






EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG


 Anmeldenummer: 84104426.6



 Int. Cl.³: **B 06 B 1/06**
B 05 B 17/06


 Anmeldetag: 18.04.84


 Priorität: 22.04.83 DE 3314609


 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Berlin und München Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)


 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 31.10.84 Patentblatt 84/44


 Erfinder: **Mágori, Valentin, Dipl.-Phys.**
Limburgstrasse 17
D-8000 München 90(DE)


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


Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Schwingers zur Flüssigkeitszerstäubung.



 Ein für Flüssigkeitszerstäubung (5) zu verwendender Ultraschall-Schwinger (1) wird mit getakteter ($N_1, N_2; \Delta t_1, \Delta t_2$) elektrischer Anregungsleistung gespeist, wobei für jeweils ein kurzes erstes Intervall (Δt_1) eine die Anregungsschwelle (E) auch für ungünstigste Betriebsbedingung ausreichend übersteigende Höhe (N_1) dieser Leistung vorgesehen ist.

FIG 1

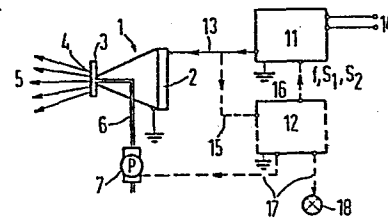
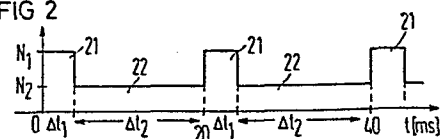


FIG 2



SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 83 P 1293 E

Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Schwingers zur
Flüssigkeitszerstäubung.

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10 Aus der deutschen Patentschrift 20 32 433 ist ein Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber bekannt, der mit elektrischer Wechselspannung mit einer Frequenz von z.B. 100 kHz gespeist wird. Zum Zwecke der Umwandlung elektrischer in mechanische Energie hat der Schwinger des Zerstäubers einen Anteil aus piezoelektrischer Keramik.

15 Im Handel ist ein Inhalationsgerät der Fa. Siemens mit der Bezeichnung "Mikroinhalator", in dem sich ein Flüssigkeitszerstäuber nach der obengenannten Patentschrift befindet. In diesem Gerät ist auch eine elektrische Anregungsschaltung enthalten, die die Speise-Wechselspannung liefert.

20 Weitere Anwendungen eines Flüssigkeitszerstäubers der obengenannten Art ist z.B. die Heizöl-Zerstäubung für Heizölbrenner.

25 In allen Anwendungsfällen eines wie obengenannten Flüssigkeitszerstäubers mit einem Ultraschall-Schwinger war darauf zu achten, daß die der schwingenden Arbeitsplatte zuzuführende und insbesondere die an dieser Platte anhaftende Flüssigkeitsmenge niemals groß war, weil sonst
30 das einwandfreie Schwingen des Schwingers und insbesondere dieser Arbeitsplatte behindert würde.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Maßnahmen anzugeben, mit denen das Problem der Behinderung der Schwingung des Flüssigkeitszerstäubers bei übermäßiger Flüssigkeitsmenge behoben wird.

5

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 erfindungsgemäß mit Hilfe der Merkmale des Kennzeichens des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

10

Zum Betrieb des Ultraschall-Wandlers eines wie oben erörterten Flüssigkeitszerstäubers wird eine elektronische Anregungsschaltung benötigt, die den Schwinger auch unter ungünstigen Betriebs(Anschwing-)bedingungen derart in Betrieb zu setzen vermag, daß tatsächlich Flüssigkeitszerstäubung auftritt. Eine solche ungünstige Betriebsbedingung ist z.B., daß an der Arbeitsplatte des Zerstäubers ein Flüssigkeitstropfen haftet, der die Schwingung dieser Arbeitsplatte und damit die Schwingung des ganzen Ultraschall-Schwingers behindert. Bisher wurde als Abhilfe dagegen ein so hoher Leistungsüberschuß an elektrisch eingespeister Dauerleistung vorgesehen, daß auch solche übermäßige Bedämpfung des Schwingers bewältigt wird. Dies hat aber den Nachteil, daß insbesondere bei einem Ausfall der Flüssigkeitszufuhr der Schwinger dann zerstört wird, weil im Ergebnis thermische Überlastung desselben auftritt.

15

20

25

30

35

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß ein völlig neues Betriebsverfahren für einen solchen Flüssigkeitszerstäuber gefunden werden muß, um die anstehenden Probleme zu lösen. Das Konzept dieses neuen Verfahrens ist, den mit einer relativ hochfrequenten Wechselspannung zu speisenden Schwinger statt wie bisher kontinuierlich

jetzt mit relativ niedriger Frequenz (20 bis 100 Hz) repetierlich, insbesondere periodisch, getaktet zu speisen. Zum sicheren Anschwingen des Schwingers und damit zum sicheren Anlaufen des Zerstäubungsvorgangs wird während eines ersten Zeitintervalls Δt_1 eine so hohe elektrische (Spitzen-)Leistung zugeführt, daß der Schwinger selbst bei starker Bedämpfung durch z.B. anhängende Tropfen sicher anschwingt. Während eines nachfolgenden zweiten Zeitintervalls Δt_2 wird wesentlich niedrigere elektrische Leistung bzw. gar keine Leistung mehr zugeführt. Das Taktverhältnis von Δt_1 zu Δt_2 , die absoluten Zeitdauern der Zeitintervalle und die Werte der in den Zeitintervallen zugeführten elektrischen Leistungswerte sind aufeinander so abgestimmt bemessen, daß die sich aus der integral ergebenden mittleren zugeführten elektrischen Leistung resultierende thermische Belastung des Schwingers nicht unzulässig hoch wird und dennoch entsprechende Flüssigkeitsmenge zerstäubt wird.

20 Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist, für die Zeitintervalle $\Delta t_1'$ und Δt_2 eine derartige Repetition vorzusehen, bei der Gruppen, jeweils bestehend aus mehreren aufeinanderfolgenden, den Zeitintervallen Δt_1 entsprechenden Takten, periodisch aufeinanderfolgen. Vorzugsweise wird die Frequenz der Aufeinanderfolge der Gruppen gleich der schon obengenannten Taktfrequenz mit z.B. 20 bis 100 Hz gewählt. Mit einer Taktfrequenz eines solchen Frequenzwertes läßt sich erreichen, daß ein an der schwingenden Arbeitsplatte anhaftender Flüssigkeitstropfen - je nach Konsistenz und Adhäsionskraft des Materials dieses Tropfens - in eine Schwingbewegung auf der Oberfläche dieser Arbeitsplatte gebracht wird. Während der Phase des Schwingens der Arbeitsplatte

zieht sich ein solcher Flüssigkeitstropfen vorzugsweise im Zentrum dieser Platte zusammen. Bei Abklingen der Schwingamplitude bzw. Ruhe der Arbeitsplatte verteilt er sich dagegen gleichförmig bis zu dem Rand der Platte
5 über deren ganzer Oberfläche oder hängt bei nichthorizontaler Lage der Oberfläche der Platte mehr oder weniger am Randbereich der Platte.

Anstelle eines - bezogen auf die Periodendauer einer 10 bis 100 Hz-Schwingung - längeren Zeitintervalls Δt_1 ist es vorteilhaft, die bereits obenerwähnten Impulsgruppen vorzusehen, nämlich mehrere Impulse mit jeweils kürzeren Zeitintervallen $\Delta t_1'$ aufeinanderfolgen zu lassen und die Länge des einzelnen Zeitintervalls $\Delta t_1'$ so kurz zu wählen,
15 daß $\Delta t_1 = 25$ bis 200% der Betriebs-Anschwingzeitkonstanten τ des Schwingers ist. Diese Bemessung hat den überraschenden Vorteil, daß in einem derart kurz bemessenen Zeitintervall $\Delta t_1'$ die Anschwing-Steilheit des Schwingers als lastunabhängig erscheint. Diese Anschwingzeitkonstante
20 beträgt z.B. 1 ms für einen Schwinger mit 100 kHz Schwingfrequenz.

Besonders wenig aufwendig ist es, die Repetitionsfrequenz bzw. die Periodenfrequenz für das Aufeinanderfolgen der
25 Gruppen von Anregungstakten der Netzfrequenz zu entnehmen. Hierfür genügt es, ungesiebt gleichgerichtete Wechselspannung des Netzes zur Speisung der Anregungsschaltung zu verwenden.

30 Bei Schwingungsanregung des Schwingers mit kurzen Zeitintervallen $\Delta t_1'$ in der Größe von 25 bis 200% der Anschwingzeitkonstanten erreicht die Schwingungsamplitude des Schwingers nicht die Höhe der Endamplitude der Schwin-

gung, sondern der Anstieg bricht bei einem vorgebbaren Wert einer oberen Schwelle S_1 ab. Im nachfolgenden zweiten Zeitintervall Δt_2 , in dem Speisung mit geringerer oder keiner elektrischen Leistung erfolgt, klingt diese

5 Schwingung dann auf einen unteren vorgebbaren Schwellenwert ab. Es läßt sich damit ein sägezahnartiger zeitlicher Verlauf der Schwingungsamplitude des Schwingers erreichen. Damit wird einerseits stets zuverlässig Schwingungsanregung und Flüssigkeitszerstäubung, und zwar auch

10 unter ungünstigsten Anschwingbedingungen, erreicht, und andererseits kann die mittlere thermische Belastung des Schwingers selbst für den Fall des Trockengehens desselben auf einem genügend niedrigen Maß gehalten werden.

15 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren getakteter Zuführung der elektrischen Anregungsleistung für das Schwingen des Ultraschall-Schwingers kann eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung realisiert werden, nämlich Steuerungs- und/oder Kontrollmaßnahmen durchzuführen.

20 Wenn man im zweiten Zeitintervall Δt_2 dem Schwinger keine elektrische Leistung zuführt, erfolgt das Abklingen der Schwingung desselben entsprechend den eigenen charakteristischen Eigenschaften des Schwingers. Da der Ultraschall-Schwinger im Regelfall mit Hilfe eines piezoelektrischen Wandlers angeregt wird, dem die elektrische Leistung

25 zugeführt wird, kann in der Phase des Abkling-Aus-schwingens dieses Ultraschall-Schwingers von diesem Wandler umgekehrt ein elektrisches Signal abgenommen werden. Die Frequenz dieses abzunehmenden elektrischen Signals

30 ist gleich der Eigenresonanzfrequenz des Schwingers und kann zur optimalen Steuerung der Frequenz der Anregungs-Wechselspannung für die Speisung im ersten Zeitintervall Δt_1 genutzt werden. Das Auftreten eines solchen elektrischen Signals im zweiten Zeitintervall Δt_2 ist auch

eine Kontrolle für das Schwingen und die Zerstäubungsfunktion im ersten Zeitintervall Δt_1 . Die Höhe und der zeitliche Verlauf - insbesondere die Zeitkonstante - des elektrischen Signals im Zeitintervall Δt_2 ist auch ein
5 Maß für die erreichte Schwingamplitude im Zeitintervall Δt_1 . Eine geringere Höhe dieses im Zeitintervall Δt_2 aufgenommenen elektrischen Signals weist auf stärkere Bedämpfung des Ultraschall-Schwingers und damit auf relativ große Flüssigkeitszufuhr hin. Soweit zulässig, kann
10 die zugeführte elektrische Speiseleistung im Zeitintervall Δt_1 vergrößert werden oder die Menge der pro Zeiteinheit zugeführten Flüssigkeit soweit verringert werden, bis das im Zeitintervall Δt_2 abgenommene elektrische Signal auf wieder erreichtes optimales Schwingverhalten
15 des Flüssigkeitszerstäubers hinweist.

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der anhand der Figuren gegebenen Beschreibung hervor. Es zeigen:

20 Fig.1 eine Prinzipanordnung eines Flüssigkeitszerstäubers mit elektronischer Anregungsschaltung.

Fig.2 Ein Diagramm des zeitlichen Taktverlaufs eingespeister elektrischer Leistung.

25

Fig.3 Ein Diagramm eines zeitlichen Taktverlaufs eingespeister elektrischer Leistung, wobei Gruppen von Speisetakten periodisch aufeinanderfolgen.

30

Fig.4 Ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers.

Fig.5 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Amplitude des Ultraschall-Schwingers, wobei die Taktfolge

nach den jeweils erreichten Schwingungsamplituden gesteuert wird.

5 Fig.6 Ein Schaltungsbeispiel zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig.7 Ein Schaltbild für eine gemäß der Weiterbildung der Erfindung vorgesehene Überwachung des Betriebsverhaltens des Ultraschall-Schwingers.

10

In Fig.1 ist mit 1 der gesamte Ultraschall-Schwinger bezeichnet. Es ist dies z.B. ein Ultraschall-Schwinger nach der deutschen Patentschrift 20 32 433. Dieser Schwinger umfaßt eine piezokeramische Scheibe 2 als piezo-
15 elektrischer Wandler, an die die elektrische Anregungsspannung anzulegen ist. Mit 3 ist die Arbeitsplatte bezeichnet, auf deren Oberfläche 4 die Flüssigkeitszerstäubung 5 erfolgt. Mit 6 ist eine Zuführungsleitung und mit 7 eine in dieser Zuführungsleitung installierte Pumpe für
20 die der Oberfläche 4 zuzuführende, zu zerstäubende Flüssigkeit bezeichnet.

Mit 11 ist die eigentliche Anregungselektronik bezeichnet und mit 12 ist auf eine gemäß einer Weiterbildung vorgesehene zusätzliche Elektronikschaltung hingewiesen, die
25 der Überwachung des betriebsmäßigen Schwingverhaltens des Ultraschall-Schwingers 1 dient.

Über die Leitung 13 wird die von der Schaltung 11 abgegebene elektrische Leistung dem Wandler 2 zugeführt. Die
30 Schaltung 11 wird an den Anschlüssen 14 z.B. mit 220 Volt Wechselspannung oder auch mit 12 Volt Gleichspannung gespeist. Mit 15 ist eine Verbindungsleitung zur Schaltung 12 bezeichnet, nämlich über die während der Speisepause

im Zeitintervall Δt_2 ein vom Wandler 2 zurückgeliefertes elektrisches Signal dieser Schaltung 12 zugeführt werden kann. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß der Wandler 2 eine zusätzliche (Rückkopplungs-)Elektrode hat, die über die Leitung 15 mit der Schaltung 12 verbunden ist. Die Leitung 16 zwischen den Schaltungen 11 und 12 dient dazu, von der Schaltung 12 Auswertesignale an die Schaltung 11 zu liefern, um diese zu steuern. Diese Steuerung kann sich insbesondere auf die Frequenz f der Anregungs-Wechselspannung (z.B. im Bereich von 100 kHz), auf die obere Schwelle S_1 der Schwingungsamplitude des Schwingers 1 und/oder auf die untere Schwingungsamplitude S_2 desselben beziehen.

Mit den Leitungen 17 ist auf Steuersignalausgänge der Schaltung 12 hingewiesen, z.B. zu einer Leuchtdiode 18, die als Betriebssignallampe dienen kann, und zur Pumpe 7, deren Steuerung aus der Schaltung 12 stets angepaßte Menge der Flüssigkeitszufuhr zur Oberfläche 4 des Schwingers 1 gewährleisten kann.

Das Diagramm der Fig.2 zeigt die über die Leitung 13 dem Wandler 2 und damit dem Schwinger 1 zugeführte elektrische Leistung N , aufgetragen über der Zeit. Die Takte 21 mit den ersten Zeitintervallen Δt_1 sind die eigentlichen Speiseintervalle. In diesen Intervallen erhält der Schwinger 1 eine so große elektrische Leistung zugeführt, daß er selbst und damit auch die Arbeitsplatte 3 zuverlässig in die geforderte Ultraschall-Schwingung versetzt wird, und zwar unabhängig davon, ob auf der Oberfläche 4 der Platte 3 eine mehr oder weniger große Flüssigkeitsbelegung oder ein daran anhaftender Tropfen vorliegt. In den Zeitintervallen Δt_2 wird elektrische Leistung entsprechend den Takten 22 zugeführt. Die Leistung der Takte 22 kann so hoch

5 bemessen sein, daß kontinuierliches Weiterschwingen kontinuierlich weitere Zerstäubung bewirkt. Die elektrische Leistung der Takte 22 kann aber den Wert Null haben, d.h. man läßt in den zweiten Zeitintervallen Δt_2 den Schwinger 1 ausschwingen. Das Taktverhältnis Δt_1 : $(\Delta t_1 + \Delta t_2)$ beträgt z.B. 4 ms : 20 ms, wobei letzterer Wert vorteilhafterweise aus der Netzfrequenz abgeleitet ist. Wichtig für das Taktverhältnis ist, daß zusammen mit dem Leistungsverhältnis N_1 zu N_2 die zulässigerweise zuzuführende mittlere elektrische Leistung nicht überschritten wird, aber dennoch mit der Höhe der Leistung N_1 stets sicheres Anschwingen gewährleistet ist.

15 Fig.3 zeigt das Diagramm der elektrischen Leistung N , wiederum aufgetragen über der Zeit t , jedoch mit Gruppen von - bei diesem Beispiel jeweils drei - Takten 31. Ein jeder dieser Takte 31 hat die Länge eines Zeitintervalls Δt_1 von z.B. 1 ms Dauer. Die Repetition dieser Takte 31 innerhalb einer Gruppe ist vorzugsweise periodisch mit der Frequenz F_1 . Die Gruppen 32 bestehen aus der jeweiligen Anzahl der Einzeltakte 31, haben vorzugsweise ebenfalls periodische Repetition mit der Frequenz F_2 . Insbesondere wird diese Frequenz F_2 zwischen 10 und 100 Hz, vorzugsweise 50 Hz (60 Hz), groß gemacht. Für das Maß 25 der bereits obenerwähnten zugeführten mittleren elektrischen Leistung kommt es auf die Summe der Zeitintervalle Δt_1 einer einzelnen Gruppe 32 im Verhältnis zur Periodendauer der Repetitionsfrequenz F_2 an.

30 Das Diagramm der Fig.4 zeigt ein sich bei Speisung mit Anregungsleistung nach Fig.3 ergebender Amplitudenverlauf der Schwingung des Schwingers 1 bzw. der Arbeitsplatte 3. Da zwischen dem letzten Zeitintervall Δt_1 der einen Gruppe 32 und dem ersten Zeitintervall Δt_1 der folgen-

den Gruppe 32 nach Fig.3 keine elektrische Leistungszufuhr vorgesehen ist, erfolgt in diesem Zeitintervall Δt_2 ein asymptotisches Abklingen bis zum erneuten Wiederschwingen.

5

Es ist bereits oben darauf hingewiesen worden, daß es von Vorteil sein kann, die Schwingungsamplitude A zwischen einer oberen Schwelle S_1 und einer unteren Schwelle S_2 zu halten, wie dies Fig.5 zeigt. Die Zeitintervalle des Δt_1 bzw. das Zeitintervall, in dem Zeitintervalle $\Delta t_1'$ (Fig.3) vorliegen, und das Zeitintervall Δt_2 ergeben sich dann aus dem jeweiligen Betriebsschwingungsverhalten des Schwingers 1 und sind hier in ihrer zeitlichen Länge über die Dauer betrachtet variabel. Wie ebenfalls bereits oben erwähnt, erfolgt die Steuerung der Zeitintervalle Δt_1 und Δt_2 mit Hilfe der Schaltung 12, in der ein über die Leitung 15 geliefertes Rücksignal des Schwingers 1 ausgewertet wird.

20 Fig.6 zeigt ein vollständiges Schaltbild für eine Schaltung 11 zur Erzeugung der den Schwinger 1 speisenden elektrischen Leistung. Die Repetitionsfrequenz wird in dieser Schaltung von dem Generator 61 geliefert. Mit dem Generator 62 wird die Frequenz f der über die Leitung 13 zuzuführenden Wechselspannung, z.B. 100 kHz, gesteuert. Der Schaltungsteil 63 ist eine Treiberstufe und der Transistor 64 ist die Endstufe. Das Schaltungsteil 65 mit der Zenerdiode dient der Korrektur einer Schwankung der Versorgungsspannung 66. Die weiteren Einzelheiten der Schaltung gehen für den Fachmann ohne weiteres erkennbar aus dem Schaltbild hervor.

Fig.7 zeigt ein Schaltungsbeispiel für eine Schaltung 12. Es sind mit 71 das für eine Signalverzögerung vorgesehene Schaltungsteil und mit 72 der Signalkomparator bezeichnet.

35

Auch dieses Schaltbild bedarf für den Fachmann keiner weiteren Erläuterung.

5 In Fig.3 ist mit 35 ein Vorimpuls gezeigt, der zeitlich vor Ingangsetzen des eigentlichen Zerstäuberbetriebs dem Schwinger 1 zugeführt wird. Es ist dies vorzugsweise ein Burstimpuls (Schwingungspaket) mit vorteilhafterweise eins bis zwanzig Schwingungen mit einer Frequenz, die wenigstens angenähert gleich der Resonanzfrequenz des Schwingers 1 ist.

10

Der Vorimpuls stößt eine Schwingung des Schwingers 1 an und dessen Abklingschwingung 45 (in Fig.4) wird, wie oben schon beschrieben, zur Anfangssteuerung der Frequenz f der über die Leitung 13 zuzuführenden Anregungs-Wechselspannung genutzt.

15

17 Patentansprüche

7 Figuren

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Schwingers zur Flüssigkeitszerstäubung, wobei der Schwinger mit
5 einer elektrischen Wechselspannung mit einer solchen Frequenz gespeist wird, die auf optimale Schwingungsleistung des Schwingers abgestimmt wird, g e k e n n - z e i c h n e t dadurch, daß die Speisung bezüglich der Höhe der eingespeisten elektrischen Leistung zeit-
10 lich repetierlich getaktet erfolgt, wobei für ein erstes Zeitintervall (Δt_1) die eingespeiste Leistung (N_1) so hoch bemessen ist, daß die Einsatzschwelle (E) für tatsächlich eintretende Flüssigkeitszerstäubung (5) auch bei ungünstigster Betriebs-
15 Anschwingbedingung genügend hoch überschritten ist, wobei für ein zweites Zeitintervall (Δt_2) die eingespeiste Leistung (N_2) vergleichsweise zum Zeitintervall (Δt_1) geringer bemessen ist und wobei der Mittelwert der eingespeisten Leistung ($\overline{N_1+N_2}$),
20 gemittelt über die beiden Zeitintervalle ($\Delta t_1, \Delta t_2$) zusammengenommen auf die pro Zeiteinheit zugeführte, zu zerstäubende Flüssigkeitsmenge (7) angepaßt bemessen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h -
25 n e t: dadurch, daß während eines zweiten Zeitintervalls (Δt_2) keine elektrische Leistung ($N_2 = 0$) eingespeist wird und wobei zur weiteren Flüssigkeitszerstäubung (5) in diesem zweiten Zeitintervall (Δt_2) die im Schwinger (1) gespeicherte mechanische Leistung genutzt wird.
30 (Fig. 4)

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, g e k e n n -

z e i c h n e t dadurch, daß die Länge eines ersten Zeitintervalls (Δt_1)²⁵ bis 200% der Betriebs-Anschwingzeitkonstanten τ des Schwingers beträgt.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Repetition
der Zeitintervalle ($\Delta t_1, \Delta t_2$) mit einer Frequenz (F_2)
von 10 bis 100 Hz erfolgt.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, daß die Repetition (F_2) mit der Netz-
frequenz (50 oder 60 Hz) durchgeführt wird, wobei hier-
für ungesiebte, gleichgerichtete Wechselspannung des
Netzes zur Versorgung (14) der Anregungsschaltung ver-
15 wendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß für eine Gruppe
(32) bestehend aus mehreren Takten (31) aufeinander-
20 folgende erste Zeitintervalle ($\Delta t_1'$) eine erste
Repetitionsfrequenz (F_1) angewendet wird und die auf-
einanderfolgenden Gruppen (32) eine zweite Repetitions-
frequenz (F_2) mit 10 bis 100 Hz haben.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 6, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, daß die erste Repetitionsfrequenz (F_1)
etwa gleich dem 0,2- bis 2-fachen des Reziprokwertes
der Anschwingzeitkonstanten τ des Schwingers (1) gewählt
ist.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, g e k e n n -
z e i c h n e t dadurch, daß die Anzahl der Takte (31)
der ersten Zeitintervalle (Δt_1) einer jeweiligen Gruppe

(32) gleich 2 bis 10 oder 2^4 ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß eine obere Schwelle
5 (S_1) und eine untere Schwelle (S_2) für die Schwingungs-
amplituden (A) des Schwingers (1) vorgegeben werden, wo-
bei die obere Schwelle (S_1) größer als die zur Zer-
stäubung notwendige Mindestamplitude (E) des Schwingers
(1) bemessen ist und
10 wobei der Wechsel vom jeweils ersten Zeitintervall (Δt_1 ,
 $\Delta t_1'$) zum nachfolgenden zweiten Zeitintervall (Δt_2) bei
Erreichen der oberen Schwelle (S_1) erfolgt und
wobei der Wechsel vom zweiten Zeitintervall (Δt_2) zum
nachfolgenden ersten Zeitintervall (Δt_1 , $\Delta t_1'$) bei Er-
15 reichen der unteren Schwelle (S_2) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß eine Auswertung
des im zweiten Zeitintervall (Δt_2) erfolgenden zeit-
20 lichen Abklingens der Schwingungsamplitude (A) des
Schwingers (1) vorgenommen wird,
wobei ein vom Schwinger geliefertes, diesem Abklingen
entsprechendes elektrisches Signal (15) aufgenommen wird.

- 25 11. Verfahren nach Anspruch 10, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, daß die Auswertung des elektrischen
Signals (15) des Abklingens des Schwingers (1) des zweiten
Zeitintervalls (Δt_2) zur Überwachung (18) ordnungsge-
mäßigen Betriebs des Schwingers genutzt wird.

- 30 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, g e k e n n -
z e i c h n e t dadurch, daß das elektrische Signal (15)
des Abklingens des Schwingers im zweiten Zeitintervall
(Δt_2) zur Steuerung des Unterbrechens und/oder (Wieder-)

Einschaltens der Flüssigkeitszufuhr (7) genutzt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß das elektrische
5 Signal (15) des Abklingens des Schwingers im zweiten
Zeitintervall (Δt_2) zur Steuerung der Abstimmung der
Flüssigkeitszufuhr (7) und der eingespeisten mittleren
elektrischen Leistung ($N_1 + N_2$) zueinander benutzt wird.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß das elektrische
Signal (15) des Abklingens des Schwingers (1) im
zweiten Zeitintervall (Δt_2) zur Überwachung und
15 Steuerung der Einspeisung für das betriebsgemäße Über-
schreiten der Einsatzschwelle (E) genügend hoch bemessener
elektrischer Leistung (N_1) während des Zeitintervalls
(Δt_1) genutzt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, g e -
20 k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Frequenz des
elektrischen Signals (15) des Abklingens des Schwingers
(1) im zweiten Zeitintervall (Δt_2) zur Steuerung der
Frequenz (f) der Anregungswechselspannung für die
Speisung des Schwingers (1) genutzt wird.
- 25 16. Verfahren nach Anspruch 10, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, daß die Frequenz des elektrischen
Signals (15) des Abklingens des Schwingers (1), das
nach einer Speisung des Schwingers (1) mit einem an-
30 regenden Vorimpuls (35) zu erhalten ist, für die Be-
stimmung der Frequenz (f) der den Schwinger (1) an-
regenden elektrischen Wechselspannung (13) genutzt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, g e k e n n z e i c h -

n e t dadurch, daß der Vorimpuls (35) ein Burst-Signal (Schwingungspaket) mit nur wenigen Schwingungen ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, g e - k e n n z e i c h n e t dadurch, daß durch eine geregelte (65) Änderung der Länge der ersten und/oder der zweiten Zeitintervalle (t_1 , t_2) die mittlere elektrische Leistung ($\overline{N_1+N_2}$) unabhängig von Schwankungen der Versorgungsspannung (66) konstant gehalten wird.

FIG 1

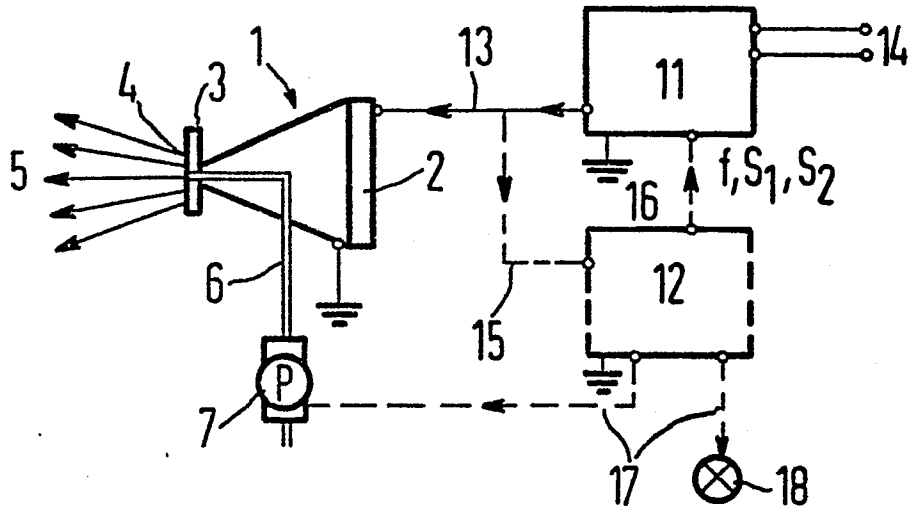


FIG 2

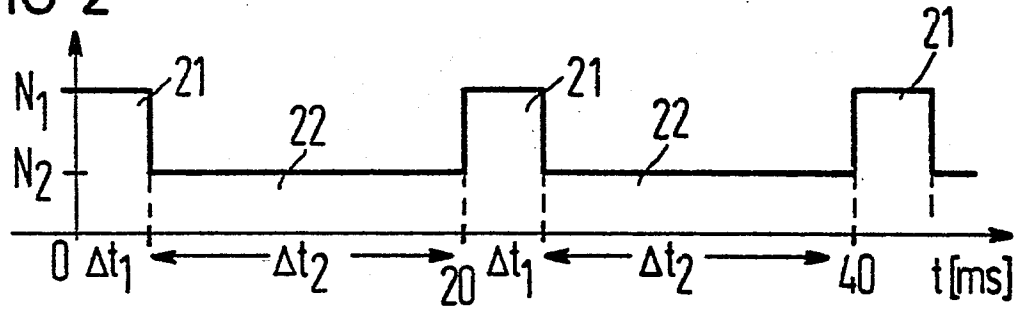


FIG 3

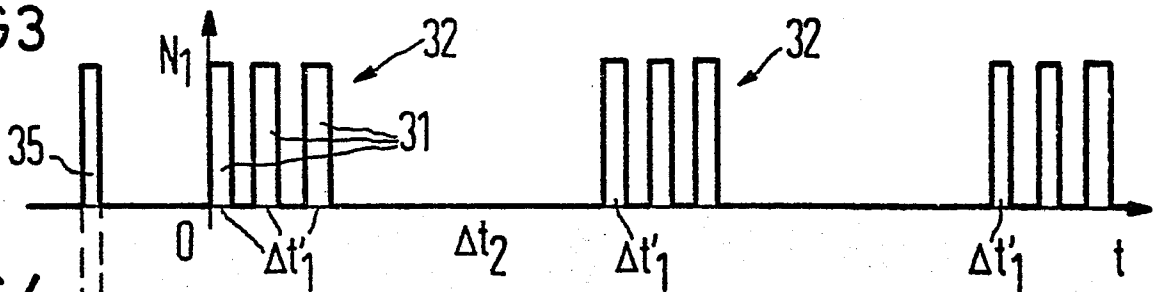


FIG 4

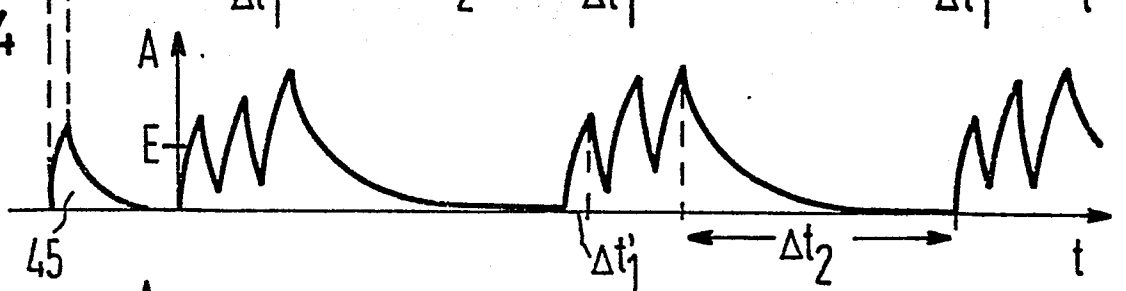
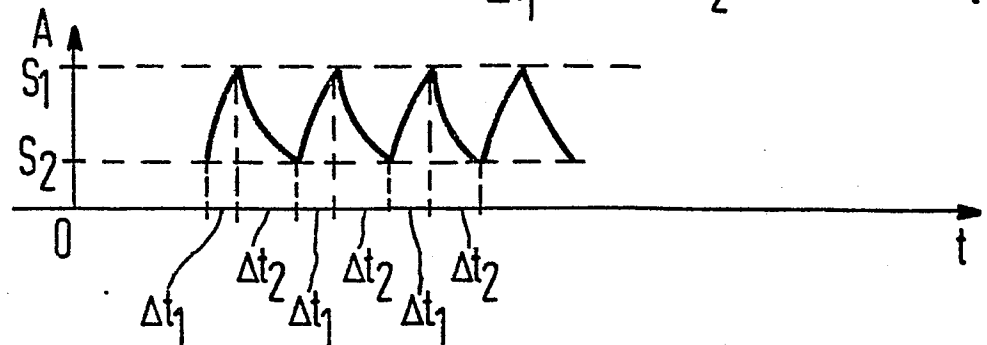


FIG 5



3/3

FIG 7

