



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.05.2001 Patentblatt 2001/21

(51) Int Cl.7: **F02M 35/12**

(21) Anmeldenummer: **00124963.0**

(22) Anmeldetag: **16.11.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
 • **Füsser, Rolf**
76332 Bad Herrenalb (DE)
 • **Weber, Olaf, Dr.**
71292 Frielzheim (DE)

(30) Priorität: **20.11.1999 DE 19955900**

(74) Vertreter: **Voth, Gerhard, Dipl.-Ing.**
FILTERWERK MANN + HUMMEL GMBH
Postfach 4 09
71631 Ludwigsburg (DE)

(71) Anmelder: **FILTERWERK MANN & HUMMEL**
GMBH
71638 Ludwigsburg (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung des Schalls im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beeinflussung des Schalls im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors, bei dem die einen Saugpuls verursachenden Betriebszustände im Ansaugtrakt (3) und/oder am Verbrennungsmotor (3) erfasst werden und der Schall durch eine Beeinflussung des Luftstroms (9) im Ansaugtrakt (3) vermindert wird. Die Beeinflussung des Luftstromes (9) wird durch einen zumindest teilweisen Verschluss des Strömungskanals

im Ansaugtrakt (3) zu vorgegebenen, periodisch wiederkehrenden Zeiten bewirkt, in denen kein oder ein geringer Luftmassentransport im Strömungskanal stattfindet. Mit einem Steuerprogramm wird ein Steuersignal zur Amplituden- und Phasensteuerung hinsichtlich des Verschließens und Öffnens des Durchströmungsquerschnitts des Ansaugtraktes (3) zumindest in Abhängigkeit von der Drehzahl des Verbrennungsmotors (1) erzeugt.

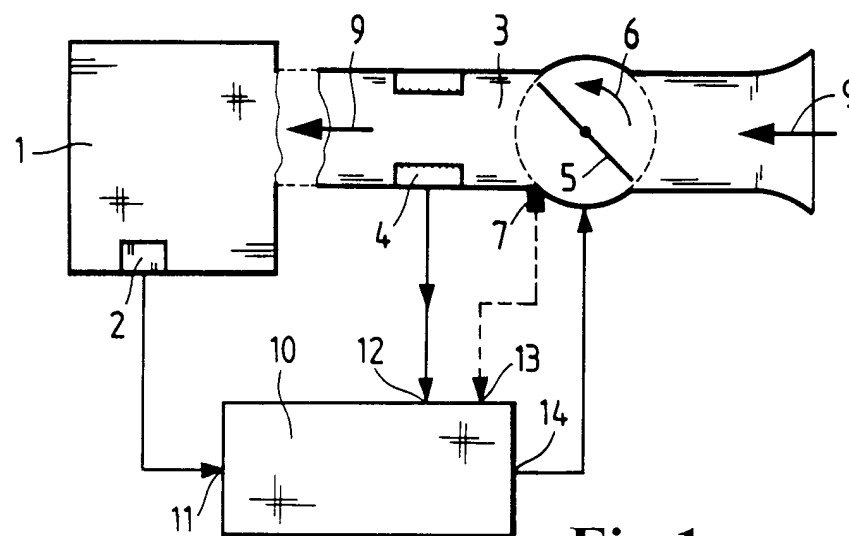


Fig.1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beeinflussung des Schalls im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors, insbesondere hinsichtlich der Geräuschdämpfung oder -verhinderung, nach der Gattung des Verfahrens- und des Vorrichtungsanspruchs.

[0002] Bei Hubkolben-Verbrennungsmotoren werden üblicherweise einige Maßnahmen ergriffen, mit denen insbesondere die Ansauggeräusche im Luftansaugsystem des Verbrennungsmotors vermindert werden können. In der Regel werden hier starre Systeme angewandt, wie z.B. Nebenschluss-Resonatoren oder Abzweigrohre, die einen hohen mechanischen Aufwand und ein relativ großes Bauvolumen erfordern.

[0003] Es ist aus der DE 196 10 292 A1 eine Vorrichtung bekannt, bei dem die Schallverhältnisse des schallführenden Kanals, z.B. des Ansaugtrakts eines Verbrennungsmotors, erfasst und gezielt im Hinblick auf eine Geräuschdämpfung hin beeinflusst werden. Hierzu werden einige Motordaten, wie z.B. die Kurbelwellenstellung, die Luftmenge im Ansaugtrakt, die Stellung der Drosselklappe und ein Restschall am Ausgang des Ansaugtraktes mit geeigneten Detektoren erfasst. In einer Steuerungseinheit können nun diese Daten ausgewertet werden. Die Steuerungseinheit erzeugt ein Signal für einen Lautsprecher im Ansaugtrakt, hier im Bereich des Luftfilters, der damit derart angeregt wird, dass der resultierende Restschall gemindert wird.

[0004] Der Lautsprecher stellt bei der bekannten Anordnung eine schwingende Wand dar, mit der in gewissen Grenzen ein Geräusch, im Prinzip mit Antilärm auslöschar ist. Hierbei können die zuvor erwähnten, von der Geräuschquelle herrührenden Signale eine Vorausberechnung der Schallwellen ermöglichen. Eine solche aktive Beeinflussung eines Schallereignisses mit einer Lautsprechermembran als elektro-akustischer Wandler ist insofern nachteilig, da diese Membran in ihrer Kraft begrenzt und nicht zu einer eingepprägten, rückwirkungsfreien Schwingung fähig ist, die vom Schallereignis nicht beeinflusst wird.

Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beeinflussung des Schalls im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors zu schaffen, bei dem auf einfache Weise eine weitgehend rückwirkungsfreie Schallverminderung oder -auslöschung möglich ist.

Vorteile der Erfindung

[0006] Ausgehend von einer Beeinflussung des Schalls im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors

nach der eingangs angegebenen Art, bei dem die einen Saugpuls verursachenden Betriebszustände im Ansaugtrakt und/oder am Verbrennungsmotor erfasst werden und der Schall durch eine Beeinflussung der akustischen Verhältnisse im Ansaugtrakt vermindert ist, wird die gestellte Aufgabe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Erfindungsgemäß erfolgt die Beeinflussung des Luftstromes durch einen zumindest teilweisen Verschluss des Strömungskanals im Ansaugtrakt. Dies geschieht zu vorgegebenen, im wesentlichen periodisch wiederkehrenden Zeiten, in denen kein oder ein geringer Luftmassentransport im Strömungskanal stattfindet.

[0007] In vorteilhafter Weise wird hierbei die Fläche des Durchströmungsquerschnitts des Ansaugtrakts entsprechend des vom Verbrennungsmotor angesaugten Luftmassenstroms angepasst. Mit einem Steuerprogramm ist auf einfache Weise ein Steuersignal zur Amplituden- und Phasensteuerung hinsichtlich des Verschließens und Öffnens des Durchströmungsquerschnitts des Ansaugtraktes zumindest in Abhängigkeit von der Drehzahl des Verbrennungsmotors, aber auch in Abhängigkeit von weiteren Größen, erzeugbar.

[0008] Das Verschließen und Öffnen erfolgt hierbei mit einer geeigneten ersten Frequenz und die Schwingweiten über den halben und den viertel Durchströmungsquerschnitt des Ansaugtraktes werden in vorteilhafter Weise mit Vielfachen dieser ersten Frequenz gewählt. Das Steuerprogramm kann weiterhin auf einfache Weise eine Verschiebung der Nulllage der Schwingungen des Luftmassenstroms mit der Änderung der Drehzahl berücksichtigen. Besonders im Vollastbetrieb des Verbrennungsmotors sind in der Tendenz auch die Pulsationsamplitude und der Luftmassenstrom mit der Motordrehzahl monoton steigend, so dass auch die Nulllage der Schwingauslenkung eingestellt werden muss.

[0009] Die direkte Form der Ansteuerung des zuvor beschriebenen geräuschlosen Wandlers wäre die Eingabe von Daten aus einem Kennfeld, das alle akustischen Ereignisse abdeckt. Dazu müssten eine Fülle von Werten abgelegt sein, die einen elektronischen Speicher sehr aufwendig machen würde. Eine reine Regelung verlangt zwar den geringsten Speicherdatenumfang ist aber zeitkritisch. In vorteilhafter Weise kann erfindungsgemäß die Beeinflussung des Schalls derart durchgeführt werden, dass die Daten des Verbrennungsmotors und des Ansaugtraktes unter Zugrundelegung eines zuvor ermittelten akustischen Modells für die schallführenden Teile ausgewertet werden und damit das Steuerprogramm ausgeführt wird.

[0010] Mit der Erzeugung eines akustischen Modells, wie es für sich gesehen aus der DE 197 52 142 A1 bekannt ist, können diese Nachteile für die Gewinnung eines akustischen Löschungssignals im allgemeinen und somit auch in diesem Fall vermieden werden. Das abgespeicherte Rechenmodell der schallführenden Teile reagiert auf alle erforderlichen Eingaben wie dem Dreh-

puls des Verbrennungsmotors, der Drosselklappenstellung und der Lufttemperatur im Ansaugtrakt mit einem Ausgangssignal, das der Schallabstrahlung der unbeflügelten Anlage entspricht.

[0011] Dieses Ausgangssignal steht dank der hohen möglichen Rechengeschwindigkeit rechtzeitig zur Verfügung und kann entweder die Form eines periodischen Zeitsignals oder die Form einer Liste der komplexen Zahlen des Frequenzbereiches haben. In jeder dieser Formen kann es zur Bestimmung des Löschungssignales eingesetzt werden. Die Abweichung des Mikrofonsignals vom Lösungsziel kann durch eine Verfeinerung und Anpassung des akustischen Modells gering gehalten werden. Vorteilhaft ist hier, dass der Regelkreis nur wenig beansprucht wird und der Datenspeicheraufwand im Vergleich zum Aufwand für ein Kennfeld gering ist.

[0012] Mit einer vorteilhaften Vorrichtung zur Durchführung des zuvor angegebenen Verfahrens wird im Ansaugtrakt ein in Amplitude und Phasenlage steuerbares, rückwirkungsfreies Stellelement angeordnet, mit dem die Schallereignisse beeinflussbar sind. Eine solche Methode der Geräuschverminderung oder auch -verhinderung mit nur einem Bauteil ist im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors durchführbar, da das Geräuscheignis nur längs eines Kanalsystems auftritt und daher auch nur ein Einwirkungsort erforderlich ist.

[0013] Mittels der Steuersignale, die im Bereich der Geräuschquelle Verbrennungsmotor und der angeschlossenen Ansaugbauteile erfasst sind, lässt sich über ein entsprechendes Steuerprogramm in einer Steuereinrichtung das Stellelement derart führen, dass es schwingend auf die vom Verbrennungsmotor herkommende Schallwelle einwirkt ohne den Luftmassenstrom wesentlich zu behindern. Die Amplitude und die Phasenlage der Bewegung des Stellgliedes wird für die verschiedenen Einzeltöne des Motorgeräusches dabei so eingestellt, dass möglichst immer eine Löschung eintritt und somit die Schallwelle an der Ausbreitung gehindert wird.

[0014] Die möglichen Gestaltungsformen der Stellelemente müssen dabei eine möglichst große Anpassungsfähigkeit zur Steuerung des Durchströmungsquerschnitts im Ansaugtrakt, entsprechend des aktuellen vom Verbrennungsmotor angesaugten Luftstroms, aufweisen. Somit können die Schwingwellenamplituden des Stellgliedes in vorteilhafter Weise zur Verminderung des Geräusches im Ansaugtrakt wirksam werden.

[0015] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Stellelement in vorteilhafter Weise eine ein- oder mehrachsige Klappe, die durch Rotation um mindestens eine Achse zwischen einem Verschluss und einer Freigabe des Durchströmungsquerschnitts steuerbar ist.

[0016] Vorteilhaft kann auch eine Ausführungsform sein. Bei der das Stellelement ein quer zur Strömungsrichtung bewegter Kolben, Schieber oder eine ähnliche Vorrichtung ist, die durch eine Bewegung in Hubrichtung zwischen einem Verschluss und einer Freigabe des

Durchströmungsquerschnitts steuerbar ist.

[0017] Weiterhin besteht in vorteilhafter Weise die Möglichkeit, dass das Stellelement eine Irisblende ist, die durch eine entsprechende Führung der Blendlamellen zwischen einem Verschluss und einer Freigabe des Durchströmungsquerschnitts steuerbar ist.

[0018] Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

[0019] Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Beeinflussung des Schalls in einem Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors wird anhand der Figur der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipskizze mit einem schematisch dargestellten Verbrennungsmotor, einem Ansaugtrakt und einer Steuereinheit für ein Stellglied zur Beeinflussung des Schalls;

Figur 2 eine Detailskizze des Stellgliedes in Form einer drehbaren Klappe;

Figur 3 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Saugströmung im Ansaugtrakt;

Figur 4 eine Vektordarstellung der harmonischen Anteile des Schalls im Ansaugtrakt in einer komplexen Ebene und

Figur 5 eine Darstellung der Einhüllenden der Scheitelwerte des Volumenstromes der Saugströmung im Ansaugtrakt.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0020] In Figur 1 ist schematisch im Block 1 ein Verbrennungsmotor angedeutet, bei dem beispielsweise die Kurbelwellenstellung und -drehgeschwindigkeit mit in herkömmlicher Weise aufgebauten Detektionsmitteln 2 erfasst wird. Über einen Ansaugtrakt 3 wird die zur Verbrennung im Motor 1 notwendige Luft mit durch die Hubkolbenbewegung des Verbrennungsmotors 1 bewirkten Saugimpulsen angesaugt. Der hierdurch verursachte Luftmassenstrom wird mit einem Luftmassensensor 4 insbesondere hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs erfasst.

[0021] Im Strömungskanal des Ansaugtraktes 3 nach der Figur 1 ist ein Stellglied 5 vorhanden, das im gezeigten Ausführungsbeispiel eine gemäß Pfeil 6 rotierende

Klappe ist. Die Stellung der Klappe 5 kann hier mit einem Sensor 7 erfasst werden, wobei für den Fall, dass die Klappe 5 mit einem Schrittmotor angetrieben wird, dieser Sensor 7 auch entfallen kann. Weiterhin ist eine Steuereinheit 10 vorhanden, bei der an einem Eingang 11 das Signal der Kurbelwellenstellung, an einem Eingang 12 das Ausgangssignal des Luftmassensensors 4, an einem Eingang 13 das Signal des Stellgliedsensors 7 und an einem Ausgang 14 das Steuersignal für die drehbare Klappe 5 anliegt.

[0022] Bei der Darstellung nach Figur 2 ist die Klappe 5 im Detail in verschiedenen Drehstellungen im Ansaugtrakt 3 gezeigt. Die Stellung 5.1 zeigt eine vollständig geöffnete Klappe 5, die Stellung 5.2 eine halb geöffnete Klappe 5 und die Stellung 5.3 eine geschlossene Klappe 5. Der Luftmassenstrom nach den Pfeilen 9 kann hier weitgehend, wie weiter unten erläutert, die Klappe 5 passieren, jedoch werden Schallwellen 15, die das von den Saugpulsen verursachte Motorgeräusch darstellen, an der Klappe mittels einer geeigneten, zeitlich gesteuerten Klappensteuerung an der weiteren Ausbreitung zumindest gehindert.

[0023] Mittels der Steuersignale am Ausgang 14 der Steuereinheit 10 wird über ein Steuerprogramm die Rotation der Klappe 5 derart geführt, dass es schwingend auf die vom Verbrennungsmotor herkommende Schallwelle 15 einwirkt ohne den Luftmassenstrom 9 wesentlich zu behindern. Die Amplitude und die Phasenlage der Bewegung der Klappe 5 wird für die verschiedenen Einzeltöne des Motorgeräuschs dabei so eingestellt, dass möglichst immer eine Löschung eintritt und somit die Schallwelle 15 an der Ausbreitung gehindert wird.

[0024] Zur Erläuterung der akustischen Bedingungen im Ansaugtrakt und der Einwirkungsmöglichkeiten sind in Figuren 3 bis 4 einige Diagramme gezeigt, die die Struktur der Schallwellen 15 zeigen.

[0025] Die Figur 3 zeigt ein Zeitsignal 20 in einem sinnvollen Zeitsignal-Zyklus T, das von der Motordrehzahl abhängt. Die im Zeitsignal enthaltene dominierende Schwingung hat die Frequenz der von den Zylindern des Verbrennungsmotors 1 ausgehenden Pulsation des Luftmassenstroms 9. Die anderen überlagerten Schwingungen sind hierbei zwar schwächer, jedoch haben auch sie eine zu berücksichtigende akustische Bedeutung. In der Figur 4 sind in einem komplexen Vektordiagramm mit dem Imaginäranteil auf der Senkrechten und dem Realanteil auf der Waagerechten die erste harmonische Oberwelle 21, die zweite harmonische Oberwelle 22, die dritte harmonische Oberwelle 23 und die vierte harmonische Oberwelle 24 gezeigt. Es ist hieraus erkennbar, dass insbesondere die vierte harmonische Oberwelle 24 einen erheblichen Anteil am Motorgeräusch aufweist.

[0026] Im Diagramm nach der Figur 5 ist der Pulsationsvolumenstrom $\pm V$ über der Motordrehzahl U/min aufgezeichnet, wobei hier insbesondere der Pulsationsvolumenstrom, der durch die vierte harmonische Oberwelle 24 hervorgerufen ist zwischen den Linien 30 und

der Pulsationsvolumenstrom, der das Gesamtereignis unter Einschluss des schraffierten Bereichs darstellt, zwischen den Linien 31 gezeigt ist. Es ist hier außerdem erkennbar, dass die Schwingungen jeweils nur bei einer Motordrehzahl eine feste Nulllage aufweisen und dass die Nulllage der Schwingungen mit steigender Drehzahl ansteigt. Es können hierbei diverse, durch gestrichelte Linien 32 angedeutete Resonanzen auftreten, die den Schwingungsausschlag beim Erreichen bestimmter Frequenzen um ein mehrfaches ansteigen lassen können.

[0027] Für das Steuersignal zur Amplituden- und Phasensteuerung der Klappe 5 am Ausgang 14 der Steuereinheit 10 ergeben sich mit dem zuvor gesagten eine Reihe von Randbedingungen, die mit einem geeigneten Steuerprogramm berücksichtigt werden können. Beispielsweise soll das Verschließen und Öffnen der Klappe 5 mit einer geeigneten ersten Frequenz erfolgen und die Schwingweiten über den halben und den viertel Querschnitt des Ansaugtraktes 3 mit Vielfachen dieser ersten Frequenz. Eine geeignete Steuerung bei realistischen Motordrehzahlen kann z.B. mit einer ersten Frequenz von 100 Hz zum Verschließen und Öffnen, einer zweiten Frequenz von 200 Hz für die Schwingweite über den halben Querschnitt und einer dritten Frequenz von 400 bis 800 Hz für die Schwingweite über ein Viertel des Querschnitts erfolgen.

[0028] Die anhand der Figur 5 erwähnte Verschiebung der Nulllage der Schwingungen des Saugpulses kann mit einem entsprechenden Nulllagenversatz mit der Änderung der Motordrehzahl vorgenommen werden. Die erforderliche Kenngrößen zur Bearbeitung im Steuerprogramm der Steuereinheit 10 stehen, wie anhand der Figur 1 beschrieben, zur Verfügung, wobei im Prinzip im Falle der Hinterlegung von Ereignisdaten in Form von Kennfeldern auch nur die Erfassung und Verarbeitung der Motordrehzahl hier zu befriedigenden Ergebnissen führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung des Schalls im Ansaugtrakt eines Verbrennungsmotors, bei dem
 - die einen Saugpuls verursachenden Betriebszustände im Ansaugtrakt (3) und/oder am Verbrennungsmotor (3) erfasst werden und der Schall durch eine Beeinflussung der akustischen Verhältnisse im Ansaugtrakt (3) vermindert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die Beeinflussung des Schalls durch einen zumindest teilweisen Verschluss des Strömungskanals im Ansaugtrakt (3) zu vorgegebenen, periodisch wiederkehrenden Zeiten erfolgt, in denen kein oder ein geringer Luftmassentransport im Strömungskanal stattfindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- entsprechend des vom Verbrennungsmotor (1) angesaugten Luftmassenstroms die Fläche des Durchströmungsquerschnitts des Ansaugtrakts (3) angepasst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- mit einem Steuerprogramm ein Steuersignal zur Amplituden- und Phasensteuerung hinsichtlich des Verschließens und Öffnens des Durchströmungsquerschnitts des Ansaugtraktes (3) zumindest in Abhängigkeit von der Drehzahl des Verbrennungsmotors (1) erzeugt wird, wobei
- das Verschließen und Öffnen mit einer geeigneten ersten Frequenz erfolgt und die Schwingweiten über den halben und den viertel Durchströmungsquerschnitt des Ansaugtraktes (3) mit Vielfachen dieser ersten Frequenz erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Steuerprogramm zur Amplituden- und Phasensteuerung hinsichtlich des Verschließens und Öffnens des Durchströmungsquerschnitts eine Verschiebung der Nullage der Schwingungen des Luftmassenstroms mit der Änderung der Drehzahl des Verbrennungsmotors (1) berücksichtigt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Steuerprogramm das Verschließen und Öffnen des Durchströmungsquerschnitts derart steuert, dass eine erste Frequenz von 100 Hz zum Verschließen und Öffnen des Durchströmungsquerschnitts, eine zweite Frequenz von 200 Hz für die Schwingweite über den halben Querschnitt und eine dritte Frequenz von 400 bis 800 Hz für die Schwingweite über ein Viertel des Querschnitts erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Beeinflussung des Schalls derart durchgeführt wird, dass die Daten des Verbrennungsmotors und des Ansaugtraktes unter Zugrundelegung eines zuvor ermittelten akustischen Modells für die schallführenden Teile ausgewertet werden und damit das Steuerprogramm ausgeführt wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- im Ansaugtrakt (3) ein in Amplitude und Phasenlage steuerbares, rückwirkungsfreies Stellement (5) vorhanden ist, mit dem der Luftmassenstrom (9) beeinflussbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Stellement eine ein- oder mehrachsige Klappe (5) ist, die durch Rotation um mindestens eine Achse zwischen einem Verschluss und einer Freigabe des Durchströmungsquerschnitts steuerbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Stellement ein quer zur Strömungsrichtung bewegter Kolben, Schieber oder ähnliche Vorrichtung ist, die durch eine Bewegung in Hubrichtung zwischen einem Verschluss und einer Freigabe des Durchströmungsquerschnitts steuerbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Stellement eine Irisblende ist, die durch eine entsprechende Führung der Blendlamellen zwischen einem Verschluss und einer Freigabe des Durchströmungsquerschnitts steuerbar ist.

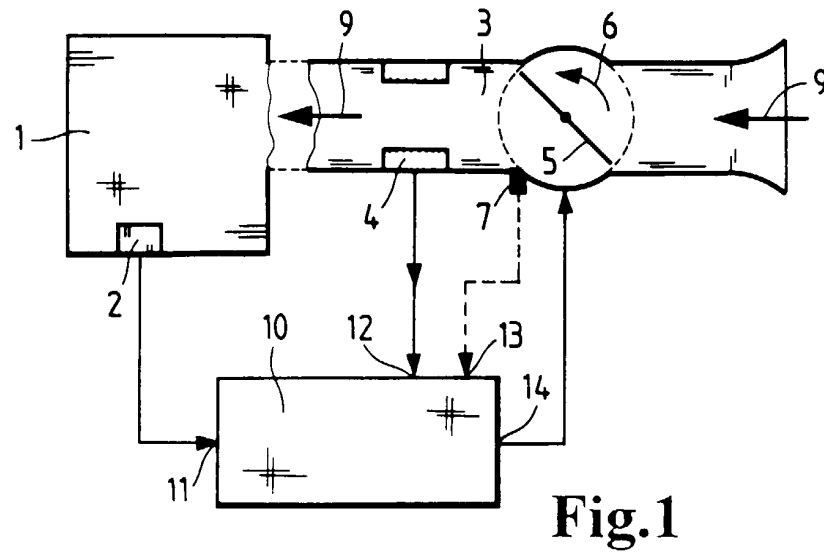


Fig.1

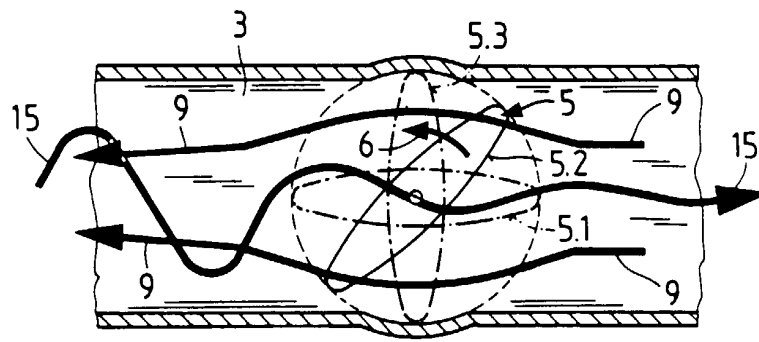


Fig.2

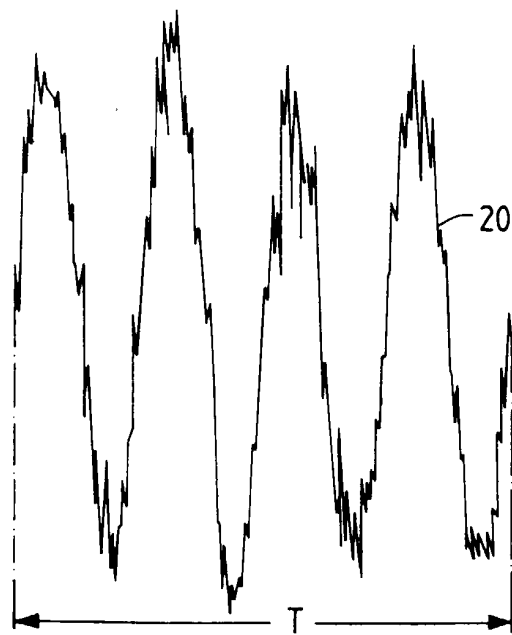


Fig.3

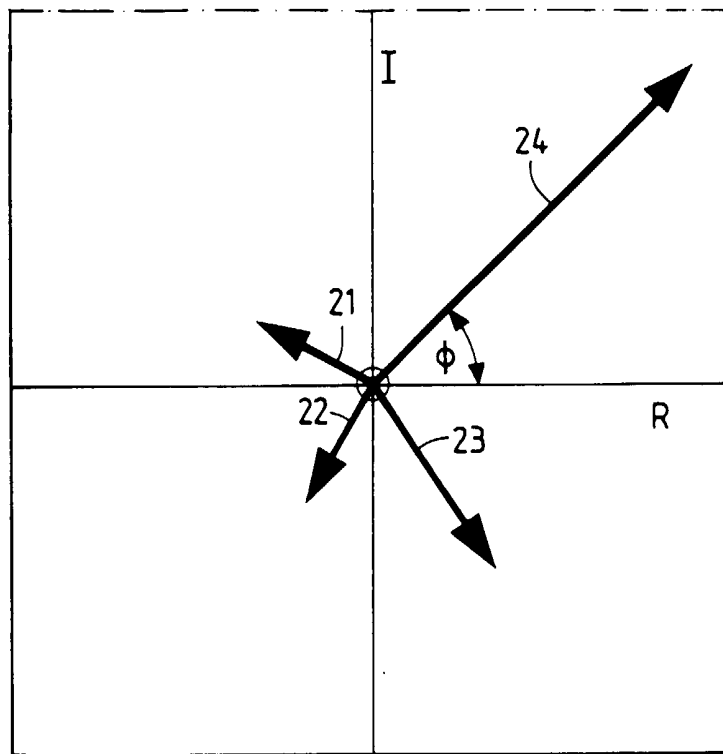


Fig.4

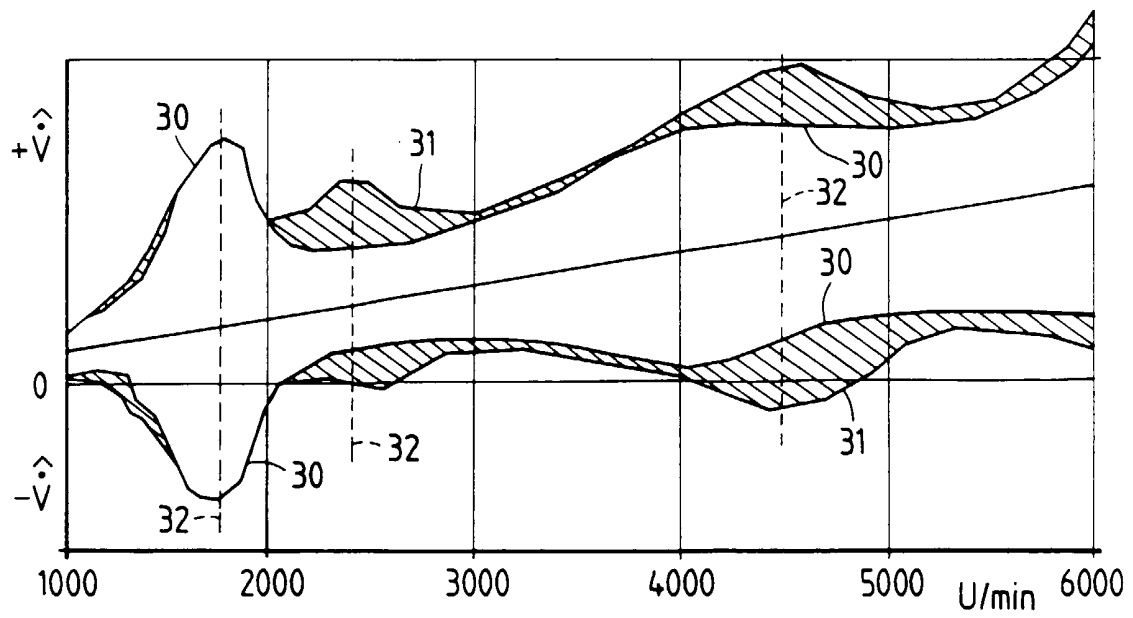


Fig.5