

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 86102057.6

51 Int. Cl.⁴: **F 17 D 1/20**
F 17 D 1/07

22 Anmeldetag: 18.02.86

30 Priorität: 14.03.85 DE 3509072

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.09.86 Patentblatt 86/38

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

71 Anmelder: Metzger, Klaus
Falkenstrasse 7
D-3200 Hildesheim(DE)

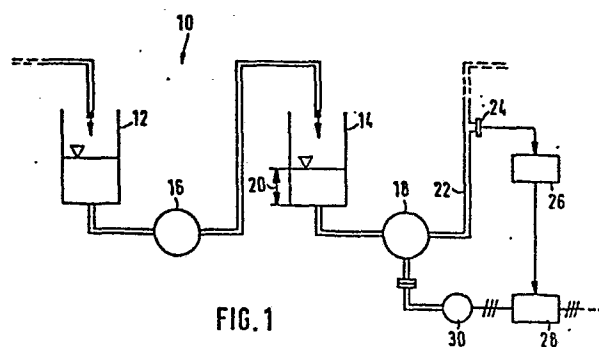
72 Erfinder: Metzger, Klaus
Falkenstrasse 7
D-3200 Hildesheim(DE)

74 Vertreter: Thömen, Uwe, Dipl.-Ing.
Patentanwalt U. Thömen Zeppelinstrasse 5
D-3000 Hannover(DE)

54 Verfahren zur Kavitations-Einstellung.

57 Bei der Förderung bzw. dem Transport von Flüssigkeiten und/oder Gasen mittels Förderaggregaten wird gezielt eine minimale Restkavitation mittels einer Regelschaltung zugelassen.

Die Kavitation wird unter Zuhilfenahme eines Druckaufnehmers gemessen, der eine der Kavitation entsprechende Spannung an einen Mikroprozessor weitergibt. Dieser steuert die Drehzahl des verwendeten Förderaggregates in der Weise, daß eine minimale Restkavitation beibehalten wird.



Verfahren zur Kavitations-Einstellung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung von Förderaggregaten für den Transport von Flüssigkeiten und/oder Gasen in Rohrleitungen, wobei als Ausgangsgröße für die Einstellung die Kavitation gemessen wird.

In vielen Bereichen der Technik kommt der Förderung von Flüssigkeiten und/oder Gasen eine große Bedeutung zu, und als ein Beispiel seien hier die Eindampfanlagen im Bereich der Molkereiwirtschaft genannt.

Für den Transport bzw. für die Förderung werden allgemein Förderaggregate in Verbindung mit Rohrleitungen eingesetzt, wobei etwa Zentrifugalpumpen, Verdrängerpumpen oder auch Wasserringpumpen (Vakuumpumpen) zu nennen sind.

Grundsätzlich bereitet der Transport von Flüssigkeiten zwar keine technischen Schwierigkeiten, allerdings mit Ausnahme der bekannten Kavitation, deren schädliche Einwirkungen auf das jeweilige Förderaggregat und auch auf die Rohrleitungen immer noch ein gravierendes Problem darstellen.

Der Begriff Kavitation (Hohlsogbildung, Hohlraumbildung) beschreibt eine Erscheinung, die dann auftritt, wenn der

Druck in einer Flüssigkeit z.B. infolge zu großer Geschwindigkeit an einigen Stellen auf den Verdampfungsdruck absinkt. Die dabei entstehenden Dampfblasen stürzen bei höherem Druck wieder zusammen, und die damit verbundenen "Schläge" führen zu erheblichen Beanspruchungen des Förderaggregates und der Rohrleitungen.

Es können sich also - insbesondere bei Flüssigkeiten, deren Betriebstemperaturen nahe am Siedepunkt liegen - bei Unterschreitung des Siededruckes Dampfblasen bilden. Nach der durch das Förderaggregat hervorgerufenen Druckerhöhung wird der Siededruck wieder überschritten, die Dampfblasen fallen zusammen, und es tritt die schädliche Kavitation ein (vgl. KSB "Kreispumpenlexikon" 2. Auflage, Seite 121 - 122 und Fuchslocher/Schulz "Die Pumpen", Springer Verlag 1965, Seite 100 - 109).

In der Praxis macht sich die Kavitation durch ein Ansteigen des Geräuschpegels sowie durch einen unruhigen Lauf des Förderaggregates bemerkbar. Dabei kann auch ein sogenanntes pulsierendes Arbeiten auftreten. Einhergehend damit werden die Förderbedingungen erheblich verschlechtert, so daß der Wirkungsgrad des Förderaggregates absinkt. Schließlich kann die Kavitation sogar zur Materialzerstörung führen (vgl. die voranstehend genannten Litera-

turstellen).

Um den geschilderten schädlichen Wirkungen der Kavitation zu begegnen, hat man sich bisher in der Praxis meistens damit beholfen, bestimmte Meßgrößen, wie die Temperatur der Flüssigkeit oder das Niveau bzw. die Zulaufhöhe zu kontrollieren und in Abhängigkeit dieser Größe eine manuelle Einstellung des Förderaggregates vorzunehmen. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß ein solches Verfahren sehr aufwendig ist und zudem auch unter der Gefahr einer Ungenauigkeit leidet.

Da sich die Kavitation unter anderem durch Erhöhung des Geräuschpegels äußert, sind auch schon Meßeinrichtungen mittels eines Mikrofones bekannt geworden (Brüel & Kjaer "Technical Review" No. 4 - 1980). Jedoch ist diese Meßmethode nicht zuverlässig genug und außerdem auch zu störempfindlich.

Durch die deutsche Offenlegungsschrift 32 36 815 ist auch schon eine Überwachungs- und Kontrolleinrichtung an Rohrleitungen zum Transport von Flüssigkeiten zur Unterdrückung von Kavitation bekannt geworden. Während man sich bisher darauf beschränkt hat, physikalische Größen wie die Temperatur oder das Flüssigkeitsniveau zu messen,

wird dort vorgeschlagen, mittels eines Druckaufnehmers in Form einer Meßmembran mit Foliendehnungsmeßstreifen die Kavitation direkt zu messen. Unter Verwendung eines Mikroprozessors, der die gemessenen Kavitationswerte verarbeitet, läßt sich die Drehzahl einer Zentrifugalpumpe verändern, bis ein optimaler Betriebszustand ohne jegliche Kavitation eintritt.

Durch die bekannte Überwachungs- und Kontrolleinrichtung gemäß der deutschen Offenlegungsschrift 32 36 815 wird zwar gegenüber dem bisherigen manuellen Verfahren ein bedeutsamer Fortschritt erzielt, allerdings kann auch dieses Verfahren in der Praxis noch nicht vollständig überzeugen.

Hier greift nun die Erfindung ein, der die Aufgabe zugrunde liegt, ein optimales Verfahren zur Einstellung von Förderaggregaten für den Transport von Flüssigkeiten und/oder Gasen in Rohrleitungen zu schaffen, welches die schädlichen Wirkungen der Kavitation möglichst weitgehend ausschaltet.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt bei dem im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Verfahren dadurch, daß das Förderaggregat in Abhängigkeit von der gemessenen Kavitation so eingestellt wird, daß eine minimale Restkavitation

verbleibt.

Die Erfindung beschreitet den neuartigen Weg, ganz bewußt eine gewisse minimale Restkavitation beizubehalten. Während man bisher - wenn auch in unzulänglicher Weise - darauf bedacht gewesen ist, die Kavitation möglichst vollständig zu beseitigen, sieht die Erfindung also überraschend die Maßnahme vor, eine - allerdings kontrollierbare - minimale Restkavitation durchaus zuzulassen.

Diesem verblüffenden Verfahrensschritt liegt die Überlegung zugrunde, die an sich schädliche Störgröße "Kavitation" während des Betriebes in geringem Maße beizubehalten, damit die Störgröße sozusagen jederzeit unter Kontrolle bleibt. Die Restkavitation kann ohne weiteres so gering gewählt werden, daß schädliche Nebenwirkungen auf das Förderaggregat und auf die Rohrleitungen nicht zu befürchten sind. Es genügt, wenn die Restkavitation meßtechnisch gerade noch erfaßbar ist.

Ein bedeutsamer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die vorgesehene laufende Erfassung bzw. Messung der Kavitation es erlaubt, das Förderaggregat abzuschalten, wenn die gemessene Kavitation einen schädlichen und vor-

gebaren Kavitationsgrenzwert überschreitet. Es wird also im Grunde ein sich vollständig selbst regulierendes System geschaffen, bei welchem die Fördermengen in Anpassung an die unterschiedlichen Betriebsbedingungen so "einstellt" werden, daß eine manuelle Überwachung entfallen kann. Bei Überschreiten eines kritischen Grenzwertes kann die entsprechende Anlage selbsttätig abgeschaltet werden.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die "Selbstregulierung" dadurch, daß in Abhängigkeit der gemessenen Kavitation die Drehzahl einer als Förderaggregat eingesetzten Pumpe entsprechend reguliert bzw. eingestellt wird. Die Erfindung läßt sich aber auch ebenso dahingehend einsetzen, daß die gemessene Kavitation herangezogen wird, um etwa ein Drosselventil - und damit die Fördermenge - zu beeinflussen.

In zweckmäßiger Ausgestaltung läßt sich die Erfindung auch bei Wasserringpumpen einsetzen. Bisher wurde dort bei Auftreten einer schädlichen Kavitation die Frischwasserzufuhr erhöht oder es wurde zusätzliches Ballastgas oder Luft vorgesehen, um der schädlichen aufgetretenen Kavitation entgegenzuwirken. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich nun der Frischwasser-

verbrauch und auch der Einsatz von Ballastgas oder Luft nicht nur einschränken, sondern letzteres sogar vollständig vermeiden, da die Pumpendrehzahl soweit herunterge-regelt werden kann, bis die Kapazität der Pumpe mit dem Gas-/Luftanfall übereinstimmt und die Kavitation akzeptabel ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben und der Zeichnung zu entnehmen.

Nachfolgend wird die Erfindung zum besseren Verständnis anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Prinzipdarstellung des Flüssigkeitsweges einer mehrstufigen Eindampfungsanlage,

Fig. 2 und 3 jeweils eine Teil-Schnittdarstellung einer Rohrleitung mit einer Meßeinrichtung für die Kavitation,

Fig. 4 ein Diagramm zur Verdeutlich-
ung unterschiedlicher Betriebs-
zustände, und

Fig. 5 ein Diagramm zur Verdeutlichung
des vorgesehenen Betriebszustan-
des mit einer Restkavitation.

In Fig. 1 ist schematisch eine mehrstufige Eindampfungs-
anlage 10 dargestellt. Die in einer ersten Stufe in einen
Flüssigkeitsbehälter 12 angesammelte Flüssigkeit wird
mittels einer Zentrifugalpumpe 16 in einen Flüssigkeits-
behälter 14 einer weiteren Stufe gefördert. Dort besitzt
die Flüssigkeit einen Flüssigkeitsstand (Niveau) 20 .

Mittels einer Zentrifugalpumpe 18 erfolgt eine weitere
Förderung der Flüssigkeit durch eine Rohrleitung 22. Auf
der Druckseite der Zentrifugalpumpe 18 bzw. der Rohrleitung
22 erfolgt nun an einer Rohrverzweigung 24 eine Messung
der Kavitation. Die Meßwerte werden einem Mikroprozessor
26 zugeführt, welcher über einen Frequenzumformer 28 ei-
nen Elektromotor 30 zur Verstellung der Drehzahl der Zen-
trifugalpumpe 18 beeinflusst.

Es liegt also insgesamt ein Regelkreis vor, wobei die

Drehzahl der Zentrifugalpumpe 18 derart eingestellt wird, daß eine minimale Restkavitation beibehalten wird (was nachfolgend noch unter Bezugnahme von Fig. 4 und 5 näher erläutert wird).

Der nähere Aufbau der Rohrverzweigung 24 - also der Meßstelle für die Kavitation - wird aus Fig. 2 und 3 deutlich. Im Bereich der Rohrwandung der Rohrleitung 22 beinhaltet die Rohrverzweigung 24 eine Meßmembrane 32 mit aufgeklebten Foliendehnungsmeßstreifen 34. Zum Trennen und zum Isolieren der Meßmembrane 32 von der Rohrleitung 22 sind flexible Dichtungsringe 36 im Bereich einer Börscheibe 38 vorgesehen, die als Auflage für die flexiblen Dichtungen 36 dient. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit der Zeichnung ist eine an sich notwendige Klemmvorrichtung zum Verspannen der flexiblen Dichtungen 36, der Meßmembrane 32 in den Figuren 2 und 3 nicht dargestellt.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform, wobei die Meßmembrane 32 gewölbt angeordnet ist, um sowohl bei Vakuum als auch bei Überdruck die erforderliche mechanische Beständigkeit zu gewährleisten.

Fig. 4 zeigt in einem Meßdiagramm unterschiedliche durch die jeweils ermittelten Spannungen U - über der Zeit t

aufgetragen - charakterisierte Betriebszustände.

In dem mit I gekennzeichneten Bereich ist eine Kavitation 42 vorhanden, während durch den Bereich II eine Pulsation 44 gekennzeichnet wird.

Der Bereich "III" stellt den Normalbetrieb 46 dar, der innerhalb des Bereiches IV nochmals gesondert als in der eingangs genannten deutschen Offenlegungsschrift 32 36 815 als optimaler Betriebszustand 48 bezeichneter Zustand angegeben ist.

Der Bereich V gibt eine Füllkurve 50 wieder, d.h. es ist ein Zustand dargestellt, wie er sich beim Füllen der saugseitigen Seite der Zentrifugalpumpe 18 in Fig. 1 nach einer nicht ausreichenden Veränderung der Drehzahl einstellt, wenn der Flüssigkeitsstand 20 des Flüssigkeitsbehälters 14 ansteigt.

Das Diagramm 52 in Fig. 5 zeigt den mit der Erfindung verwirklichten Betriebszustand, bei welchem eine minimale Restkavitation 54 ganz bewußt beibehalten wird, und zwar abweichend von dem in Fig. 4 im Bereich IV dargestellten Betriebszustand 48.

In Versuchen konnte festgestellt werden, daß z.B. die Zentrifugalpumpe 18 in Fig. 1 - dort ist aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit der Zeichnung die Regelung nur in einer Stufe dargestellt - bei dem erfindungsgemäßen Verfahren immer in der Nähe des optimalen Betriebspunktes gefahren wird, der sich durch einen maximalen Wirkungsgrad auszeichnet. Als unmittelbare Folge davon sind minimal mögliche Zulaufhöhen für die Flüssigkeitsbehälter 12 und 14 zu erwähnen, was sich in mehrstufigen Milcheindampfanlagen durch reduziertes Flüssigkeitsvolumen, kürzere Durchlaufzeiten mit geringerer Produktschädigung und niedrigerer Produktviskosität bemerkbar macht.

Wenn beispielsweise in Fig. 1 die Anlage zu einem Auffüllen des Flüssigkeitsbehälters 14 führt, wodurch der Druck ansteigt, ergibt sich eine niedrigere Kavitation. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt in diesem Fall eine Regelung in dem Sinne, daß die Drehzahl der Zentrifugalpumpe 18 erhöht wird, so daß die bewußt gewählte Restkavitation 54 beibehalten wird.

Wegen der erhöhten Drehzahl wird auch mehr gefördert, d. h. dem Auffüllen des Flüssigkeitsbehälters 14 wird unmittelbar entgegengetreten, so daß eine minimale Zulaufhöhe erhalten bleibt. Das damit verbundene geringe Niveau

20 gewährleistet eine relativ geringe Totzeit bzw. Verweilzeit der Flüssigkeit.

Ein weiterer bedeutsamer Vorteil der Erfindung ist bei Förderaggregaten gegeben, deren Drehzahl verändert werden kann. Da die Möglichkeit der Messung der Kavitation vorgesehen ist, läßt sich ohne weiteres ein Kavitationsgrenzwert festlegen, bei welchem die Anlage abgeschaltet wird bzw. ein Alarm gegeben wird.

Bei Verwendung einer Wasserringpumpe als Förderaggregat gestattet die Erfindung in vorteilhafter Weise eine erhebliche Einschränkung des Frischwasserverbrauches und des Einsatzes von Ballastgas oder Luft, da die Pumpendrehzahl bei dem erfindungsgemäßen Verfahren soweit herunter geregelt wird, bis die Kapazität der Pumpe mit dem Gas-/Luftanfall übereinstimmt und die Kavitation auf die Restkavitation 54 heruntergedrückt ist.

Metzger, Klaus

433/1

P a t e n t a n s p r ü c h e
=====

1. Verfahren zur Einstellung von Förderaggregaten für den Transport von Flüssigkeiten und/oder Gasen in Rohrleitungen, wobei als Ausgangsgröße für die Einstellung die Kavitation gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Förderaggregat (18) in Abhängigkeit von der gemessenen Kavitation (42;54) so eingestellt wird, daß eine minimale Restkavitation (54) verbleibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Restkavitation (54) in Anpassung an die beim Transport jeweils vorhandenen unterschiedlichen Betriebsbedingungen auf entsprechend verschiedene Werte eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Förderaggregat (18) abgeschaltet wird, wenn die gemessene Kavitation (42) einen einstellbaren Kavitationsgrenzwert überschreitet.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Alarm gegeben wird, wenn die gemessene Kavitation (42) einen einstellbaren Kavitationsgrenzwert überschreitet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kavitation mittels eines Druckaufnehmers gemessen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kavitation auf der Druckseite der Rohrleitung (22) bzw. des Förderaggregates (18) mittels mindestens einer in der Rohrwandung der Rohrleitung (22) angeordneten Meßmembran (32) mit Foliendehnungsmeßstreifen (34) gemessen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Messung der Kavitation entstehende elektrische Spannung (U) einem Mikroprozessor (26) zur Auswertung zugeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (26) das Förderaggregat (18) beeinflusst.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Förderaggregat eine Zentrifugalpumpe (18) verwendet wird, und daß die Drehzahl der Zentrifugalpumpe (18) durch den Mikroprozessor (26) eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Förderaggregat eine Verdrängerpumpe verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Förderaggregat eine Wasserringpumpe (Vakuumpumpe) verwendet wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (26) die Ventileinstellung eines Drosselventiles in der Rohrleitung (22) beeinflusst.

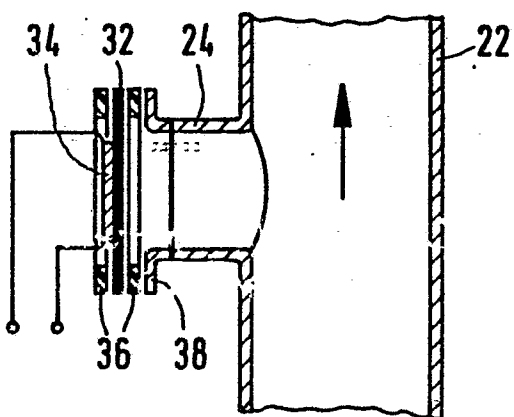
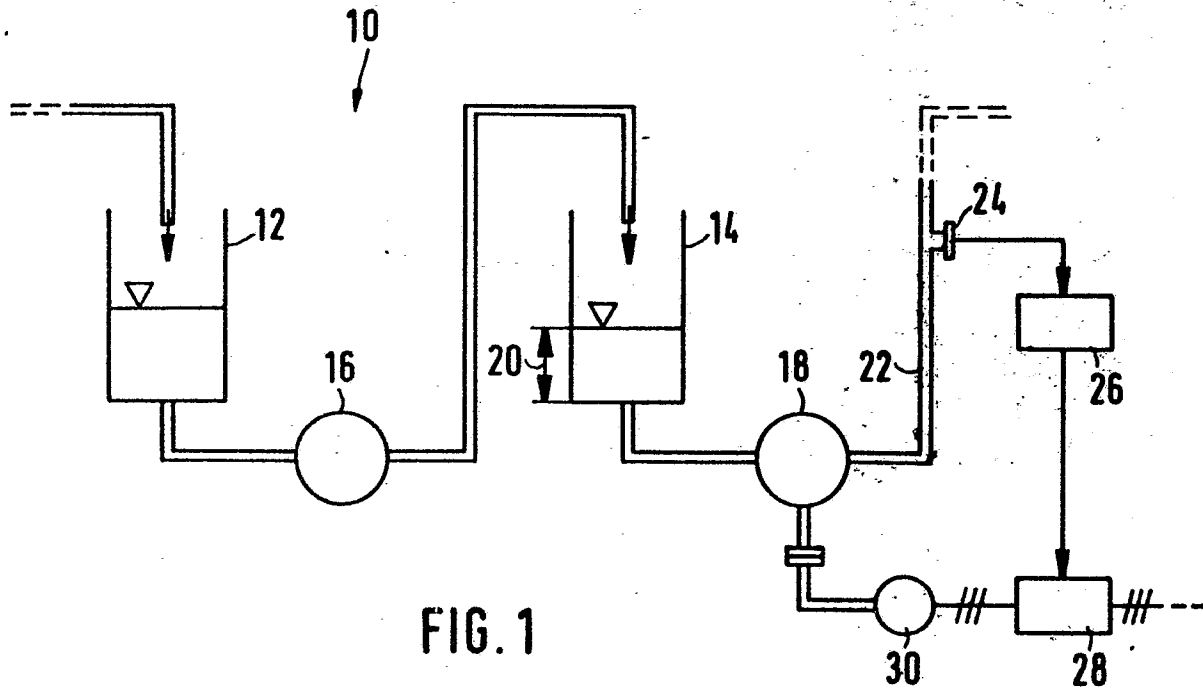


FIG. 2

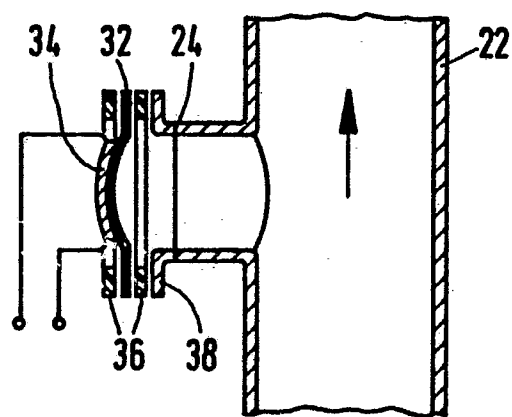


FIG. 3

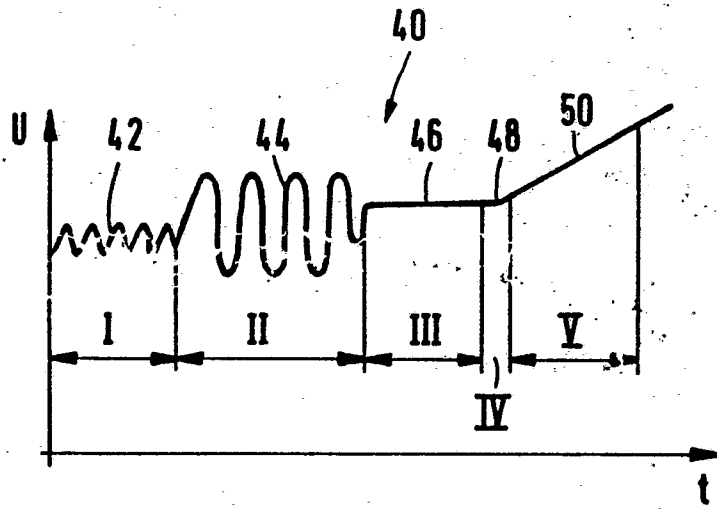


FIG. 4

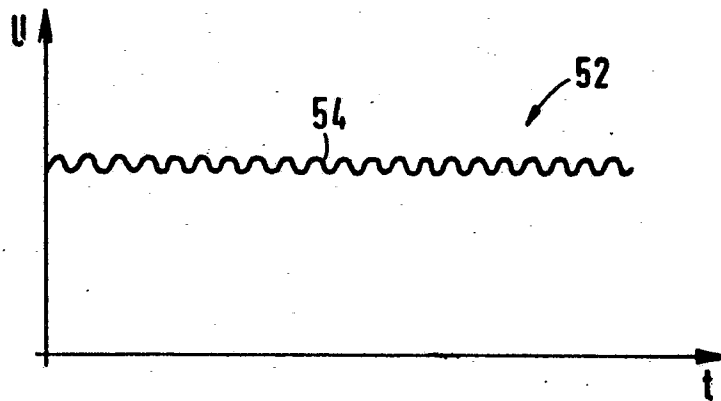


FIG. 5