

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 219 693 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- 45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **09.10.91** 51 Int. Cl.⁵: **B06B 1/06, B05B 12/00**
- 21 Anmeldenummer: **86112865.0**
- 22 Anmeldetag: **17.09.86**

54 Verfahren zum Betrieb eines Ultraschallzerstäubers zur Flüssigkeitszerstäubung.

30 Priorität: **30.09.85 DE 3534853**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.04.87 Patentblatt 87/18

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
09.10.91 Patentblatt 91/41

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

56 Entgegenhaltungen:

| | |
|------------------------|------------------------|
| EP-A- 0 123 277 | DE-B- 1 240 316 |
| FR-A- 2 421 513 | US-A- 3 842 340 |
| US-A- 4 275 363 | US-A- 4 578 650 |

73 Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELL-
SCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: **Benndorf, Gerald, Dipl.-Ing. (FH)**
Klinikumallee 47
W-8580 Bayreuth(DE)
Erfinder: **Van der Linden, Klaus**
Innerer Ring 40
W-8640 Kronach(DE)

EP 0 219 693 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es ist ein Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Schwingers zur Flüssigkeitszerstäubung bekannt, der durch Burstimpulse mit Betriebsfrequenz angeregt wird und bei dem zugeführte Leistung im Mittel für die eingestellte Flüssigkeitsmenge ausreichend ist. Die jeweilige Spitzenleistung ist so hoch bemessen, daß eine überschüssige Flüssigkeitsmenge kurzfristig abgeschüttelt werden kann (DE-OS 33 14 609).

Bei solchen Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubern wird im Herstellerwerk die Betriebsfrequenz manuell auf den Ultraschall-Schwinger abgestimmt. Die mit Fertigungstoleranzen behafteten Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber haben daher stets etwas unterschiedliche Arbeitsfrequenzen. Die Ultraschall-Schwinger lassen sich daher nicht ohne erneute Abstimmung austauschen.

Bekanntes Verfahren erlauben bereits einen Betrieb mit automatischem Frequenzabgleich. Die Fähigkeit, überschüssige Flüssigkeit abzuschütteln, ist jedoch nur mangelhaft ausgebildet. Das gleiche gilt für die Fähigkeit, einen bestimmten Betriebspunkt der Resonanzfrequenz einzuhalten. Ferner können die elektrischen Schaltungen bei den bekannten Ausführungen aufgrund ihrer geringen Nachstimmbandbreite bei Änderungen der Umgebungstemperatur sowie der Schwinger-Temperatur durch Eigenerwärmung keinen sicheren Zerstäuberbetrieb garantieren.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber und ein Verfahren zu seinem Betrieb zu konzipieren, das eine sichere Zerstäubung mit fortlaufender automatischer Frequenzabstimmung und automatischer Abschüttelung eines überfluteten Zerstäubertellers ermöglicht. Ferner sollten eine geringere Leistungsaufnahme der Elektronik, eine niedrige Temperaturbelastung und eine hohe Zerstäubungsrate gewährleistet werden. Eine automatische Temperaturüberwachung sollte integrierbar sein.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind den Ansprüchen 2 bis 9 entnehmbar. Die Patentansprüche 10 und 11 betreffen einen piezoelektrischen Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber zur Durchführung des Verfahrens.

Dadurch, daß für den automatischen Frequenzabgleich eine Strommessung während der Zeitdauer eines Burstimpulses t_1 nach einer Verzögerungszeit t_3 für eine Zeitspanne t_4 vorgenommen wird, wobei die Summe aus der Verzögerungszeit t_3 und der Zeitspanne t_4 nicht größer als die Zeitdauer des Burstimpulses t_1 ist, die Strommeßwerte

zweier aufeinanderfolgender Burstimpulse miteinander in einem Meßwertvergleich verglichen, das Vergleichssignal des Meßwertvergleichers einer Frequenzsteuerung zugeleitet wird, wird erreicht, daß in vergleichbaren Zeitintervallen des Burstimpulses gemessen wird und die Frequenzverstimmung wegen zeitweiliger Überflutung des Schwingsystems sich nicht verfälschend auf den automatischen Frequenzabgleich auswirken können. Dadurch, daß darüber hinaus der Bereich des automatischen Frequenzabgleichs so begrenzt ist, daß die Schaltung nur innerhalb des für die Zerstäubung nutzbaren Frequenzbandes, d.h. den durch Fertigungstoleranzen des Ultraschall-Zerstäubers, unterschiedliche Benetzung desselben und Temperatureinflüssen maximal möglichen Schwankungsbereich der Betriebsfrequenz einstellbar ist, wird ein schnelles Finden der optimalen Arbeitsfrequenz des Ultraschall-Zerstäubers erreicht, da nur ein vorgegebener Frequenzbereich, in dem die Arbeitsfrequenz des Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubers liegt, durchlaufen werden muß. Darüber hinaus wird so die Betriebssicherheit erhöht, weil so ein Einrasten auf einer anderen Frequenz, z.B. der Verbundresonanzfrequenz des Ultraschall-Zerstäubers - was zur Zerstörung des Zerstäubers führen würde - nicht mehr möglich ist.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

- FIG 1 ein Diagramm des Stromverlaufs durch die Endstufe,
- FIG 2 ein Diagramm für die Abhängigkeit des Stroms von der Frequenz,
- FIG 3 den zeitlichen Ablauf der Signalverarbeitung in der Elektronik,
- FIG 4 ein Blockschaltbild der Elektronik,
- FIG 5 einen Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber im Schnitt und
- FIG 6 einen Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber mit aufgebrachtem temperaturabhängigem Widerstand.

In der Figur 5 sind ein Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber 3 mit einer Piezokeramik 4, einem angekoppelten Amplituden-Transformator 5 und ein Zerstäuberteller 6 dargestellt. Ein im Zerstäuberteller 6 integriertes Röhrchen 7 dient zur Flüssigkeitszufuhr. Mit 8 ist die zugehörige Elektronik bezeichnet.

Die Figur 6 zeigt einen anderen Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber, der einen auf der Piezokeramik 9 aufgebrachtten temperaturabhängigen Widerstand 10 trägt. Die zugehörige Elektronik ist in dieser Figur mit 11 bezeichnet.

Die Figur 4 zeigt ein Blockschaltbild der Elektronik 8 und 11. In diesem sind mit 1 eine Stromversorgung, mit 12 ein Ein-Aus-Schalter, mit 13 eine Burst- und Frequenzerzeugung, mit 14 eine Vorstufe, mit 15 eine Endstufe, mit 16 ein Übertra-

ger, mit 3 der Ultraschall-Flüssigkeitsterstäuber, mit 2 ein temperaturabhängiger Widerstand, mit 17 eine Strommeßstufe, mit 18 und 19 Meßwertspeicher I und II, mit 20 ein Meßwertvergleicher, mit 21 eine Frequenzsteuerung bezeichnet. Der Flüssigkeitszerstäuber 3 wird von der Burst- und Frequenzerzeugung 13 über die Vor- und Endstufe mit einem Burst, einer kurzzeitig angelegten Wechselfrequenz, angeregt. Die Burstfrequenz ist nach dem erfindungsgemäßen Verfahren regelbar. Diese Regelung findet über eine Strommessung statt.

Zum Schutz des Zerstäuberkegels 4, 5 vor Übertemperaturen ist, wie die Figur 6 zeigt, ein temperaturabhängiger Widerstand 2 auf dem Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber 3 aufgebracht. Durch diesen temperaturabhängigen Widerstand 2 wird die Elektronik 11 bei unzulässigen Temperaturen abgeschaltet.

Die Figur 1 zeigt in einem Diagramm den Stromverlauf in der Endstufe 15 über die Zeit bzw. den durch diesen an einen hier nicht dargestellten Widerstand verursachten Spannungsabfall. Die Zeitdauer des Burstimpulses, d.h. der kurzfristig mit unterschiedlicher Leistung eingeschalteten Anregungsfrequenz ist mit t_1 bezeichnet. Während der Zeitdauer t_3 findet keine Messung statt. Lediglich die während der Zeitdauer t_4 gewonnenen Meßergebnisse werden zum Frequenzausgleich herangezogen.

Die Figur 2 zeigt in einem Diagramm den Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der Frequenz, wobei f_1 die Arbeitsfrequenz bzw. der Arbeitspunkt des mit Flüssigkeit überfluteten bzw. bedämpften Flüssigkeitszerstäubers ist, während f_2 der Arbeitspunkt bzw. die Arbeitsfrequenz des unbedämpften Flüssigkeitszerstäubers 3 ist. Der Bereich A stellt den für die Zerstäubung nicht nutzbaren Frequenzbereich dar.

In der Figur 3 ist in fünf Diagrammen (a) bis (e) der zeitliche Verlauf der Frequenzabstimmung aufgetragen. In (a) ist die Zeitdauer t_1 für die Einschaltzeit und t_2 für die Ausschaltzeit des Burstimpulses eingetragen. In (b) ist die Verzögerungszeit t_3 , während der nicht gemessen wird, eingetragen. In (c) ist die im Anschluß an t_3 folgende Zeit t_4 der Strommessung eingetragen. In (d) ist die Zeit t_5 für die Bildung des zu speichernden Zählersignals eingetragen. Dieser Zeitabschnitt t_5 schließt sich zeitlich gesehen an den Burstimpuls an. An den Zeitabschnitt t_5 schließt sich der Zeitabschnitt t_6 für die Übernahme des dem Meßwert für den Strom entsprechenden Zählersignals in den Meßwertspeicher 18 und die Meßwertübernahme vom Meßwertspeicher 18 in den Meßwertspeicher 19 an.

Während des Betriebes wird der Ultraschall-Zerstäuber 3 mit einem Burstimpuls angeregt, dessen Impulsdauer in den Figuren 1 und 3 mit t_1 bezeichnet ist. Der Ultraschall-Zerstäuber 3

schwingt danach mit der Zeitdauer t_2 frei aus, bevor der nächste Burstimpuls erfolgt. In der Strommeßstufe 17 wird eine den Strom durch die Endstufe 15 proportionale Spannung in ein Meßsignal umgesetzt. Um Fehlmessungen, beispielsweise durch Einschwingvorgänge, zu vermeiden, wird ein Teil t_3 des stromproportionalen Signals ausgeblendet und nur das während der Zeitspanne t_4 anliegende Meßsignal umgewandelt und in den Meßwertspeicher 18 abgelegt. Der zuvor im Meßwertspeicher 18 gespeicherte Meßwert wird dabei an den Meßwertspeicher 19 übergeben. Sodann wird der im Meßwertspeicher 18 neu aufgenommene Strommeßwert von dem Meßwertvergleicher 20 mit dem im Meßwertspeicher 19 abgelegten vorhergehenden Strommeßwert verglichen. Das dem Vergleichswert entsprechende einen Schwellwert übersteigende Signal am Ausgang des Meßwertvergleichers liegt an der Frequenzsteuerung 21 an.

Ist die Differenz der im Meßwertspeicher 19 und Meßwertspeicher 18 stehenden Strommeßwerte kleiner als ein eingestellter unterer Schwellwert, so wird die Anregungsfrequenz des Burstimpulses durch die Frequenzsteuerung um jeweils einen Schritt pro Burstimpuls erhöht. Dies kann z.B. der Fall sein bei der Inbetriebnahme der Schaltung, wenn die optimale Betriebsfrequenz gesucht wird.

Ist dagegen die Differenz dieser abgespeicherten Strommeßwerte größer als der eingestellte obere Schwellwert, so wird die Frequenz um einen Schritt pro Burstimpuls erniedrigt. Liegt die Differenz der Strommeßwerte innerhalb des Schwellwertbereichs, so wird die Frequenz beibehalten, die beim vorhergehenden Burst maßgebend war.

Um Arbeitsfrequenzänderungen des Ultraschall-Schwingers in Richtung tieferer Frequenz, hervorgerufen durch Änderungen der Umgebungstemperatur bzw. durch Eigenerwärmung, schneller ausregeln zu können, wird nach einer entsprechenden Zeitdauer t_7 die Arbeitsfrequenz der Elektronik zwangsweise um einen Schritt erniedrigt (Figur 4).

Die in der Figur 2 gezeigte Abhängigkeit des Stroms durch die Endstufe (diese ist proportional zum Strom durch den Ultraschall-Schwinger) von der Frequenz verdeutlicht den erfindungsgemäßen Effekt, wonach die Arbeitsfrequenz des Ultraschall-Zerstäubers sehr schnell gefunden werden kann und es keine Rolle spielt, ob dieser gedämpft (überfluteter Zerstäuberteller) oder frei schwingt. Die Suchrichtung geht dabei vorzugsweise von tiefen zu hohen Frequenzen. Ferner geht der Übergang des Zerstäubers vom stark gedämpften (überfluteten) in den schwach gedämpften (zerstäubenden) Zustand - verbunden mit einer Erhöhung der Arbeitsfrequenz des Ultraschall-Zerstäubers - ebenfalls sehr schnell vonstatten. Ein weiterer Vorteil ist, daß nach dem Finden der opti-

malen Zerstäuber-Arbeitsfrequenz die Schaltung eng um den optimalen Arbeitspunkt pendelt. In den Bereichen A (Fig. 2) außerhalb der optimalen Arbeitspunkte wird durch entsprechende Schaltungsmaßnahmen ein konstanter Strommeßwert vorgegeben, von dem aus die Schaltung schnell auf der Arbeitsfrequenz des Ultraschall-Zerstäubers einrasten kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders zum Betrieb eines piezoelektrischen Ultraschall-Zerstäubers mit einer Piezokeramik und einem Amplituden-Transformator mit einem Zerstäuberteller (siehe Figur 5). Um eine Zerstörung des Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubers durch Über-temperatur zu vermeiden, beispielsweise durch Trockenlaufen, ist es vorteilhaft, auf der Keramik des Ultraschall-Zerstäubers einen temperaturabhängigen Widerstand aufzubringen (Figur 6). Falls z.B. durch Trockenlaufen eine unzulässig hohe Temperatur am Ultraschall-Zerstäuber entstehen würde, schaltet die Elektronik die Endstufe so lange ab, bis der Ultraschall-Zerstäuber wieder auf eine zulässige Temperatur abgekühlt ist.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitende Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber sind besonders geeignet für die Zerstäubung von Kraftstoffen wie Dieselöl und Benzin für Brenner, Generatoren, Standheizungen und für die Zerstäubung von Kosmetika wie Haarspray, Deodorants und Parfum, von Reinigungsmitteln, Medikamenten zu Inhalationszwecken, Lösungsmitteln und Wasser, beispielsweise in Luftbefeuchtern, Kleinklimakammern, Klimaanlageanlagen und Terrarien sowie für den Einsatz in Anlagen zur Beschichtung, Befeuchtung und Klimatisierung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines durch Burstimpulse mit Betriebsfrequenz angeregten Ultraschall-Zerstäubers (3) zur Flüssigkeitszerstäubung mit automatischem Abgleich der Betriebsfrequenz,
dadurch gekennzeichnet, daß für den automatischen Abgleich des Betriebsfrequenz eine Strommessung während der Zeitdauer t_1 eines Burstimpulses nach einer Verzögerungszeit t_2 für eine Zeitspanne t_4 vorgenommen wird, wobei die Summe aus der Verzögerungszeit t_2 und der Zeitspanne t_4 nicht größer als die Zeitdauer des Burstimpulses t_1 ist, die Strommeßwerte zweier aufeinanderfolgender Burstimpulse miteinander in einem Meßwertvergleich (20) verglichen, das Vergleichssignal des Meßwertvergleichers einer Frequenzsteuerung (21) zugeleitet, und daß der Bereich des automatischen Frequenzabgleichs so begrenzt ist, daß die Schaltung nur innerhalb des für die

Zerstäubung nutzbaren Frequenzbandes - das heißt innerhalb des durch Fertigungstoleranzen des Ultraschallzerstäubers, unterschiedliche Benetzung desselben und Temperatureinflüsse maximal möglichen Schwankungsbereich der Betriebsfrequenz (3) - einstellbar ist beziehungsweise einrasten kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der automatische Frequenzabgleich des Ultraschallzerstäubers von der tieferen zur höheren und/oder von der höheren zur tieferen Frequenz durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Übernahme des Meßwertes der Strommessung während einer Zeitspanne t_6 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Burstimpulsen erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Vergleich der beiden Messungen der Stromwerte eine Schwellwertschaltung verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stromschwellwert der Schwellwertschaltung kleiner ist als die Stromdifferenz, die zwischen einem bedämpften und einem unbedämpft schwingenden Zerstäuber (3) auftritt.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schwellwert für die Strommeßwerte kleiner ist als der Differenzwert der innerhalb der Frequenzbereichsgrenzen auftritt.
7. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein bestimmter Arbeitsfrequenzbereich vorgegeben wird und keine meßbare Stromdifferenz außerhalb des Bereiches auftritt.
8. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach einer Zeit t_7 die Schaltung einen Schritt entgegen der Suchrichtung läuft, ohne die Suchrichtung zu beeinflussen.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ultraschall-Zerstäuber mit einem temperaturabhängigen Widerstand (2) versehen wird.
10. Piezoelektrischer Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber zur Durchführung eines Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pie-

zokeramik (4, 9) über eine Endstufe (15) an einer Burstfrequenzerzeugung (13) angeschlossen ist, und die Endstufe über zwei Meßwertspeicher (18, 19) für den Strom durch die Piezokeramik, während zweier aufeinanderfolgender Burstimpulse und einen Meßwertvergleich (20) an eine Frequenzsteuerung (21) für die Burstfrequenz angeschlossen ist.

11. Piezoelektrischer Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein temperaturabhängiger Widerstand (10) auf der Piezokeramik (9) aufgebracht und an der Anregungselektronik (11) im Sinne einer Abschaltung derselben bei Überschreitung einer vorgegebenen Temperatur angeschlossen ist.

Claims

1. A method for operating an ultrasonic-atomizer (3), excited by burst pulses with operating frequency, for liquid atomization with automatic adjustment of the operating frequency, characterised in that for the automatic adjustment of the operating frequency a current measurement is carried out during the time interval t_1 of a burst pulse after a delay time t_3 for a period t_4 , wherein the total of the delay time t_3 and the period t_4 is not greater than the time interval of the burst pulse t_1 , the current measured values of two burst pulses following each other are compared with each other in a measured values comparator (20), the comparison signal of the measured values comparator is supplied to a frequency control (21), and in that the range of the automatic frequency adjustment is restricted such that the circuit is able to be adjusted or can lock in only within the frequency band which is useful for the atomization, which means within the maximum possible variation range of the operational frequency (3) due to manufacturing tolerances of the ultrasonic atomizer, variable wetting of the same and temperature effects.
2. A method according to claim 1, characterised in that the automatic frequency adjustment of the ultrasonic atomizer is carried out from the lower to the higher and/or from the higher to the lower frequency.
3. A method according to claim 1, characterised in that the acceptance of the measured values of the current measurement during a period t_6 occurs between two burst pulses following each other.

4. A method according to claim 3, characterised in that for comparison of both measurements of the current values a threshold value circuit is used.

5. A method according to claim 4, characterised in that the current threshold value of the threshold value circuit is smaller than the current difference, which occurs between a damped and an undamped oscillating atomizer (3).

6. A method according to claim 4, characterised in that the threshold value for the current measured values is smaller than the difference value which occurs within the frequency range boundaries.

7. A method according to claim 4, characterised in that a determined working frequency range is predetermined and no measurable current difference occurs outside the range.

8. A method according to claim 1 and 2, characterised in that after a time t_7 the circuit runs one step against the search direction, without affecting the search direction.

9. A method according to claim 1, characterised in that the ultrasonic atomizer is provided with a temperature-dependent resistor (2).

10. A piezoelectric ultrasonic liquid atomizer for carrying out a method according to one or several of claims 1 to 9, characterised in that the piezoceramics (4,9) are connected by way of an output stage (15) to a burst frequency generator (13), and the output stage is connected by way of two measured values memories (18, 19) for the current through the piezoceramics, during two burst pulses following each other, and a measured values comparator (20) is connected to a frequency control (21) for the burst frequency.

11. A piezoelectric ultrasonic liquid atomizer according to claim 10, characterised in that a temperature-dependent resistor (10) is attached to the piezoceramics (9) and connected to the excitation electronic system (11) in the sense of a disconnection of the electronic system when a predetermined temperature is exceeded.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un pulvérisateur à ultrasons (3) excité à la fréquence de service

- par des impulsions en rafale pour pulvériser un liquide, avec un réglage automatique de la fréquence de service, caractérisé par le fait que pour le réglage automatique de la fréquence de service, on effectue une mesure du courant pendant la durée t_1 d'une impulsion de rafale au bout d'un retard t_3 et pendant un intervalle de temps t_4 , la somme du retard t_3 et de l'intervalle de temps t_4 n'étant pas supérieure à la durée de l'impulsion t_1 de rafale, on compare les valeurs de mesure de courant de deux impulsions successives de rafale entre elles dans un comparateur de valeurs de mesure (20) et on envoie le signal de comparaison du comparateur de valeurs de mesure à une unité (21) de commande de la fréquence, et que la plage de réglage automatique de la fréquence est limitée de sorte que le circuit peut être réglé ou accroché uniquement à l'intérieur de la bande de fréquences utilisable pour la pulvérisation -c'est-à-dire dans la plage de variation de la fréquence de service (3), qui est possible au maximum en raison de tolérances de fabrication du pulvérisateur à ultrasons, d'un mouillage variable de ce dernier et d'influences de température.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le réglage automatique de la fréquence du pulvérisateur à ultrasons est exécutée depuis la fréquence la plus faible en direction de la fréquence la plus élevée et/ou depuis la fréquence la plus élevée en direction de la fréquence la plus faible.
 3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le transfert de la valeur de mesure du courant s'effectue pendant l'intervalle de temps t_6 entre deux impulsions successives de rafale.
 4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que, pour la comparaison des deux mesures des valeurs de courant, on utilise un circuit à valeur de seuil.
 5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la valeur de seuil de courant du circuit à valeur de seuil est inférieure à la différence de courant, qui apparaît entre un pulvérisateur (3) amorti et un pulvérisateur (3) oscillant d'une manière non amortie.
 6. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la valeur de seuil pour les valeurs de mesure du courant est inférieure à la différence des limites de la plage de fréquences.
 7. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait qu'une gamme déterminée de fréquences de travail est prédéterminée et qu'aucune différence mesurable de courant n'apparaît à l'extérieur de cette zone.
 8. Procédé suivant les revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'après un intervalle de temps t_7 , le circuit exécute un pas dans le sens de la recherche, sans influencer ce sens.
 9. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le pulvérisateur à ultrasons comporte une résistance (2) qui dépend de la température.
 10. Pulvérisateur piézoélectrique de liquide à ultrasons pour la mise en oeuvre du procédé suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que la piézocéramique (4,9) est raccordée par l'intermédiaire d'un étage final (15) à une unité (13) de production de la fréquence de rafale, et que l'étage final est raccordé à une unité (21) de commande de la fréquence de rafale par l'intermédiaire de deux mémoires de valeurs de mesure (18,19) pour le courant, au moyen de la piézocéramique, pendant deux impulsions successives de rafale, et d'un comparateur de valeurs de mesure (20).
 11. Pulvérisateur piézoélectrique de liquide à ultrasons suivant la revendication 10, caractérisé par le fait qu'une résistance (10), qui dépend de la température, est appliquée à la piézocéramique (9) et est raccordée à l'unité électronique d'excitation (11), dans le but d'interrompre le fonctionnement de cette dernière lors du dépassement d'une température prédéterminée.

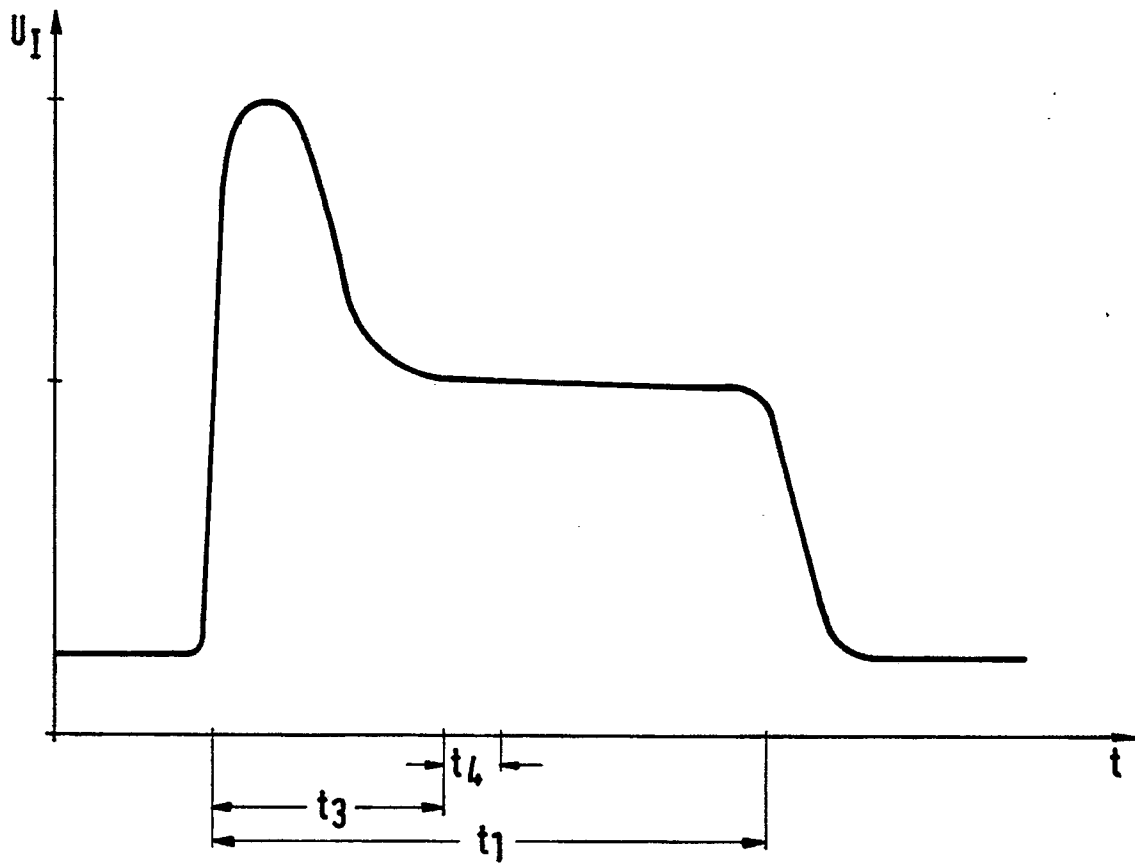


FIG 1

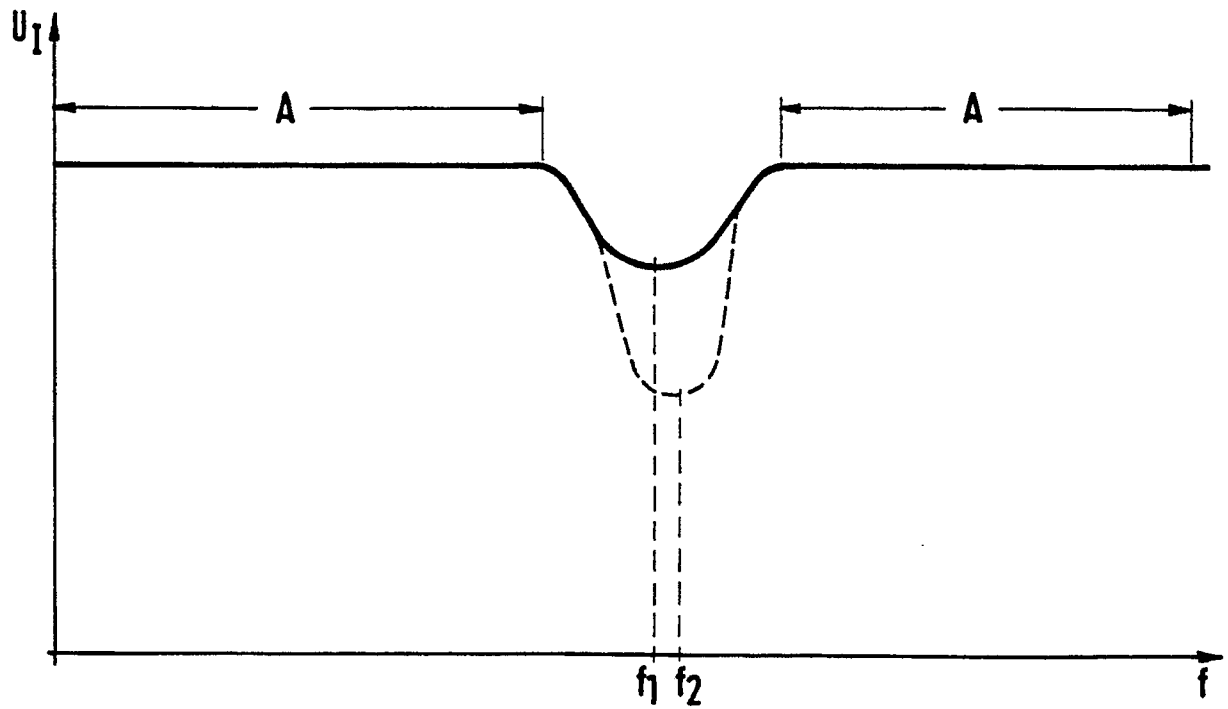


FIG 2

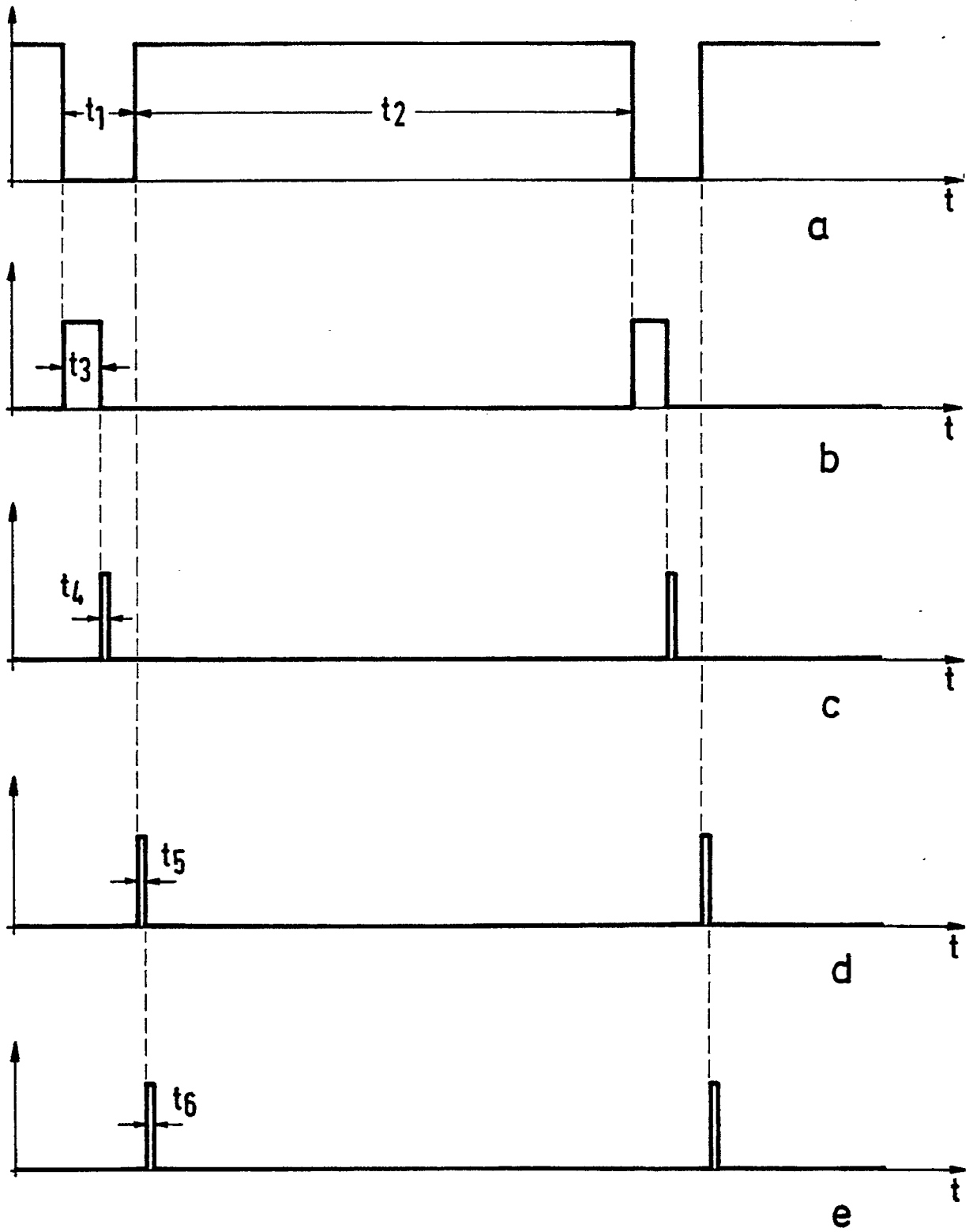


FIG 3

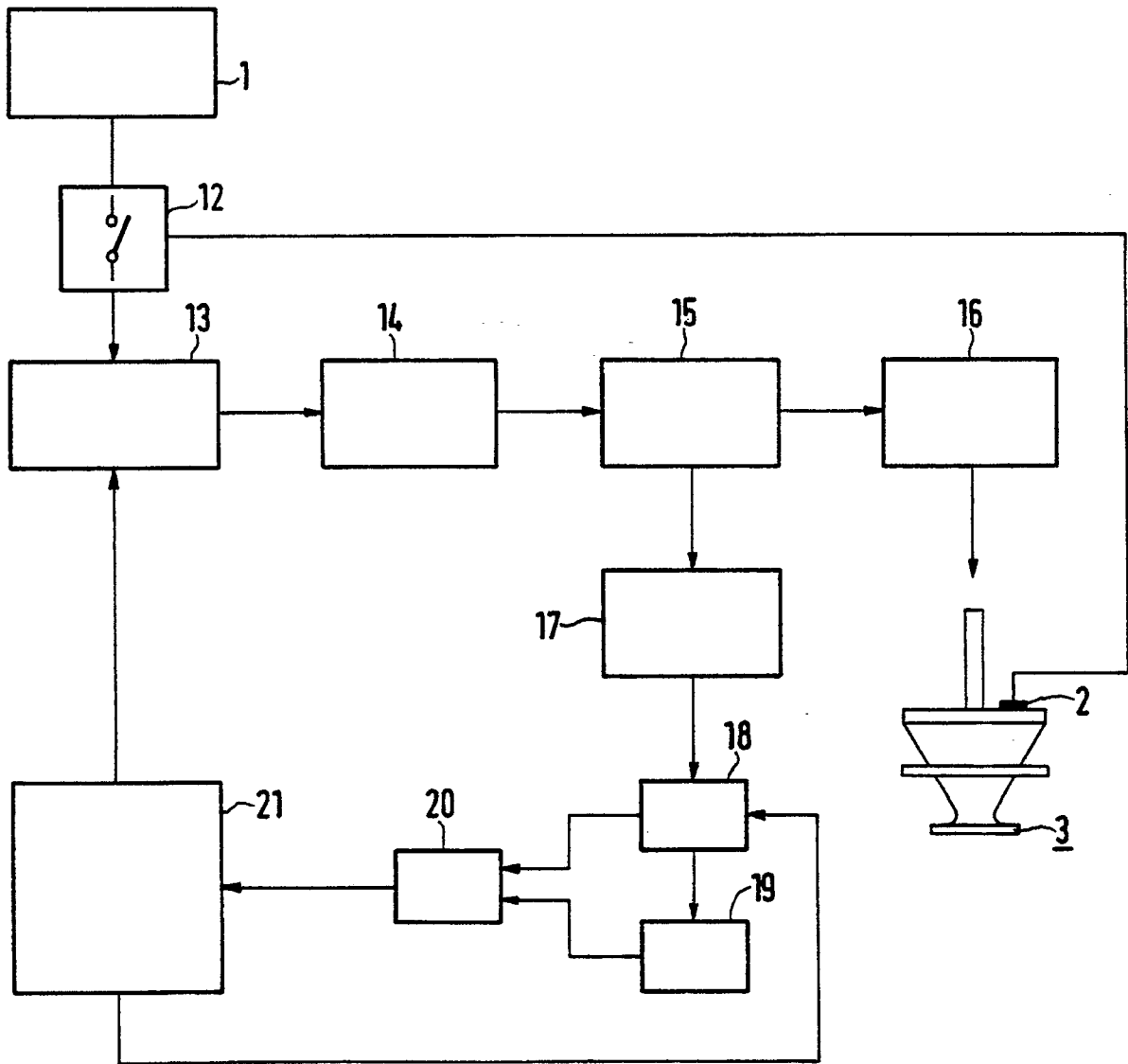


FIG 4

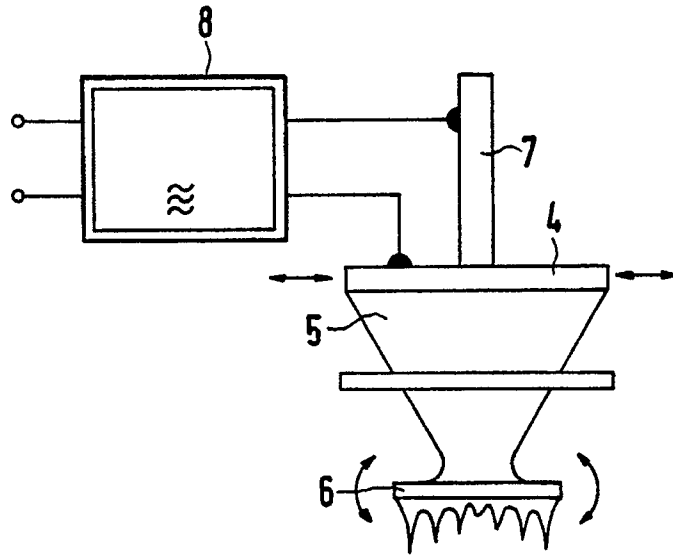


FIG 5

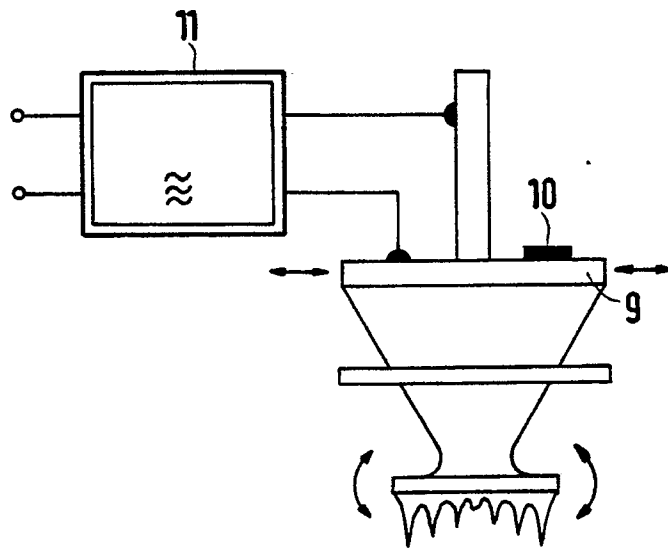


FIG 6