ausserhalb eines festgelegten Impulsratenbereiches liegt.

## BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur Speisung eines Ultraschallgebers, insbesondere für ein Zahnsteinentfernungsgerät, mit einem magnetostriktiven Wandler, welcher eine Erregerspule aufweist, und mit einer Steuereinrichtung, welche die Speisung der Erregerspule mit Erregersignalen bewirkt, deren Impulsrate auf die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers einstellbar ist.

Es ist bereits ein Ultraschallgenerator mit einem magnetostriktiven Wandler sowie mit einem Oszillator bekannt (DE-OS 29 29 646), der ein ein periodisches An- und Abschalten des Wandlers bewirkt, das Signal liefert und dessen Frequenz durch eine Regelspannung auf die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers nachregelbar ist. Zur Erzeugung der Regelspannung dient dabei ein Integrationsglied, welches im Takte des Ab- und Anschaltens des Wandlers geladen und/oder entladen wird und welches aus der Summe einer festen Spannung und der Rückschlagspannung, die am Wandler bzw. an dessen Wicklung beim periodischen Ab- und Anschalten des Wandlers auftritt, die Regelspannung gewinnt. Durch diese Massnahme ist es zwar möglich, bei Bekanntsein der Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers diesen bei dieser Frequenz betreiben zu können. Wenn sich die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers jedoch ändert, wie durch Alterungseinflüsse, dann arbeitet der bekannte Ultraschallgenerator nicht mehr in der gewünschten Weise.

Der Erfindung liegt demgemäss die Aufgabe zugrunde, die eingangs genannte Schaltungsanordnung so weiterzubilden, dass auf relativ einfache Weise der magnetostriktive Wandler stets bei seiner Resonanzfrequenz betrieben wird.

Gelöst wird die vorstehend aufgezeigte Aufgabe bei einer Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art erfindungsgemäss dadurch, dass der Erregerspule des magnetostriktiven Wandlers zu Beginn jeder Inbetriebsetzung zunächst Erregerimpulse mit unterschiedlichen Impulsraten zugeführt werden, dass der die Erregerspule jeweils durchfließende Strom ermittelt wird, dass die Impulsrate derjenigen Erregerimpulse bestimmt wird, bei der der magnetostriktive Wandler in Resonanz ist, und dass anschliessend die Abgabe der Erregerimpulse mit der betreffenden bestimmten Impulsrate fortgesetzt wird.

Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, dass mit insgesamt relativ geringem schaltungstechnischem Aufwand ausgekommen werden kann, um den magnetostriktiven Wandler im Betrieb stets bei seiner Resonanzfrequenz betreiben zu können, d. h. bei optimalen Betriebsbedingungen. Dazu wird gemäss der Erfindung mit jeder Inbetriebsetzung zunächst in einer Einmess- bzw. Abgleichphase die jeweils gerade vorliegende Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers ermittelt, und in der daran sich anschliessenden Betriebsphase wird der magnetostriktive Wandler dann bei dieser Resonanzfrequenz betrieben. Dies bedeutet, dass bei der vorliegenden Erfindung eine manuelle bzw. feste Einstellung der Frequenz entfällt, bei der der magnetostriktive Wandler arbeiten soll. Im übrigen können die üblicherweise für einen magnetostriktiven der angegebenen Art verwendeten Lamellenbündel ausgetauscht und durch neue Lamel-

lenbündel ersetzt werden, ohne dass eine komplizierte Neueinstellung des magnetostruktiven Wandlers damit verbunden ist. In jedem Falle wird die maximale Leistung von dem Ultraschallgeber und insbesondere von dem Zahnsteinentfernungsgerät abgegeben, in welchem der magnetostruktive Wandler verwendet ist. Überdies spielt eine Drift infolge von Temperatureinflüssen überhaupt keine Rolle.

Von Vorteil ist ferner, dass bei Verwendung des magnetostruktiven Wandlers in einem Zahnsteinentfernungsgerät Lamellenbündel unterschiedlicher magnetostruktiver Wandler verschiedener Behandlungseinheiten ausgetauscht werden können, und dennoch wird in jedem Falle der jeweilige magnetostruktive Wandler bei maximaler Leistung betrieben.

Gemäss einer zweckmässigen Ausgestaltung der Erfindung erfolgt eine Anzeige in dem Fall, dass festgestellt wird, dass die Resonanzfrequenz des magnetostruktiven Wandlers ausserhalb eines festgelegten Impulsratenbereiches liegt. Durch diese Massnahme kann auf relativ einfache Weise eine Anzeige in dem Fall erhalten werden, dass beispielsweise bei einem den magnetostruktiven Wandler verwendenden Zahnsteinentfernungsgerät dessen Behandlungsspitze nicht angezogen ist oder das Lamellenbündel des betreffenden Wandlers defekt ist.

Zweckmässigerweise werden der Erregerspule des magnetostruktiven Wandlers Impulse mit einer vorgegebenen Anzahl von Impulsraten in aufeinanderfolgend kleineren Impulsratenbereichen zugeführt werden. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass auf relativ einfache Weise die Resonanzfrequenz des magnetostruktiven Wandlers sehr genau bestimmt werden kann.

Vorzugsweise dient zur Ermittlung des die Erregerspule jeweils durchfliessenden Stromes ein zu dieser Erregerspule in Reihe liegender Widerstand, mit dem eine Spannungsauswerteschaltung verbunden ist, die ein der an dem Widerstand jeweils abfallenden Spannung entsprechendes digitales Signal an die Steuereinrichtung abgibt. Hierdurch ergibt sich der Vorteil einer relativ einfachen Möglichkeit der Ermittlung des die Erregerspule jeweils durchfliessenden Stromes und der Gewinnung einer für die Steuereinrichtung massgebenden Steuergrösse.

Die Spannungsauswerteschaltung weist zweckmässigerweise einen mit dem Widerstand verbundenen Spannungs-Frequenz-Wandler auf, der Impulse mit einer der an dem Widerstand jeweils abfallenden Spannung entsprechenden Impulsrate an einen Zähler abgibt, welcher die innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne auftretenden Impulse zählt und dessen am Ende dieser Zeitspanne jeweils erreichte Zählerstellung in der Steuereinrichtung übernommen wird. Hierdurch ergibt sich der Vorteil einer relativ einfach realisierbaren Spannungsauswerteschaltung.

Eine andere zweckmässige Ausbildung der Spannungsauswerteschaltung umfasst eine an dem Widerstand angeschlossene Gleichspannungsunterdrückungsschaltung, welche aus der an dem Widerstand jeweils abfallenden Spannung die Gleichspannungsanteile unterdrückt und der eine Tiefpassschaltung nachgeschaltet ist, welcher ein Analog-Digital-Wandler nachgeschaltet ist, der ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung verbunden ist. Hierdurch ergibt sich ebenfalls ein relativ geringer schaltungstechnischer Aufwand hinsichtlich der Realisierung der Spannungsauswerteschaltung.

Von Vorteil bei der zuletzt betrachteten zweckmässigen Weiterbildung der Erfindung ist es, wenn die Gleichspannungsunterdrückungsschaltung einen Verstärker aufweist. Diese Massnahme bringt den Vorteil mit sich, dass die von Gleichspannungsanteilen befreite auszuwertende Spannung einen für die Auswertung ausreichenden Pegel aufweist.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung ausgangsseitig mit einem weiteren Zähler verbunden, der derart betrieben ist, dass er ausgangsseitig Impulse mit einer durch den Wert des jeweiligen digitalen Signals bestimmten Impulsrate zur Erregung der Erregerspule des magnetostruktiven Wandlers abgibt. Hierdurch ergibt sich der Vorteil einer relativ einfach realisierbaren Steuereinrichtung. Diese Steuereinrichtung braucht nämlich lediglich die ihr eingangsseitig

zugeführten digitalen Signale für die Ansteuerung des genannten weiteren Zählers heranzuziehen.

Zweckmässigerweise ist bei der gerade betrachteten Ausführungsform der Erfindung mit der Steuereinrichtung ferner eine Impulssteuereinrichtung verbunden, welche die Wirksamkeit der von dem genannten weiteren Zähler abgegebenen Impulse festlegt. Diese Massnahme bringt den Vorteil mit sich, dass mit einer besonders einfachen Steuerung des erwähnten weiteren Zählers ausgekommen werden kann, dessen jeweils abgegebene Impulse durch die Impulssteuereinrichtung wirksam gemacht sind.

Zweckmässigerweise ist der Impulssteuereinrichtung eine Impulsbreitensteuereinrichtung nachgeschaltet, welche die Breite der von der Impulssteuereinrichtung jeweils abgegebenen Impulse einzustellen gestattet. Durch diese Massnahme gelingt es auf besonders einfache Weise, die Intensität des magnetostruktiven Wandlers steuern zu können.

Zweckmässigerweise ist mit der Steuereinrichtung ein Stellglied verbunden, welches an die Steuereinrichtung eine Einstellspannung abgibt, durch die die Intensität der an die Erregerspule des magnetostruktiven Wandlers jeweils abgegebenen Impulse einstellbar ist. Diese Massnahme dient vorzugsweise dazu, die Breite der von der Impulssteuereinrichtung abgegebenen Impulse mittels der Impulsbreitensteuereinrichtung einzustellen.

Von Vorteil ist es schliesslich, wenn die Erregerspule des magnetostruktiven Wandlers im Kollektorkreis eines Transistors liegt, in dessen Emitterkreis der genannte Widerstand liegt und dessen Basis die Erregerimpulse zugeführt werden. Hierdurch ergibt sich nämlich eine besonders einfache Möglichkeit der Speisung der Erregerspule und der Ermittlung des diese jeweils durchfliessenden Stromes.

Anhand von Zeichnungen wird die Erfindung nachstehend beispielsweise näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in einem Blockdiagramm eine Ausführungsform der Schaltungsanordnung gemäss der Erfindung.

Fig. 2 zeigt in einem Blockdiagramm eine Spannungsauswerteschaltung, die anstelle einer bei der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 1 verwendeten Spannungsauswerteschaltung verwendet werden kann.

Fig. 3a bis d zeigen Signal- bzw. Impulsverläufe, auf die im Zusammenhang mit der Erläuterung der in Fig. 1 gezeigten Schaltungsanordnung Bezug genommen wird.

Fig. 4a bis d zeigen Signal- bzw. Impulsverläufe, auf die im Zusammenhang mit der Erläuterung der in Fig. 2 gezeigten Schaltungsanordnung Bezug genommen wird.

In Fig. 1 ist in einem Blockschaltbild eine Schaltungsanordnung zur Speisung eines Ultraschallgebers gezeigt, der insbesondere für ein Zahnsteinentfernungsgerät dienen soll und der einen magnetostruktiven Wandler mit einer Erregerspule 1 aufweist. Die Erregerspule 1 liegt im Kollektorkreis eines Transistors 2, bei dem es sich im vorliegenden Fall um einen npn-Transistor handelt. Im Emitterkreis des Transistors 2 ist ein Widerstand 3 vorgesehen, der ein ohmscher Widerstand ist und der hier als Messwiderstand dient. Dieser Widerstand 3 liegt mit seinem der Verbindung mit dem Emitter des Transistors 2 abgewandten Ende an Erde bzw. auf Massepotential. Die Erregerspule 1 liegt mit ihrem der Verbindung mit dem Kollektor des Transistors 2 abgewandten Ende an einem Schaltungspunkt, der eine Spannung von  $+U$  von beispielsweise 12 V führen kann.

Am Schaltungspunkt 4 zwischen dem Emitter des Transistors 2 und dem Widerstand 3 ist eine Spannungsauswerteschaltung angeschlossen, die gemäss Fig. 1 einen Spannungs-Frequenz-Umsetzer (U-f-Umsetzer) 5 und einen diesem Umsetzer 5 nachgeschalteten Zähler 6 umfasst. Die Aufgabe der Spannungsauswerteschaltung besteht darin, die an dem Widerstand 3 jeweils abfallende Spannung zu ermitteln und ein dieser Spannung entsprechendes digitales Signal abzugeben, und zwar an eine Steuereinrichtung 7. Dazu gibt der Spannungs-Frequenz-Wandler 5 ausgangsseitig Impulse mit einer der an dem Widerstand 3 jeweils abfallenden Spannung entsprechenden Impulsrate an den Zählengang T des Zählers 6 ab, der diese Impulse zählt. Der Zähler 6 wird von der Steuereinrichtung 7 her an

einem Eingang G gesondert freigegeben, und an einem Eingang CLR erhält der Zähler 6 Rückstellsignale zugeführt, die ihn jeweils in eine definierte Ausgangszählerstellung, insbesondere die Null-Zählerstellung bringen. Der Zähler 6 kann somit während einer vorgegebenen Zeitspanne auftretende Impulse von dem Spannungsfrequenz-Wandler 5 her zählen. Seine am Ende dieser Zeitspanne jeweils erreichte Zählerstellung wird dann in der Steuereinrichtung 7 übernommen. Diese Zählerstellung, die N Bits umfasst, stellt das erwähnte digitale Signal dar, welches von der Spannungsauswerteschaltung, d. h. von dem Zähler 6 an die Steuereinrichtung 7 abgegeben wird.

Die Steuereinrichtung 7 ist ausgangsseitig mit einem weiteren Zähler 8 verbunden, der von der Steuereinrichtung 7 derart betrieben wird, dass er ausgangsseitig Impulse mit einer durch den Wert des jeweiligen digitalen Signals — vom Ausgang des Zählers 6 her — bestimmten Impulsrate zur Verfügung stellt. Diese Impulse werden gemäss Fig. 1 der Basis des Transistors 2 zugeführt; sie dienen damit zur Erregung der Erregerspule 1 des magnetostriktiven Wandlers.

Mit der Steuereinrichtung 7 ist ferner eine Impulssteuereinrichtung 9 verbunden, welche während einer festgelegten Zeitspanne T Impulse bestimmter Dauer abgibt, die in Verbindung mit den vom Ausgang des weiteren Zählers 8 abgegebenen Erregerimpulsen dazu dienen, die Dauer festzulegen, während der die von dem weiteren Zähler 8 insgesamt abgegebenen Erregerimpulse wirksam sind, d. h. zu einer Erregung der Erregerspule 1 führen. Dabei ist vorzugsweise der Impulssteuereinrichtung 9 eine Impulsbreitensteuereinrichtung 10 nachgeschaltet, welche die Breite der von der Impulssteuereinrichtung jeweils abgegebenen Impulse einzustellen gestattet, wie dies in Fig. 1 durch gestrichelte Linien angedeutet ist. Die Einstellung der Breite der von der Impulssteuereinrichtung 9 abgegebenen Impulse in der Impulsbreitensteuereinrichtung erfolgt ebenso wie die Festlegung der von der Impulssteuereinrichtung 9 abzugebenden Impulse sowie deren Impulsfolge durch die Steuereinrichtung 7.

Mit der Steuereinrichtung 7 ist gemäss Fig. 1 ein Stellglied 11 verbunden, bei dem es sich beispielsweise um ein Potentiometer handeln kann, welches mittels eines Fusschalters einstellbar ist und welches eine seiner jeweiligen Einstellung entsprechende Ausgangsspannung abgibt, die beispielsweise zwischen 0 und 10 V liegen kann.

Mit der Steuereinrichtung 7 ist schliesslich noch eine Anzeigeeinrichtung 13 verbunden, die durch eine Glühlampe oder durch eine Leuchtdiode gebildet sein kann und die zur Anzeige eines Fehlerzustandes herangezogen werden kann, worauf weiter unten noch eingegangen werden wird.

In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform der im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnten Spannungsauswerteschaltung gezeigt. Die in Fig. 2 dargestellte Spannungsauswerteschaltung weist eingangsseitig einen Verstärker 20 auf, dem ausgangsseitig eine Gleichspannungsunterdrückungsschaltung 21 nachgeschaltet ist, der ausgangsseitig eine Tiefpassschaltung 22 nachfolgt. Dieser Tiefpassschaltung 22 ist ein Analog-Digital-Wandler 23 nachgeschaltet. Die in Fig. 2 dargestellte Spannungsauswerteschaltung kann anstelle der im Zusammenhang mit Fig. 1 erläuterten Spannungsauswerteschaltung zwischen dem Schaltungspunkt 4 und der Steuereinrichtung 7 angeordnet sein. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Verstärker 20 bei der in Fig. 2 dargestellten Schaltungsanordnung ggf. auch entbehrlich ist, und zwar dann, wenn dieser Spannungsauswerteschaltung eine auszuwertende Spannung mit relativ hoher Amplitude zugeführt wird.

Im folgenden wird die Arbeitsweise der Schaltungsanordnung gemäss der Erfindung unter Bezugnahme auf die in Fig. 3 und 4 dargestellten Impuls- bzw. Signaldiagramme erläutert werden. Zunächst sei auf die Arbeitsweise der in Fig. 1 gezeigten Schaltungsanordnung näher eingegangen.

Zu Beginn jeder Inbetriebsetzung der Schaltungsanordnung gemäss der Erfindung wird zunächst in einer Einmess- bzw. Abgleichphase die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers ermittelt, dessen Erregerspule 1 zu speisen ist. Dazu werden der Er-

regerspule 1 des magnetostriktiven Wandlers zu Beginn jeder Inbetriebsetzung zunächst Erregerimpulse mit unterschiedlichen Impulsraten zugeführt. Hierzu gibt die Steuereinrichtung 7 zunächst entsprechende Zähl- bzw. Einstellsignale an den Zähler 8 sowie an die Impulssteuereinrichtung 9 ab. Die Impulssteuereinrichtung 9 gibt mit einer zeitlichen Folge von T aufeinanderfolgende Impulse ab, während deren jeweiliger Dauer am Schaltungspunkt 12 gemäss Fig. 1 die vom Ausgang des Zählers 8 abgegebenen Impulse als Erregerimpulse für die Erregerspule 1 wirksam sind. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Zeitspanne T und die Impulsdauer d hier konstant gehalten werden. Es ist aber durchaus möglich, die Dauer T und die Zeitspanne d zu verändern.

Die zu Beginn jeder Inbetriebsetzung der Schaltungsanordnung gemäss der Erfindung der Erregerspule 1 zugeführten Erregerimpulse mit unterschiedlichen Impulsraten führen dazu, dass — abgesehen vom Resonanzfall des die betreffende Erregerspule aufweisenden magnetostriktiven Wandlers — an dem Widerstand 3 gemäss Fig. 1 zunächst Spannungen  $U_3$  mit einem Verlauf auftreten, wie er aus Fig. 3a über die Zeit t ersichtlich ist. Die am Schaltungspunkt 12 gemäss Fig. 1 auftretenden Impulse sind hinsichtlich ihres Spannungsverlaufs über die Zeit t in Fig. 3b mit  $U_{12}$  veranschaulicht.

Wenn die Erregerimpulse mit einer Impulsrate auftreten, bei der der magnetostriktive Wandler in Resonanz ist, dann tritt am Widerstand 3 gemäss Fig. 1 eine Spannung  $U_{3r}$  auf, deren Verlauf in Fig. 3c angedeutet ist. Die dabei am Schaltungspunkt 12 gemäss Fig. 1 auftretenden zugehörigen Erregerimpulse sind hinsichtlich ihres Spannungsverlaufs  $U_{12r}$  in Fig. 3d angedeutet.

Ein Vergleich der in Fig. 3a und 3c gezeigten Spannungsverläufe am Widerstand 3 lässt erkennen, dass im Resonanzfall des magnetostriktiven Wandlers die am Widerstand 3 insgesamt abfallende Spannung höher ist als im Nichtresonanzfall. Eine genaue Untersuchung der Verhältnisse zeigt, dass die am Widerstand 3 abfallende Spannung dann ihr Maximum hat, wenn der erwähnte magnetostriktive Wandler in Resonanz ist.

Bezüglich der unterschiedlichen Amplituden der in Fig. 3b und 3d dargestellten Impulse sei angemerkt, dass diese ebenfalls zur Steuerung der Intensität und damit der Amplitude des magnetostriktiven Wandlers ausgenutzt werden können.

Die im Zusammenhang mit Fig. 3b erwähnte Abgleich- bzw. Einmessphase der Schaltungsanordnung gemäss der Erfindung führt dazu, dass die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers ermittelt wird, und zwar aus der maximalen Spannung, die am Widerstand 3 gemäss Fig. 1 im Resonanzfall des magnetostriktiven Wandlers abfällt. In der anschliessenden Betriebsphase wird dann mit dieser Resonanzfrequenz weitergearbeitet, d. h., dass der Erregerspule 1 des magnetostriktiven Wandlers anschliessend Erregerimpulse mit der Impulsrate zugeführt werden, bei der die Resonanz des betreffenden magnetostriktiven Wandlers festgestellt worden ist.

Die Ermittlung des vorstehend erwähnten Resonanzfalls erfolgt dadurch, dass das Maximum des Zählerstandes des Zählers 6 in verschiedenen Zählerzyklen ermittelt wird. Dazu wird, wie bereits erwähnt, ein vorgegebener Frequenzbereich in vorgegebenen Frequenzschritten durchfahren. So kann bei einer ersten Einmessung beispielsweise der Frequenz- bzw. Impulsratenbereich von 17 bis 19 kHz in Schritten von 200 Hz durchfahren werden. Dabei werden pro Dauer d Impulse von 10 Impulsraten in dem Zähler 6 gezählt und abgespeichert. Um die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers noch genauer zu bestimmen, wird dann in einer zweiten Einmessung in einem kleineren Frequenzbereich gearbeitet, wobei das Maximum der vorhergehenden Messung dazu mittig liegt. Bei dieser zweiten Einmessung wird beispielsweise der Frequenz- bzw. Impulsratenbereich von z. B. 17,5 bis 18 kHz in Schritten von 50 Hz durchfahren (10 Impulsraten). Bei einer ggf. weiteren Einmessung wird beispielsweise im Bereich von 17,7 bis 17,9 kHz in Schritten von 20 Hz gearbeitet (10 Impulsraten). Der so schliesslich ermittelte Resonanzwert wird dann in der erwähnten Betriebsphase weiterbenutzt. Diese Betriebsphase schliesst sich automatisch an die erläuterte Abgleich- bzw. Einmessphase an.

Aus der vorstehenden Erläuterung dürfte ersichtlich sein, dass im Zuge der Abgleich- bzw. Einmessphase zunächst in einer Grobmessung und dann in einer oder mehreren Feinmessungen die Resonanzfrequenz des magnetostriktiven Wandlers bestimmt wird und dass dann der Erregerspule des magnetostriktiven Wandlers Erregerimpulse mit einer Impulsrate zugeführt werden, bei der dieser magnetostriktive Wandler in Resonanz ist. Damit wird zu Beginn jeder Inbetriebnahme des den magnetostriktiven Wandler aufweisenden Geräts mit wenigen Messzyklen ausgekommen, um anschliessend den betreffenden Wandler bei seiner optimalen Frequenz betreiben zu können. Sollte es indessen nicht möglich sein, den magnetostriktiven Wandler innerhalb eines festgelegten Frequenzbereiches in Resonanz zu bringen, so kann die Steuereinrichtung 7 in diesem Fall eine Anzeige über die mit ihr verbundene Anzeigeeinrichtung 13 liefern.

Wird bei der in Fig. 1 dargestellten Schaltungsanordnung anstelle der dort vorgesehenen Spannungsauswerteeinrichtung mit dem Spannungs-Frequenz-Wandler 5 und dem Zähler 6 die in Fig. 2 dargestellte Spannungsauswerteschaltung verwendet, so ergeben sich aus den vorstehend in Verbindung mit Fig. 3 erläuterten Verhältnissen ähnliche Verhältnisse, wie sie aus Fig. 4 ersichtlich sind. In Fig. 4a ist der Spannungsverlauf U24 der am Schaltungspunkt 24 in Fig. 2 auftretenden impulsförmigen Spannungen für den Fall gezeigt, dass der magnetostriktive Wandler nicht in Resonanz ist. Die betreffenden impulsförmigen Spannungen entsprechen dabei den am Widerstand 3 gemäss Fig. 1 auftretenden Spannungen, allerdings in der Amplitude verstärkt und von Gleichspannungsanteilen befreit.

In Fig. 4b ist die am Schaltungspunkt 25 gemäss Fig. 2 auftretende Ausgangsgleichspannung U25 veranschaulicht, die unter den in Fig. 4a gezeigten Verhältnissen auftritt.

In Fig. 4c ist der Verlauf der Amplitude U24r der Spannung am Schaltungspunkt 24 gemäss Fig. 2 für den Resonanzfall des magnetostriktiven Wandlers veranschaulicht.

In Fig. 4d ist schliesslich der Verlauf der Spannung U25r am

Schaltungspunkt 25 gemäss Fig. 2 für die in Fig. 4c angenommenen Verhältnisse veranschaulicht.

Ein Vergleich der Fig. 4a und 4c lässt deutlich erkennen, dass bei Resonanz des magnetostriktiven Wandlers die am Schaltungspunkt 24 gemäss Fig. 2 auftretende impulsförmige Spannung einen deutlich anderen Verlauf hat als im sonstigen Fall. Ein Vergleich der in Fig. 4b und 4d gezeigten Spannungsverläufe lässt erkennen, dass bei Resonanz des magnetostriktiven Wandlers die am Schaltungspunkt 25 auftretende Gleichspannung deutlich grösser ist als im Nichtresonanzfall.

Im Zusammenhang mit den in Fig. 4 dargestellten Verhältnissen sei noch angemerkt, dass während der Dauer der in Fig. 4a und 4c gezeigten impulsförmigen Spannungsverläufe dem Transistor 2 gemäss Fig. 1 Impulse unterschiedlicher Impulsraten zugeführt werden, wie dies im Zusammenhang mit Fig. 3 erläutert worden ist. Der bei der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 2 vorgesehene Analog-Digital-Wandler 23 kann somit auf die ihm eingangsseitig zugeführten Spannungen unterschiedlicher Amplituden ausgangsseitig Digitalsignale abgeben, die den unterschiedlichen Zählerstellungen des bei der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 1 vorgesehenen Zählers 6 entsprechen.

Im vorstehenden ist die Arbeitsweise der Erfindung unter der Annahme erläutert worden, dass die Steuereinrichtung 7 gemäss Fig. 1 die ihr von der jeweiligen Spannungsauswerteschaltung zugeführten digitalen Signale für eine direkte Ansteuerung des Zählers 8 sowie der Impulssteuereinrichtung 9 heranzieht. Mit dem in Fig. 1 angedeuteten Stellglied 11 kann dabei die Wirksamkeit der so der Erregerspule 1 des magnetostriktiven Wandlers zuzuführenden Erregerimpulse verändert werden, wie dies beispielsweise im Zusammenhang mit der Impulsbreitensteuereinrichtung 10 gemäss Fig. 1 bzw. in Verbindung mit den in Fig. 3d dargestellten Impulsen erwähnt worden ist. Es ist jedoch auch möglich, die erläuterten Massnahmen zur Steuerung der Intensität der der Erregerspule 1 des magnetostriktiven Wandlers zuzuführenden Erregerimpulse gemeinsam auszuführen.

FIG. 1

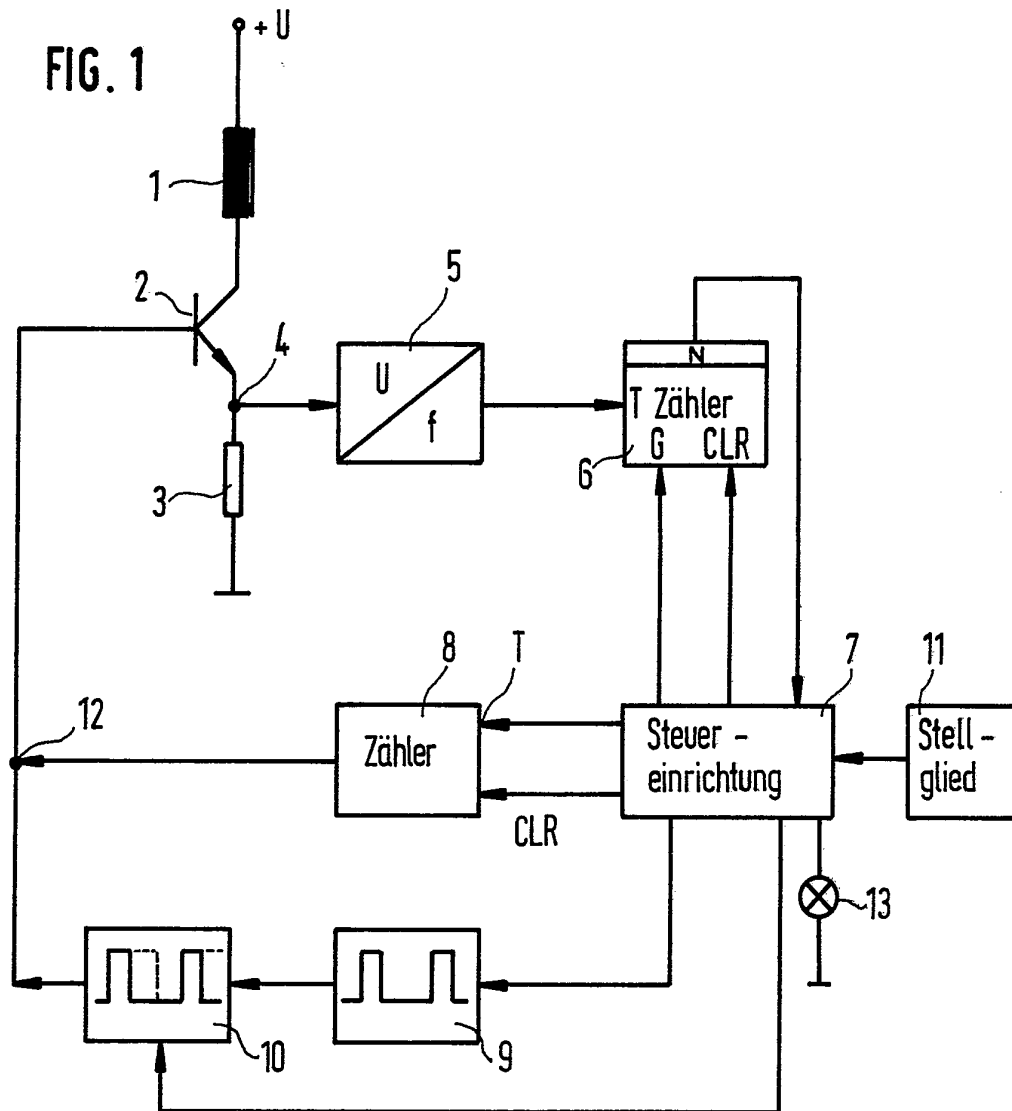
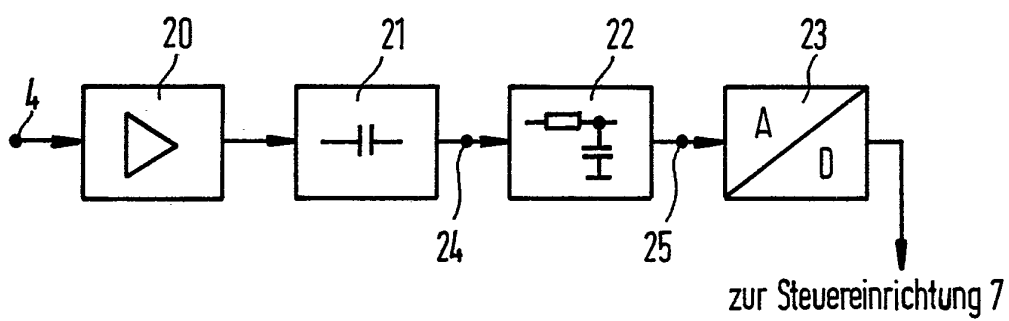


FIG. 2



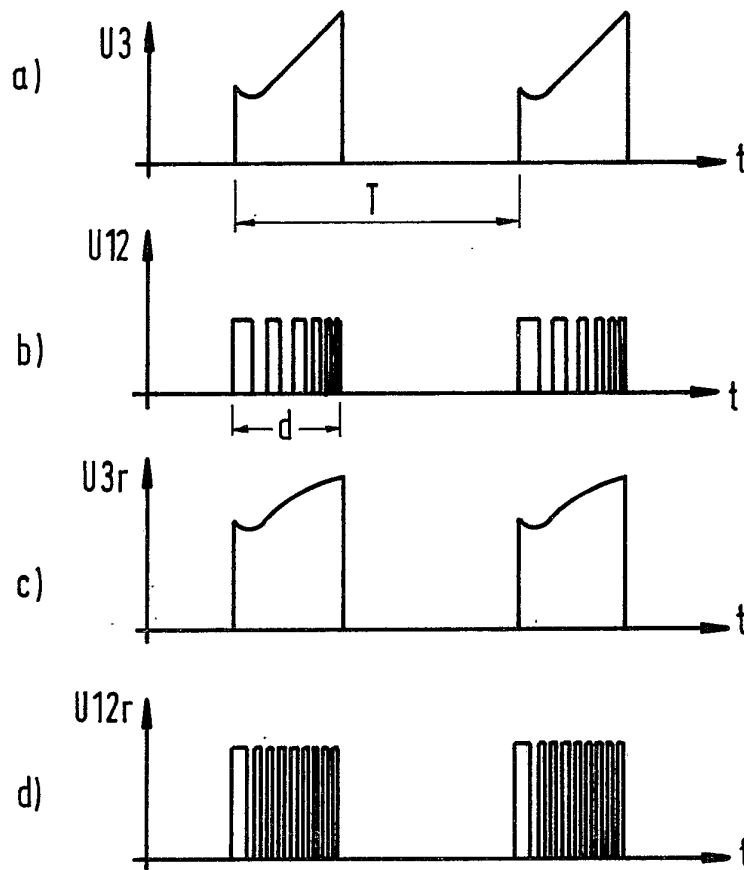


FIG. 3

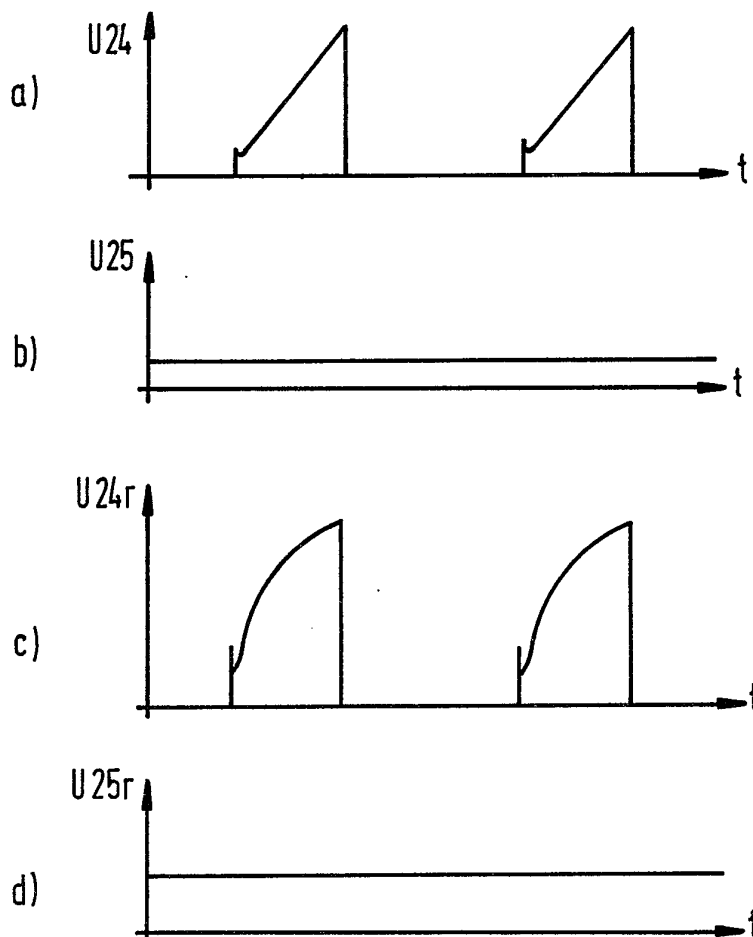


FIG. 4