



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 442 510 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- 49 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **25.01.95** 51 Int. Cl.⁶: **B06B 1/02**
- 21 Anmeldenummer: **91102120.2**
- 22 Anmeldetag: **14.02.91**

54 **Verfahren und Einrichtung für die Ultraschall-Flüssigkeits-Zerstäubung.**

- 30 Priorität: **14.02.90 DE 4004541**
- 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.08.91 Patentblatt 91/34
- 45 Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
25.01.95 Patentblatt 95/04
- 84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE
- 56 Entgegenhaltungen:
- | | |
|------------------------|------------------------|
| EP-A- 0 303 944 | DE-A- 2 815 434 |
| US-A- 4 338 576 | US-A- 4 525 790 |
| US-A- 4 687 962 | US-A- 4 808 948 |

- 73 Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELL-
SCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München (DE)
- 72 Erfinder: **Rüttel, Martin**
St.-Marienstrasse 16
W-8621 Grub a. Forst (DE)

EP 0 442 510 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 bezieht sich auf ein Verfahren zur Ansteuerung eines Ultraschallwandlers zur Zerstäubung einer Flüssigkeit, wobei ein Ansteuersignal mit einstellbarer Ansteuerfrequenz dem Ultraschallwandler zugeleitet wird. Sie bezieht sich weiterhin auf eine Einrichtung zur Ansteuerung eines Ultraschallwandlers zur Zerstäubung einer Flüssigkeit mit einem steuerbaren Oszillator und einem Frequenz-Nachführungsweig, wobei der Oszillator ein Ansteuersignal mit einstellbarer Ansteuerfrequenz abgibt und ausgangsseitig über einen Leistungsverstärker an den Ultraschallwandler angeschlossen ist und der Frequenz-Nachführungsweig ausgangsseitig mit dem Frequenzsteuereingang des Oszillators verbunden ist.

Ein solches Verfahren und eine solche Einrichtung sind aus EP-A-0 303 944 bekannt.

Piezokeramische Ultraschallwandler zur Zerstäubung von Flüssigkeiten werden in verschiedenen Einrichtungen eingesetzt, zum Beispiel in Inhalationsgeräten oder in Luftbefeuchtern. In letzteren wird Wasser zur Luftbefeuchtung herangezogen. Bei all diesen Einrichtungen ist es von entscheidender Bedeutung, daß die Anregungs- oder Ansteuerfrequenz für den Ultraschallwandler optimal an diesen angepaßt ist. Als optimaler Betriebspunkt wird dabei der Betriebszustand bezüglich Speisestrom, Speisespannung und Ansteuerfrequenz verstanden, in dem bei einer bestimmten zugeführten elektrischen Leistung das pro Zeiteinheit zerstäubte Flüssigkeitsvolumen am größten ist. Normalerweise liegt dieser optimale Betriebspunkt auf einer Resonanzfrequenz des Ultraschallwandlers. Bedingt durch die Einbaugeometrie oder durch Abweichungen des Ultraschallwandlers von einer idealen vorgegebenen Bauform kann jedoch der genannte Punkt des größten Wirkungsgrades leicht verschoben sein. Dies kann durch die bisher bekannten Ansteuerprinzipien für den Ultraschallwandler nur unzureichend erkannt und korrigiert werden.

Bisher sind zwei Verfahren zur Frequenzabstimmung gebräuchlich:

Das erste Verfahren bezieht den Ultraschallwandler selbst als frequenzbestimmendes Element in eine Schwingungsschaltung, zum Beispiel in einen Leistungsozillator, ein. Dies Prinzip ist beispielsweise in einem käuflich erhältlichen Ultraschall-Flüssigkeits-Zerstäuber realisiert (Ultraschall-Zerstäuber EFE-HMV1R7M6E der Firma Matsushita Electric, Spezifikation der Firma Quick-Ohm GmbH, D-5600 Wuppertal). Hier wird ein puls-code-modulierter Sender mit eigenem Oszillator verwendet, der über den Ultraschallwandler Ultraschallwellen der Frequenz 1,7 MHz auf eine Wasseroberfläche strahlt. Das Auftreffen der Ultraschallwellen auf die Grenzschicht zwischen Wasser und Luft verursacht ein

Aufsteigen der Flüssigkeit, was sich als feiner Wasserstaub oder Nebel bemerkbar macht. Der Ultraschallwandler wird hierbei am Unterteil eines Wassertanks befestigt. - Eine Möglichkeit zur Verwendung des Ultraschallwandlers als frequenzbestimmendes Element ist zum Beispiel auch die Anordnung des Ultraschallwandlers in der Rückkopplungsleitung eines Oszillators. Dies ist beispielsweise in der EP-A-0,240,360 beschrieben. Danach wird der Amplituden- und Phasenfrequenzgang des Ultraschallwandlers dazu benutzt, die vom Oszillator abgegebene Ansteuerfrequenz auf die Resonanzfrequenz des Ultraschallwandlers zu ziehen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß die so erhaltene Arbeitsfrequenz auch von anderen Schaltungsbauteilen beeinflußt wird und somit merklich neben der optimalen Arbeitsfrequenz des Ultraschallwandlers liegen kann. Auch ist hier für eine sichere Funktion eine gewisse Schwinggüte des Ultraschallwandlers erforderlich, was an die Fertigungsgenauigkeit bei der Herstellung des Ultraschallwandlers hohe Anforderungen stellt.

Bei dem zweiten Verfahren (dies wurde bisher von der Anmelderin praktiziert) wird mit Hilfe eines separaten Oszillators, der in seiner Frequenz einmalig eingestellt wird, eine stabile Arbeitsfrequenz über einen Leistungsverstärker auf den Ultraschallwandler gegeben. Durch eine Messung des vom Ultraschallwandler erzeugten Schalldrucks kann nun die optimale Arbeitsfrequenz ermittelt und am geräteeigenen Oszillator für den Ultraschallwandler einmalig fest eingestellt werden. Die optimale Arbeitsfrequenz liegt dabei vor, wenn der Schalldruck maximal geworden ist. Führt man den geräteeigenen Oszillator als quarzstabilisierten Frequenzsynthesizer aus, erhält man ein relativ stabiles Ansteuersystem mit gutem Wirkungsgrad. Nachteilig ist jedoch der hohe Aufwand in der Fertigung, der durch den geschilderten Abstimmvorgang verursacht ist. Bedingt durch die feste Frequenzeinstellung werden hierbei auch Frequenzabweichungen durch Alterung des Ultraschallwandlers nicht kompensiert. Dies kann eine Verschlechterung des Wirkungsgrades über die Lebensdauer bewirken.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß ein Arbeiten am optimalen Betriebspunkt möglich ist, und zwar unbeeinflußt von anderen Schaltungsbauteilen und von Alterungserscheinungen des Ultraschallwandlers. Insbesondere soll eine Nachführung der Ansteuerfrequenz des Ultraschallwandlers während des Betriebs ermöglicht werden derart, daß der Punkt des größten Zerstäubungs-Wirkungsgrades stets eingehalten wird.

Die genannte Aufgabe wird bei dem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs

1 genannten Merkmale gelöst.

Das am Ultraschallwandler abgegriffene Signal wird also demoduliert und anschließend gefiltert, wonach aus dem demodulierten und gefilterten Signal ein Frequenzansteuersignal gebildet wird, das zur Einstellung der Ansteuerfrequenz verwendet wird.

Von Bedeutung ist, daß eine "Richtungsinformation", das heißt eine Information darüber, ob die aktuelle Arbeitsfrequenz oberhalb oder unterhalb der optimalen Arbeitsfrequenz (bei der sich optimale Zerstäubung ergibt) liegt, zumindest bei Betriebsaufnahme erhalten wird. Dies ist wichtig, weil ja die Ansteuerfrequenz entsprechend reduziert bzw. vergrößert werden muß. Um die "Richtungsinformation" zu erhalten und zu berücksichtigen, ist nach einer besonders vorteilhaften Weiterbildung vorgesehen, daß zumindest zu Beginn eines Zerstäubungsvorgangs versuchsweise die Ansteuerfrequenz von einem vorgegebenen Frequenzwert aus nach oben oder unten durchgestimmt wird, und daß das hierbei im Verlaufe der Zeit erhaltene Test-Mittelwertsignal auf das Vorliegen eines Maximums untersucht wird. Bei Vorliegen eines Maximums wird die "Richtungsinformation" erhalten, und die Ansteuerfrequenz wird dann unter Berücksichtigung der "Richtungsinformation" nach Maßgabe des Frequenzansteuersignals im Frequenzbereich des Maximums nachgeführt. Das genannte Durchstimmen und Aufsuchen des Maximums sowie die Veränderung der Ansteuerfrequenz wird hierbei vorzugsweise mit Hilfe eines Mikro-Computers oder Mikroprozessors durchgeführt.

Die genannte Aufgabe wird bei der Einrichtung zur Ansteuerung eines Ultraschallwandlers der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 4 genannten Merkmale gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Das vorliegende Verfahren und die vorliegende Einrichtung basieren auf der Ansteuerung des Ultraschallwandlers mit einer Ansteuerfrequenz, die im Betrieb korrigiert werden kann. Das Wesentliche dabei ist, daß zur Frequenzabstimmung ein Signal benutzt wird, das direkt mit der Zerstäubungsleistung zusammenhängt und alle parasitären Einflüsse beinhaltet. Es ist dies das erwähnte, am Ultraschallwandler abgegriffene Signal, das die Reflexion der Ultraschallwellen an der Flüssigkeits-Oberfläche widerspiegelt. Der Ultraschallwandler, ein piezoelektrischer, vorzugsweise ein piezokeramischer Ultraschallwandler, wird ja sowohl zum Senden als auch zum Empfangen verwendet.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von drei Figuren näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine Ultraschall-Flüssigkeits-Zerstä-

bungseinheit, die zur Luftbefeuchtung vorgesehen ist,

FIG 2 das am Ultraschallwandler abgegriffene Signal bei Fehlabbildung, das heißt ohne Zerstäubung, und

FIG 3 das am Ultraschallwandler abgegriffene Signal bei optimaler Zerstäubung.

Nach Figur 1 befindet sich in einem Gefäß 2 eine zu zerstäubende Flüssigkeit 4, vor liegend Wasser. Die Flüssigkeitsoberfläche ist mit 6 bezeichnet. Am Boden des Gefäßes 2 ist ein piezoelektrischer, vorzugsweise ein piezokeramischer Ultraschallwandler 8 angeordnet. Er sendet im Betrieb Ultraschallwellen 10 in Richtung auf die Wasseroberfläche 6 aus. Die Abstrahlfläche des Ultraschallwandlers 8 ist gekrümmt. Er wird zum Aussenden der Ultraschallwellen 10, gleichzeitig aber auch zum Empfangen der an der Flüssigkeitsoberfläche 6 reflektierten Ultraschallwellen eingesetzt.

Die Einrichtung zur Ansteuerung des Ultraschallwandlers 8 umfaßt einen steuerbaren Oszillator 12, der ein Ansteuersignal s mit einstellbarer Ansteuerfrequenz f abgibt. Es handelt sich bevorzugt um einen Sinusoszillator. Die Ansteuerfrequenz f liegt vorliegend im Bereich von 0,5 bis 5 MHz, vorzugsweise im mittleren Bereich von 2,5 MHz. Die Ansteuerfrequenz f kann durch ein Ansteuersignal p am Frequenzsteuereingang 14 des Oszillators 12 beeinflusst werden. Der Oszillator 12 ist ausgangsseitig an den Eingang eines Leistungsverstärkers 16 angeschlossen. Dessen Ausgang 18 wiederum ist an den Ultraschallwandler 8 angeschlossen.

Gemäß Figur 1 ist weiterhin ein Frequenz-Nachführzweig 20 vorgesehen, der den Ausgang 18 des Leistungsverstärkers 16 und damit den Eingang des Ultraschallwandlers 8 mit dem Frequenzsteuereingang 14 des Oszillators 12 verbindet. Dieser Frequenz-Nachführzweig 20 umfaßt vorliegend einen mit dem Ausgang 18 verbundenen Amplituden-Demodulator 22, ein nachgeschaltetes Bandfilter 24 und einen diesem nachgeschalteten Mikroprozessor 26, dessen Ausgang mit dem Frequenzsteuereingang 14 des Oszillators 12 verbunden ist. Der Frequenzbereich des Bandfilters 24 liegt dabei im Bereich von 50 Hz bis 10 kHz. Es ist dazu vorgesehen, denjenigen Bereich unterhalb der Nutzfrequenz von etwa 2,5 MHz herauszufiltern, in dem das maximale Rauschen liegt, wenn Zerstäubung eintritt. Bei dem Demodulator 22 handelt es sich um eine Gleichrichterschaltung, insbesondere um eine Dioden-Schaltung.

Im Betrieb wird der Ultraschallwandler 8 über die Leistungsstufe 16 mit dem Ansteuersignal s der einstellbaren Ansteuerfrequenz f aus dem steuerbaren Oszillator 12 versorgt. Der Ultraschallwandler 8 sendet dann Schallwellen 10 durch die Flüssigkeit 4 an deren Oberfläche 6. Dort werden die Ultra-

schallwellen reflektiert, und ein Teil dieser reflektierten Ultraschallwellen gelangt wieder zurück auf den Ultraschallwandler 8, wo sie in elektrische Signale umgesetzt werden. Diese Signale werden dem Steuersignal vom Leistungsverstärker 16 am Ausgang 18 zum Signal U überlagert. Das hier abgegriffene Signal U gelangt auf den Amplituden-Demodulator 22 und von dort auf das nachgeschaltete Bandfilter 24. Hier wird aus der Hüllkurve des Ausgangssignals U, das in den Figuren 2 und 3 bei Fehlabstimmung bzw. optimaler Abstimmung in Abhängigkeit der Zeit t dargestellt ist, eine Meßspannung oder ein "aktuelles Mittelwertsignal" m gewonnen. Dieses aktuelle Mittelwertsignal m wird zur Steuerung des Oszillators 12 verwendet. Liegt eine "Richtungsinformation" vor, welche vom Mikroprozessor 26 ermittelt wird, so kann daraus und aus dem Signal m das Signal p gebildet und dem Frequenzsteuereingang 14 aufgeschaltet werden.

Zu Beginn eines Zerstäubungsvorgangs wird versuchsweise die Ansteuerfrequenz f mit Hilfe des Mikroprozessors 26 von einem vorgegebenen Frequenzwert f_0 aus nach oben oder unten zeitlich verändert (Testlauf). Als Signal m erhält man dann im Verlaufe der Zeit t ein Test-Mittelwertsignal m'. Dieses wird vom Mikroprozessor 26 auf das Vorliegen eines Maximums untersucht. Der Mikroprozessor 26 ermittelt dabei auch, ob der ursprünglich vorgegebene Frequenzwert f_0 oberhalb oder unterhalb derjenigen Frequenz f^* liegt, bei der das Maximum des Test-Mittelwertsignals m' auftritt. Dies ist die oben erwähnte "Richtungsinformation". Abhängig von dieser Information und vom Signal m verändert der Mikroprozessor 26 das Ansteuersignal p so, daß das genannte Maximum - diesem entspricht der Punkt des größten Zerstäubungswirkungsgrades - eintritt und anschließend festgehalten wird. Mit anderen Worten: Bei Vorliegen des Maximums in der gewählten Richtung (nach oben oder unten) wird die Ansteuerfrequenz f nach Maßgabe des aktuellen Mittelwertsignals m im Frequenzbereich des Maximums nachgeführt. Der Mikroprozessor 26 ist also imstande festzustellen, daß das Maximum überschritten wurde, und er ist so eingerichtet, daß das Ansteuersignal p die Ansteuerfrequenz f in Richtung auf die optimale Frequenz f^* führt.

Es wurde bereits erwähnt, daß ein Teil der an der Oberfläche 6 reflektierten Ultraschallwellen wieder auf den Ultraschallwandler 8 zurückgelangt. In der Flüssigkeit 4 bilden sich stehende Wellen aus. Da der Ultraschallwandler 8 nicht nur elektrische Energie in Ultraschall, sondern auch umgekehrt Ultraschall in elektrische Energie umwandeln kann, wirkt sich der reflektierte Ultraschall unmittelbar auf das Ausgangssignal am Ausgang 18 aus. Je nach Amplitude und Phasenlage der Reflektionen ergibt sich am Innenwiderstand des Leistungsverstärkers

16 ein Spannungsabfall U, der sich aus der Addition des Ausgangssignals des Verstärkers 16 mit dem reflektierten Signal ergibt.

Solange die Ansteuerfrequenz f weit vom optimalen Arbeitspunkt f^* des Ultraschallwandlers 8 entfernt liegt, bleibt die Flüssigkeitsoberfläche 6 ruhig. Das Wellenfeld 10 wird dann nicht gestört, und das Signal U unterliegt keiner zeitlichen Änderung. Dies ist in Figur 2 gezeigt. In diesem Fall liefert der Amplituden-Demodulator 22 eine reine Gleichspannung, und die Meßspannung m hinter dem Bandpaßfilter 24 ist nahezu Null. In Figur 2 ist das Signal s - abweichend von der bevorzugten sinusförmigen Ausbildung - als Dreieckssignal gezeigt.

Wird nun vom Mikroprozessor 26 die Ansteuerfrequenz f des Ansteuersignals s in Richtung auf die optimale Arbeitsfrequenz f^* des Ultraschallwandlers 8 verschoben, wird die Flüssigkeitsoberfläche 6 zunehmend unruhiger. Durch diese Bewegung an der Flüssigkeitsoberfläche 6 wird das Wellenfeld 10 gestört. Der reflektierte Signalanteil wird dadurch mit einem niederfrequenten Rauschen moduliert, das insbesondere im Bereich von 50 Hz bis 10 kHz liegt. Dieses Rauschen ist durch die Hüllkurven h_1 und h_2 in Figur 3 verdeutlicht. Aus diesem so verrauschten Signal U wird über den Demodulator 22 und das Bandpaßfilter 24 das aktuelle Mittelwertsignal m gebildet, das nun nicht mehr Null ist, sondern einen durchaus meßbaren Wert aufweist. Es könnte als "Rauschsignal" bezeichnet werden.

Bei weiterer Annäherung an den optimalen Arbeitspunkt f^* (Punkt des größten Wirkungsgrades) wird dieses Mittelwert- oder Meßsignal m größer. Bei Einsetzen der Zerstäubung nimmt neben der Amplitude dieses Rauschsignals m auch dessen Bandbreite zu. Im optimalen Arbeitspunkt, der charakterisiert wird durch die Arbeitsfrequenz f^* , tritt maximales Rauschen auf. Bei passender Dimensionierung des Bandpaßfilters 24 kann ein sehr genaues Abstimmverhalten erzielt werden. Das aktuelle Mittelwertsignal oder Rauschsignal m wird dabei vom Mikroprozessor 26 als Steuersignal p zur Frequenzsteuerung des Oszillators 12 verwendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines Ultraschallwandlers (8) zur Zerstäubung einer Flüssigkeit (4), wobei dem Ultraschallwandler (8) ein Ansteuersignal (s) mit einstellbarer Ansteuerfrequenz (f) zugeleitet wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

- a) ein elektrisches Signal (U) am Eingang des Ultraschallwandlers (8) abgegriffen wird, wobei sich das Signal (U) aus einer Überlagerung des Ansteuersignals (s) und eines

- Reflexionssignals (r) ergibt, und sich das Reflexionssignal (r) aus dem vom Ultraschallwandler (8) empfangenen, an der Flüssigkeitsoberfläche reflektierten Schallwellen ergibt,
- b) das Signal (U) demoduliert und anschließend gefiltert wird, um ein aktuelles demoduliertes und gefiltertes Mittelwertsignal (m) zu bilden;
- c) aus dem Signal (m) ein Frequenzansteuersignal (p) gebildet wird; und
- d) mittels des Frequenzansteuersignals (p) die Ansteuerfrequenz (f) nachgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- zumindest zu Beginn eines Zerstäubungsvorgangs versuchsweise die Ansteuerfrequenz (f) von einem vorgegebenen Frequenzwert aus nach oben oder unten durchgestimmt wird, daß das hierbei im Verlaufe der Zeit (t) erhaltene Test-Mittelwertsignal auf das Vorliegen eines Maximums untersucht wird, um eine Richtungs-Information zu erhalten, daß bei Vorliegen eines Maximums aus dem aktuellen demodulierten und gefilterten Signal (m) und aus der Richtungs-Information das Frequenzansteuersignal (p) gebildet wird, und daß die Ansteuerfrequenz (f) dann nach Maßgabe des Frequenzansteuersignals (p) im Frequenzbereich des Maximums nachgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet**, daß
- das am Ultraschallwandler (8) zugeleitete Ansteuersignal (s) sinsusförmig ist.
4. Einrichtung zur Ansteuerung eines Ultraschallwandlers (8) zur Zerstäubung einer Flüssigkeit mit einem steuerbaren Oszillator (12) und einem Frequenz-Nachführungsweig (20), wobei der Oszillator (12) ein Ansteuersignal (s) mit einstellbarer Ansteuerfrequenz (f) abgibt und ausgangsseitig über einen Leistungsverstärker (16) an den Ultraschallwandler (8) angeschlossen ist und der Frequenz-Nachführungsweig ausgangsseitig mit dem Frequenzsteuereingang (14) des Oszillators (12) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- das verstärkte Ansteuersignal (s) mit einem Reflexionssignal (r) zu einem elektrischen Signal (U) überlagerbar ist, wobei sich das Reflexionssignal (r) aus den vom Ultraschallwandler empfangenen, an der Flüssigkeitsoberfläche reflektierten Schallwellen ergibt und daß der Frequenz-Nachführungsweig (20) der Reihe nach einen Amplituden-Demodulator (22), einen Bandfilter (24) und einen Mikroprozessor (26) umfaßt und eingangsseitig das Signal (U) abgreift.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- der Ultraschallwandler (8) ein piezoelektrischer, vorzugsweise ein piezokeramischer Ultraschallwandler ist.
6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- der Oszillator (12) ein Sinusoszillator ist.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- die vom Oszillator (12) abgegebene Frequenz im Bereich von 0,5 bis 5 MHz und daß der Frequenzbereich des Bandfilters (24) im Bereich von 50 Hz bis 10 KHz liegt.

Claims

1. Method for controlling an ultrasonic transducer (8) for the atomization of a liquid (4), wherein a control signal (s) having an adjustable control frequency (f) is supplied to the ultrasonic transducer (8), characterised in that:
- a) an electrical signal (U) is tapped at the input of the ultrasonic transducer (8), wherein the signal (U) results from a superimposition of the control signal (s) and a reflection signal (r), and the reflection signal (r) results from the sound waves received from the ultrasonic transducer (8) and reflected at the surface of the liquid;
- b) the signal (U) is demodulated and subsequently filtered in order to form a current demodulated and filtered mean signal (m);
- c) a frequency control signal (p) is formed from the signal (m); and
- d) the control frequency (f) is corrected by means of the frequency control signal (p).
2. Method according to claim 1, characterised in that, at least at the start of an atomization process, the control frequency (f) is experimentally tuned upwards or downwards starting from a pre-selected frequency value, in that the test mean value signal thus obtained in the course of the time (t) is examined for the presence of a maximum in order to obtain directional information, in that, when a maximum is present, the frequency control signal (p) is formed from the current demodulated and filtered signal (m) and from the directional information, and in that the control frequency (f) is then corrected in accordance with the frequency control signal (p) in the frequency

range of the maximum.

3. Method according to claim 1 or 2, characterised in that the control signal (s) supplied at the ultrasonic transducer (8) is sinusoidal. 5
4. Device for controlling an ultrasonic transducer (8) for the atomization of a liquid, having a controllable oscillator (12) and a frequency correction branch (20), wherein the oscillator (12) delivers a control signal (s) having an adjustable control frequency (f) and is connected on the output side to the ultrasonic transducer (8) by way of a power amplifier (16), and the frequency correction branch is connected on the output side to the frequency control input (14) of the oscillator (12), characterised in that the amplified control signal (s) can be superimposed on a reflection signal (r) to form an electrical signal (U), wherein the reflection signal (r) results from the sound waves received from the ultrasonic transducer and reflected at the surface of the liquid, and in that the frequency correction branch (20) comprises, in series, an amplitude demodulator (22), a band filter (24) and a microprocessor (26) and taps the signal (U) on the input side. 10 15 20 25
5. Device according to claim 4, characterised in that the ultrasonic transducer (8) is a piezoelectric ultrasonic transducer, preferably a piezoceramic ultrasonic transducer. 30
6. Device according to claim 4 or 5, characterised in that the oscillator (12) is a sinusoidal oscillator. 35
7. Device according to one of claims 4 to 6, characterised in that the frequency delivered by the oscillator (12) is in the range from 0.5 to 5 MHz and in that the frequency range of the band filter (24) is in the range from 50 Hz to 10 KHz. 40

Revendications 45

1. Procédé d'amorçage d'un transducteur ultrasonique (8) pour une pulvérisation d'un liquide (4), où un signal d'amorçage (s) ayant une fréquence d'amorçage (f) réglable est appliqué au transducteur ultrasonique (8), caractérisé en ce que : 50
 - a) un signal électrique (U) est pris à l'entrée du transducteur ultrasonique (8) le signal (U) résultant d'une combinaison du signal d'amorçage (s) et d'un signal de réflexion (r), et le signal de réflexion (r) est obtenu à partir des ondes sonores reçues en prove-

nance du transducteur ultrasonique (8) et réfléchies sur la surface du liquide ;

b) le signal (U) est démodulé et ensuite il est filtré pour former un signal de valeur moyenne (m) actuel démodulé et filtré ;

c) à partir du signal (m) un signal d'amorçage de fréquence (p) est produit ; et

d) au moyen du signal d'amorçage de fréquence (p), la fréquence d'amorçage (f) fait l'objet d'un suivi.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins au début d'une opération de pulvérisation, à titre d'essai la fréquence d'amorçage (f) est réglée vers le haut ou vers le bas à partir d'une valeur prédéterminée de fréquence, en ce que le signal de valeur moyenne de test, obtenu au cours du temps (t), est examiné en ce qui concerne l'existence d'un maximum de façon à obtenir une information de direction, en ce que, lors de l'existence d'un maximum, le signal d'amorçage de fréquence (p) est produit à partir du signal actuel démodulé filtré (m) et à partir de l'information de direction, en ce que la fréquence d'amorçage (f), après détermination du signal d'amorçage de fréquence (p), fait ensuite l'objet d'un suivi dans la plage de fréquence du maximum.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le signal d'amorçage (s) appliqué au transducteur ultrasonique (8) a une forme sinusoïdale.

4. Dispositif d'amorçage d'un transducteur ultrasonique (8) pour une pulvérisation d'un liquide, comportant un oscillateur (12) pouvant être commandé et une dérivation de suivi de fréquence (20), l'oscillateur (12) produisant un signal d'amorçage (s) ayant une fréquence d'amorçage (f) réglable et étant relié, du côté de la sortie et par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance (16), au transducteur ultrasonique (8) et la dérivation de suivi de fréquence est reliée du côté de sortie à l'entrée de commande de fréquence (14) de l'oscillateur (12), caractérisé en ce que le signal d'amorçage amplifié (s) est combiné avec un signal de réflexion (r) sous la forme d'un signal électrique (U), le signal de réflexion (r) est déterminé à partir des ondes sonores reçues par le transducteur ultrasonique et réfléchies sur la surface de liquide et en ce que la dérivation de suivi de fréquence (20) comporte en série un démodulateur d'amplitude (22), un filtre à bande (24) un microprocesseur (26) et elle reçoit à son entrée le signal (U).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le transducteur ultrasonique (8) est un transducteur ultrasonique piézoélectrique, de préférence piézocéramique.

5

6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que l'oscillateur (12) est un oscillateur sinusoïdal.

7. Dispositif selon une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que la fréquence fournie par l'oscillateur (12) a une valeur comprise entre 0,5 et 5 MHz et en ce que la plage de fréquence du filtre à bande (24) est comprise entre 50 Hz et 10 kHz.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

