

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 457 A2

(51) Int. Cl.: G05D 7/00 (2006.01)
F23R 3/28 (2006.01)
F15C 3/16 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01073/10

(22) Anmeldedatum: 01.07.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.01.2011

(30) Priorität: 08.07.2009 US 12/499,152

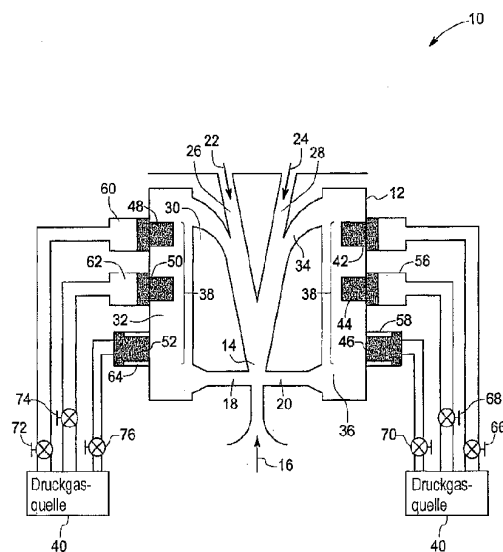
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Joel Meier Haynes, Schenectady, New York 12304 (US)
Ciro Cerretelli, 25088 Toscolano Maderno (BS) (IT)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) Abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem.

(57) Ein abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem (10) enthält einen fluidischen Oszillator (12), der eine bewegbare Begrenzungswand (38) aufweist. Eine Druckgasquelle (40) ist mit der bewegbaren Begrenzungswand (38) verbunden und dazu eingerichtet, einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand (38) zu liefern, um die Begrenzungswand (38) zu betätigen. Die Begrenzungswand (38) lässt sich betätigen, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator (12) zu variieren, um so die Frequenz einer Strömung eines durch den fluidischen Oszillator (12) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern. Ein Teil eines Fluids wird um den fluidischen Oszillator (12) umgeleitet, um so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator (12) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein ein abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem und insbesondere einen abstimmbaren fluidischen Oszillator zur Steuerung dynamischer Druckschwankungen in einer Brennkammer, eines Widerstandes einer Fluidgrenzschicht oder Kombinationen von diesen.

[0002] In einer Anwendung, die eine Verbrennung umfasst, stellt die magere vorgemischte Verbrennung (LPC, lean pre-mixed combustion) momentan eines der erfolgversprechendsten Konzepte zur deutlichen Reduktion von Emissionen unter Aufrechterhaltung eines hohen Wirkungsgrads für Gasturbinenbrennkammern dar. Dieser Verbrennungsmodus wird mit einem Luftüberschuss betrieben, um Flammentemperaturen in Brennkammern auf akzeptable Niveaus von gewöhnlich weniger als 1800 Kelvin zu reduzieren. Bei diesen Flammentemperaturen ist die Erzeugung von thermischem NOX (Stickoxiden) praktisch ausgeschlossen; und die Erzeugung von promptem NOX ist vernachlässigbar. Diesem wesentlichen Vorteil können verschiedene mögliche Nachteile gegenüberstehen. LPC-Systeme können Probleme mit der Flammenstabilität und mit Lärm haben und können dynamische Systemantworten (Verbrennungsinstabilität) zeigen.

[0003] Verbrennungsdynamik (oder -instabilität) ist ein bei den mager vorgemischten Verbrennungssystemen angetroffenes, allgemein bekanntes Problem, das zu Betriebsbeschränkungen und sogar zu möglichen Ausfallzeiten der Systemteile führt. Schwankungen des Brennstoff-Luft-Verhältnisses können beim Antreiben der Verbrennungsdynamik eine grundlegende Rolle spielen. Herkömmliche Lösungsansätze zur Unterdrückung der Dynamik umfassen die Verwendung mechanisch betätigter Systeme zur Erzeugung von Brennstoffflussschwankungen, um die Stabilität anzutreiben. Jedoch haben die mechanisch betätigten Systeme die Nachteile, dass die charakteristische Ansprechfrequenz und Lebensdauer mechanisch betätigter Systeme begrenzt sind.

[0004] In einer anderen Anwendung werden z.B. Kreiselverdichter eingesetzt, um den Druck eines gasförmigen Fluids, wie beispielsweise Luft, zur Beförderung zu erhöhen oder um ein Fluid zu einer stromabwärts gelegenen Vorrichtung, wie beispielsweise einer Brennkammer oder einer Turbine, zu liefern. Einer der Nachteile, die bei der Verwendung von Kreiselverdichtern für Anwendungen, in denen die Verdichtungsbelastung über einen weiten Bereich variiert, entstehen, ist die Strömungsdestabilisierung (d.h. Strömungsablösung) im Verlauf durch den Verdichter. Herkömmliche Methoden zur Unterdrückung der Strömungsdestabilisierung umfassen die Verwendung mechanisch betätigter Systeme zur Erzeugung eines pulsierenden Gasstroms und zur Stabilisierung der Strömung durch den Verdichter. Jedoch haben die mechanisch betätigten Systeme die Nachteile, dass die charakteristische Ansprechfrequenz und die Lebensdauer mechanisch betätigter Systeme begrenzt sind.

[0005] Demgemäss besteht ein Bedarf nach einem abstimmbaren Fluiddurchflussteuersystem.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem offenbart. Das Steuersystem enthält einen fluidischen Oszillator (auch als Fluidoszillator oder Durchflusoszillator bezeichnet), der eine bewegbare Begrenzungswand aufweist. Eine Druckgasquelle ist mit der bewegbaren Begrenzungswand gekoppelt und dazu eingerichtet, einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Wand zu liefern, um die Begrenzungswand zu betätigen bzw. in Bewegung zu setzen. Die Begrenzungswand lässt sich betätigen, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator zu verändern, um so die Frequenz der Strömung eines pulsierenden Fluids durch den fluidischen Oszillator zu steuern. Ein Teil eines Fluids wird um den fluidischen Oszillator umgeleitet, um so die Amplitude der Strömung eines pulsierenden Fluids, das durch den fluidischen Oszillator erzeugt wird, zu steuern.

[0007] Gemäss einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein abstimmbares Brennstoffdurchflussteuersystem zur Steuerung einer Verbrennung in wenigstens einer Brennkammer offenbart.

[0008] Gemäss einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein abstimmbares Fluid-durchflussteuersystem zur Steuerung des Widerstands wenigstens einer Fluidgrenzschicht offenbart.

[0009] Gemäss einer anderen beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Fluiddurchflussteuersystem in Form eines offenen Regelkreises offenbart. Das Steuersystem enthält einen Sensor, der eingerichtet ist, um dynamische Druckschwankungen wenigstens einer Brennkammer, einen Widerstand wenigstens einer Fluidgrenzschicht oder Kombinationen hiervon zu erfassen. Eine Druckgasquelle ist mit einer bewegbaren Begrenzungswand eines fluidischen Oszillators gekoppelt und dazu eingerichtet, einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand zu liefern, um die Begrenzungswand zu betätigen bzw. in Bewegung zu setzen. Ein Teil eines Fluids wird um den fluidischen Oszillator umgeleitet, um so die Amplitude einer Strömung eines durch den fluidischen Oszillator erzeugten pulsierenden Fluids auf der Basis eines Amplitudensollwertes zu steuern. Die Begrenzungswand ist betätigbar, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator zu variieren, um so die Frequenz der Strömung des pulsierenden Fluids, das durch den fluidischen Oszillator erzeugt wird, auf der Basis eines Frequenzsollwertes zu steuern. Die Frequenz, die Amplitude der Strömung des pulsierenden Fluids oder Kombinationen von diesen wird/werden gesteuert, um dynamische Druckschwankungen der wenigstens einer Brennkammer, den Widerstand der wenigstens einer Fluidgrenzschicht oder Kombinationen von diesen zu kontrollieren bzw. zu steuern.

[0010] Gemäss einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Fluiddurchflussregelsystem in Form eines geschlossenen Regelkreises offenbart. Eine Steuer- bzw. Regeleinrichtung ist mit dem Sensor und dem fluidischen Oszillator gekoppelt. Die Steuer-/Regeleinrichtung ist eingerichtet, um den Durchfluss eines Teils eines Fluids, der den fluidischen Oszillator umströmt, in Abhängigkeit von einer Sensorausgabe derart zu steuern bzw. zu regeln, dass die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator erzeugten pulsierenden Fluids gesteuert wird. Die Steuer-/Regeleinrichtung ist ferner dazu eingerichtet, eine Betätigung der Begrenzungswand in Abhängigkeit von der Sensorausgabe zu steuern, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator zu verändern, um so die Frequenz der Strömung des pulsierenden Fluids, das durch den fluidischen Oszillator erzeugt wird, zu steuern.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verstanden, wenn die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen in den verschiedenen Zeichnungsansichten gleiche Teile bezeichnen und worin zeigen:

- Fig. 1 eine schematisierte Darstellung eines abstimmbaren Fluiddurchflusssteuersystems, das einen fluidischen Oszillator mit mehreren Kolben und Zylindern aufweist, gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 eine schematisierte Darstellung eines abstimmbaren Fluiddurchflusssteuersystems, das einen fluidischen Oszillator mit einer Membran aufweist, gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 3 eine schematisierte Darstellung eines abstimmbaren Fluiddurchflusssteuersystems, das einen fluidischen Oszillator mit wenigstens einem Faltenbalg aufweist, gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 4 eine schematisierte Darstellung eines abstimmbaren Fluiddurchflusssteuersystems zur Verbrennungssteuerung in einer Brennkammer gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 5 eine schematisierte Darstellung eines abstimmbaren Fluiddurchflusssteuersystems zur Grenzschichtablässtungssteuerung gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 6 eine schematisierte Darstellung eines offenen abstimmbaren Fluiddurchflusssteuersystems gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und
- Fig. 7 eine schematisierte Darstellung eines geschlossenen abstimmbaren Fluiddurchflussregelsystems gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0012] Wie nachstehend in Einzelheiten erläutert, offenbaren bestimmte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ein abstimmbares Fluiddurchflusssteuer- bzw. -regelsystem mit einem fluidischen Oszillator. Der fluidische Oszillator enthält eine bewegbare Begrenzungswand. Mit der bewegbaren Begrenzungswand ist eine Druckgasquelle verbunden, die eingerichtet ist, um einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand zu liefern, um die Begrenzungswand zu betätigen bzw. in Bewegung zu setzen. Die Begrenzungswand lässt sich betätigen, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator zu verändern, um so die Frequenz der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator strömenden pulsierenden Fluids zu steuern bzw. zu regeln. Ein Teil eines Fluids wird um den fluidischen Oszillator umgeleitet, um so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern. Gemäss einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung liefert ein abstimmbarer fluidischer Oszillator einen pulsierenden Fluidstrom zu einem interessierenden Ziel mit einer Frequenz, Amplitude oder mit Kombinationen hiervon, die durch einen Bediener unter Verwendung des Steuersystems gewählt wird bzw. werden. Gemäss bestimmten weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann das abstimmbare Fluiddurchflusssteuersystem als ein Regelsystem mit geschlossenem Regelkreis betrieben werden. In einer Ausführungsform kann ein derartiges abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem zur Bereitstellung eines pulsierenden Brennstoffstroms besonders nützlich sein, um so eine Verbrennung innerhalb wenigstens einer Brennkammer zu stabilisieren. In einer weiteren Ausführungsform kann das beispielhafte abstimmbare Fluiddurchflusssteuersystem dazu verwendet werden, einen pulsierenden Fluidstrom zu liefern, um wenigstens eine Fluidgrenzschicht zu steuern, um so den Widerstand der wenigstens einen Fluidgrenzschicht zu reduzieren.

[0013] Indem nun auf Fig. 1 Bezug genommen wird, ist dort ein beispielhaftes abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem 10 offenbart. Das Steuersystem 10 enthält einen fluidischen Oszillator 12, der eingerichtet ist, um den Durchfluss eines Fluidstroms zu einem interessierenden Ziel zu steuern bzw. zu regeln. Der fluidische Oszillator 12 enthält ein erstes Halsstück bzw. eine erste Verengung 14 sowie eine erste Eingangsöffnung 16, eine erste Steueröffnung 18 und eine zweite Steueröffnung 20, die jeweils mit der ersten Verengung 14 verbunden sind. Der fluidische Oszillator 12 enthält

ferner eine erste Ausgangsöffnung 22 und eine zweite Ausgangsöffnung 24, die über einen ersten Ausgangskanal 26 bzw. einen zweiten Ausgangskanal 28 mit der ersten Verengung 14 verbunden sind. Der fluidische Oszillator 12 enthält ferner eine erste Rückführleitung 30, die den ersten Ausgangskanal 26 mit einer ersten Rückführkammer 32 verbindet, und eine zweite Rückführleitung 34, die den zweiten Ausgangskanal 28 mit einer zweiten Rückführkammer 36 verbindet.

[0014] Der fluidische Oszillator 12 ist, betrachtet unter dem Gesichtspunkt der Veranschaulichung, durch einen Flipflop-artigen fluidischen Umleitmechanismus gebildet, bei dem das Steuerfluid von der Eingangsöffnung 16 auf einen Keil geblasen wird, der zwischen den beiden abzweigenden Ausgangskanälen 26 und 28 ausgebildet ist, die über die Ausgangsöffnungen 22 bzw. 24 zu der Umgebung münden. Aufgrund des Wandhaftungsphänomens, das gewöhnlich als der Coanda-Effekt bekannt ist, zweigt die Strömung des Steuerfluids zu einer der beiden Ausgangsöffnungen 22 und 24 ab. Durch Anlegen des passenden Drucks an die Steueröffnungen 18 und 20 ist es möglich, die Strömung des Steuerfluids zu der anderen Ausgangsöffnung und umgekehrt umzuleiten. Da die fluidischen Oszillatoren symmetrisch sind, wird im Dauerzustand die Richtungsänderung der Steuerfluidströmung durch die beiden Ausgangsöffnungen jedes fluidischen Oszillators bei einer gewissen Frequenz aufrechterhalten. Durch richtige Auslegung kann der fluidische Oszillator 12 veranlasst werden, alternierende Strömungsimpulse aus jeder der Ausgangsöffnungen mit einer bestimmten gewünschten Frequenz, Amplitude oder Kombinationen von diesen ausströmen zu lassen. Obwohl ein einzelner fluidischer Oszillator veranschaulicht ist, kann das Steuersystem 10 eine Reihe derartiger Fluidoszillatoren enthalten.

[0015] Der fluidische Oszillator 12 enthält eine bewegbare Begrenzungswand 38 und eine Druckgasquelle 40, die mit der bewegbaren Begrenzungswand 38 verbunden ist. In der veranschaulichten Ausführungsform enthält die bewegbare Begrenzungswand 38 mehrere Kolben 42, 44, 46, 48, 50, 52, die betätigbar bzw. bewegbar in Zylindern 54, 56, 58, 60, 62 bzw. 64 angeordnet sind. Die Zylinder 54, 56, 58 sind mit der Druckgasquelle 40 über mehrere zugehörige Frequenzsteuervorrichtungen, wie beispielsweise Frequenzsteuerventile 66, 68, 70, gekoppelt. In ähnlicher Weise sind die Zylinder 60, 62, 64 mit der Druckgasquelle 40 über mehrere zugehörige Frequenzsteuerventile 72, 74, 76 gekoppelt. In einigen Ausführungsformen kann jeder Zylinder mit einer gesonderten Druckgasquelle 40 verbunden sein. Die Druckgasquelle 40 ist dazu eingerichtet, einen Druckgasstrom zu den Zylindern 54, 56, 58, 60, 62, 64 zu liefern. Die Frequenzsteuerventile 66, 68, 70 sind eingerichtet, um die Gasströmung, die den entsprechenden Zylindern 54, 56, 58 zugeführt wird, zu steuern und um die Betätigung der entsprechenden Kolben 42, 44, 46 einzeln zu steuern. In ähnlicher Weise sind die Ventile 72, 74, 76 dazu eingerichtet, die zu den entsprechenden Zylindern 60, 62, 64 zugeführte Gasströmung zu steuern und die Betätigung der entsprechenden Kolben 48, 50, 52 individuell zu steuern.

[0016] Wenn das Druckgas von der Quelle 40 zu den Zylindern 54, 56, 58, 60, 62, 64 befördert wird, werden die Kolben 42, 44, 46, 48, 50, 52 von den zugehörigen Zylindern 54, 56, 58, 60, 62, 64 in Richtung auf die Kammern 32, 36 bewegt, um so ein Hohlraumvolumen der Kammern 32, 36 zu reduzieren. Wenn Druckgas nicht von der Quelle 40 zu den Zylindern 54, 56, 58, 60, 62, 64 befördert wird, werden die Kolben 42, 44, 46, 48, 50, 52 von den Kammern 32, 36 in die zugehörigen Zylinder 54, 56, 58, 60, 62, 64 hinein bewegt, um so ein Hohlraumvolumen der Kammern 32, 36 zu vergrößern. In anderen Worten lässt sich die Begrenzungswand 38 betätigen bzw. in Bewegung setzen, um ein Hohlraumvolumen der Kammern 32, 36 zu variieren, um so die Frequenz der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 12 gespeisten pulsierenden Fluids zu steuern. Eine derartige Variation eines Hohlraumvolumens des fluidischen Oszillators 12 ermöglicht eine Steuerung der Strömungsfrequenz eines Fluids, das durch den fluidischen Oszillator 12 befördert wird. Eine derartige Variation des Hohlraumvolumens des fluidischen Oszillators 12 kann zur Bereitstellung einer gepulsten Brennstoffströmung zur Stabilisierung der Verbrennung in einer Brennkammer und auch zur Verminderung der Ablösung einer Fluidgrenzschicht nützlich sein.

[0017] Indem nun auf Fig. 2 Bezug genommen wird, ist dort ein beispielhaftes abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem 78 offenbart. Das Steuersystem 10 enthält einen fluidischen Oszillator 80, der eingerichtet ist, um den Fluss eines Fluidstroms zu einem interessierenden Ziel zu steuern. Die Konfiguration des fluidischen Oszillators 78 ist mehr oder weniger ähnlich der Ausführungsform, die unter Bezugnahme auf Fig. 1 vorstehend erläutert ist. In der veranschaulichten Ausführungsform enthält der fluidische Oszillator 80 eine bewegbare Begrenzungswand 82 und eine Druckgasquelle 84, die mit der bewegbaren Begrenzungswand 82 über mehrere Frequenzsteuervorrichtungen, wie beispielsweise Gasdruckregler 86, 88, gekoppelt ist. Die bewegbare Begrenzungswand 82 enthält wenigstens eine Membran 90. Die Membran 90 lässt sich in Abhängigkeit von der Zuführung von Druckgas aus der Quelle 84 betätigen oder auslenken bzw. durchbiegen.

[0018] Wenn das Druckgas aus der Quelle 84 zu der Membran 90 befördert wird, wird die Membran 90 in die Kammern 92, 94 ausgelenkt, um so ein Hohlraumvolumen der Kammern 92, 94 zu verringern. Wenn Druckgas nicht von der Quelle 84 zu der Membran 90 gespeist wird, wird die Membran 90 nicht in die Kammern 92, 94 ausgelenkt, so dass ein Hohlraumvolumen der Kammern 92, 94 vergrößert wird. In anderen Worten lässt sich die Begrenzungswand 82 betätigen, um ein Hohlraumvolumen der Kammern 92, 94 zu variieren um so die Frequenz der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 80 beförderten pulsierenden Fluids zu steuern.

[0019] Bezugnehmend auf Fig. 3 ist dort ein beispielhaftes abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem 96 offenbart. Das Steuersystem 96 enthält einen fluidischen Oszillator 98, der eingerichtet ist, um einen Durchfluss eines Fluidstroms zu einem interessierenden Ziel zu steuern. Die Konfiguration des fluidischen Oszillators 98 ist mehr oder weniger ähnlich wie bei der Ausführungsform, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 1 und 2 erläutert ist. In der veranschaulichten Ausführungsform enthält der fluidische Oszillator 98 eine bewegbare Begrenzungswand 100 und eine Druckgasquelle 102, die mit der bewegbaren Begrenzungswand 100 über mehrere Frequenzsteuervorrichtungen, wie beispielsweise

Gasdruckregler 104, 106 verbunden ist. Die bewegbare Begrenzungswand 100 enthält wenigstens einen Faltenbalg 108. Der Faltenbalg 108 ist als Reaktion auf die Zufuhr eines Druckgasstroms von der Quelle 102 betätigbar (ausdehnbar und zusammenziehbar).

[0020] Wenn das Druckgas von der Quelle 102 zu dem Faltenbalg 108 gespeist wird, wird der Faltenbalg 108 in die Kammern 110, 112 hinein aufgeblasen, um so ein Hohlraumvolumen der Kammern 110, 112 zu reduzieren. Wenn Druckgas nicht von der Quelle 102 zu dem Faltenbalg 108 befördert wird, wird der Faltenbalg 108 ausgelassen, um so ein Hohlraumvolumen der Kammern 110, 112 zu vergrössern. In anderen Worten lässt sich die Begrenzungswand 100 betätigen, um ein Hohlraumvolumen der Kammern 110, 112 zu verändern, um so die Frequenz einer Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 98 beförderten pulsierenden Fluids zu steuern.

[0021] Bezugnehmend auf Fig. 4 ist dort ein beispielhaftes abstimmbares Fluiddurchflusssystem offenbart. Wie vorstehend erläutert, enthält das Steuersystem 114 einen fluidischen Oszillator 116, der eingerichtet ist, um einen Fluss eines Fluidstroms zu einem interessierenden Ziel zu steuern. In der veranschaulichten Ausführungsform kann ein Teil eines Brennstoffstroms durch eine Amplitudensteuervorrichtung 118 umgeleitet werden, die eingerichtet ist, um die Amplitude des von dem fluidischen Oszillator 116 erzeugten pulsierenden Brennstoffstroms zu steuern. In einer Ausführungsform ist die Amplitudensteuervorrichtung 118 ein mechanisches Ventil. In einer anderen Ausführungsform ist die Amplitudensteuervorrichtung 118 ein fluidischer Schalter. Ähnlich wie bei den vorherigen Ausführungen ist eine Frequenzsteuervorrichtung 120 dazu eingerichtet, den Fluss eines zu dem fluidischen Oszillator 116 beförderten Gases zu steuern. Die Frequenzsteuervorrichtung 120 kann ein oder mehrere mechanische Ventile oder Druckregler oder fluidische Schalter enthalten. Der fluidische Oszillator 116 ist eingerichtet, um einen pulsierenden Brennstoffstrom zu einer Brennstoffdüse oder einem Brenner 122 zu befördern und dadurch eine Verbrennung in einer Brennkammer 124 zu steuern. Wie vorstehend erläutert, ist eine Begrenzungswand des fluidischen Oszillators 116 betätigbar bzw. bewegbar, um ein Hohlraumvolumen des fluidischen Oszillators 116 zu variieren, um so die Frequenz, Amplitude oder Kombinationen von diesen für den Fluss eines pulsierenden Brennstoffstroms, der durch den fluidischen Oszillator 116 befördert wird, zu steuern. Wie vorstehend erwähnt, erzeugt der fluidische Oszillator mehr als nur einen einzigen pulsierenden Brennstoffstrom. Einer der pulsierenden Brennstoffströme von dem fluidischen Oszillator 116 kann zu einem Auslassbehälter oder einer anderen Brennstoffdüse/einem anderen Brenner, wie durch das Bezugszeichen 126 gekennzeichnet, befördert werden.

[0022] Die Verbrennungsdynamik (oder Verbrennungsinstabilität) stellt ein allgemein bekanntes Problem dar, das bei Verbrennungssystemen mit magerer Vormischung angetroffen wird und zu Betriebsbeschränkungen und sogar zu möglichen Ausfallzeiten der Bauelemente führt. Schwankungen des Brennstoff-Luft-Verhältnisses können beim Antreiben der Verbrennungsdynamik eine grundlegende Rolle spielen. Gemäss beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ermöglicht die Variation eines Hohlraumvolumens des fluidischen Oszillators 116 eine Steuerung der Frequenz, Amplitude oder Kombinationen hiervon der Strömung des Brennstoffstroms, der durch den fluidischen Oszillator 116 zu der Brennkammer 124 befördert wird, und dadurch eine Steuerung der Verbrennungsdynamik innerhalb der Brennkammer 124.

[0023] In bestimmten Ausführungsformen kann der Brennstoffstrom Kohlenwasserstoffe, Erdgas oder Wasserstoffreiches Gas oder Wasserstoffgas oder Biogas oder Kohlenmonoxid oder Synthesegas gemeinsam mit vorbestimmten Mengen von Verdünnungsmitteln enthalten. In einigen Ausführungsformen kann der Brennstoffstrom Flüssigbrennstoffe enthalten. In einer Ausführungsform enthält die Brennkammer 124 eine Rohrbrennkammer bzw. ein Flammrohr. In einer modifizierten Ausführungsform enthält die Brennkammer 120 eine Ringrohbrennkammer oder eine rein ringförmige Brennkammer.

[0024] Bezugnehmend auf Fig. 5 ist dort ein beispielhaftes abstimmbares Fluiddurchflusssystem 128 offenbart. Wie vorstehend erläutert, enthält das Steuersystem 128 einen fluidischen Oszillator 130, der eingerichtet ist, um einen Fluss eines Fluidstroms zu einem interessierenden Ziel zu steuern. In der veranschaulichten Ausführungsform kann ein Teil eines Fluidstroms durch eine Amplitudensteuervorrichtung 132 umgeleitet werden, die eingerichtet ist, um die Amplitude des von dem fluidischen Oszillator 130 erzeugten pulsierenden Fluidstroms zu steuern. Die Amplitudensteuervorrichtung 132 kann ein mechanisches Ventil oder ein fluidischer Schalter sein. Eine Frequenzsteuervorrichtung 134 ist eingerichtet, um den Gasfluss, der zu dem fluidischen Oszillator 130 gespeist wird, zu steuern. Die Steuervorrichtung 134 kann ein(en) oder mehrere mechanische Ventile oder Druckregler oder fluidische Schalter enthalten.

[0025] Es ist in Vorrichtungen, wie beispielsweise in Kreiselverdichtern, beobachtet worden, dass, wenn die tatsächliche volumetrische Durchflussrate durch den Kreiselverdichter unterhalb des Strömungsabrisspunktes liegt, die Fluidströmung durch den Verdichter von dem Strömungsabrissverhalten eines Diffusors oder eines Laufrads aus instabil wird. Infolgedessen ist die Pump- bzw. Förderfähigkeit des Verdichters beschränkt. Gemäss Aspekten der vorliegenden Erfindung verbessert der Einsatz des gepulsten Einblasens von Fluidsteuerstrahlen 136 mittels des fluidischen Oszillators 130 in die Grenzschicht 138 hinein, die Effizienz der Durchflussteuerung in dem Verdichter.

[0026] In einigen Ausführungsformen wird ein gepulster Strom zu der Fluidgrenzschicht 138 stromaufwärts von einer Ablösestelle geblasen, um eine schwache Strömung anzuregen und eine Grenzschichtablösung zu unterdrücken. In einem Strahl des Steuerfluids, der gewöhnlich aus einem beispielhaften fluidischen Oszillator zu einem umgebenden Medium eines anderen Fluids austritt, führt der plötzliche Anstieg des Massendurchsatzes zu der Ausbildung wohl definierter Wirbel, die in der Grenzschicht zwischen dem Steuerfluid und dem umgebenden Hauptfluid dominieren. Weil diese Wirbel helfen, den Impuls über eine grosse Strecke neu zu verteilen, ist die Rate der turbulenten Vermischung zwischen dem

Steuerfluid und dem Hauptfluid mit der Dynamik dieser Wirbel eng verbunden. Eine Möglichkeit zur Manipulation der Dynamik der Wirbel besteht darin, den momentanen Massenfluss des Strahls zu modulieren bzw. zu beeinflussen. Einer der pulsierenden Fluidströme von dem fluidischen Oszillator 130 kann zu einem Auslassbehälter oder einem anderen Fluidsteuerstrahl, wie durch das Bezugszeichen 140 gekennzeichnet, gespeist werden.

[0027] Der fluidische Oszillator 130 kann gemäss Aspekten der vorliegenden Erfindung auch in anderen Einrichtungen, die eine Grenzschichtablösungssteuerung erfordern, angeordnet werden. Wie vorstehend erläutert, lässt sich die Begrenzungswand des fluidischen Oszillators 130 betätigen bzw. bewegen, um ein Hohlraumvolumen des fluidischen Oszillators 130 zu variieren, um so die Frequenz, Amplitude oder Kombinationen von Frequenz und Amplitude der Strömung der gepulsten Steuerstrahlen, die durch den fluidischen Oszillator 130 hindurch zu der Fluidgrenzschicht 138 befördert werden, zu steuern. Selbst wenn das Steuersystem 128 hierin unter Bezugnahme auf eine Verbrennungssteuerung und eine Grenzschichtablösungssteuerung erläutert ist, können die fluidischen Oszillatoren auch in anderen Einrichtungen angeordnet werden, ohne dass von dem Rahmen dieser Erfindung abgewichen wird.

[0028] Bezugnehmend auf Fig. 6 ist dort ein abstimmbares Fluidflussteuersystem 142 offenbart. In der veranschaulichten Ausführungsform ist das System 142 ein Steuersystem in Form eines offenen Regelkreises. Das Steuersystem 142 enthält einen oder mehrere fluidische Oszillatoren 143, die eingerichtet sind, um einen gepulsten Brennstoffstrom zu einer Brennkammer oder gepulste Steuerstrahlen zu einer Fluidgrenzschicht zu liefern. Die Brennkammer oder die Fluidgrenzschicht ist durch das Bezugszeichen 144 gekennzeichnet. In der veranschaulichten Ausführungsform kann ein Teil eines Fluidstroms durch eine Amplitudensteuervorrichtung 146 umgeleitet werden, die eingerichtet ist, um die Amplitude des von dem fluidischen Oszillator 142 erzeugten pulsierenden Fluidstroms zu steuern. Die Amplitudensteuervorrichtung 146 kann ein mechanisches Ventil oder ein fluidischer Schalter sein. Eine Frequenzsteuervorrichtung 148 ist dazu eingerichtet, den Gasfluss, der zu dem fluidischen Oszillator 130 befördert wird, zu steuern. Die Frequenzsteuervorrichtung 148 kann ein oder mehrere mechanische Ventile oder Druckregler oder fluidische Schalter enthalten. Das System 142 enthält ferner wenigstens einen Wandler (Sensor 150), der dazu eingerichtet ist, dynamische Druckschwankungen in der Brennkammer oder einen Widerstand der Fluidgrenzschicht zu erfassen.

[0029] Eine Begrenzungswand des fluidischen Oszillators 143 lässt sich betätigen bzw. in Bewegung setzen, um ein Hohlraumvolumen zu variieren, um so die Frequenz, Amplitude oder Kombinationen von diesen in Bezug auf eine Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 143 gespeisten pulsierenden Fluids zu steuern. Die Frequenz der Strömung eines pulsierenden Fluids kann auf der Basis eines Frequenzsollwertes, der durch den Bediener festgelegt wird, gesteuert werden. Die Amplitude der Strömung eines pulsierenden Fluids kann auf der Basis eines Amplitudensollwertes, wie er durch den Bediener festgelegt wird, gesteuert werden. In bestimmten Ausführungsformen können der Frequenzsollwert und der Amplitudensollwert auf der Basis der Wandlerausgabe zurückgesetzt werden. Es sollte beachtet werden, dass hierin eine Betätigung der Begrenzungswand auf der Basis einer Strömung des Gasstroms, der zu der Begrenzungswand befördert wird, gesteuert wird. In einem offenen Steuersystem kann der Fluss des Gasstroms, der zu der Begrenzungswand befördert wird, manuell gesteuert werden. Eine derartige Veränderung eines Hohlraumvolumens des fluidischen Oszillators 143 ermöglicht eine Steuerung der Frequenz, Amplitude der Strömung des Fluids, das durch den fluidischen Oszillator 143 hindurch befördert wird. Die Veränderung des Hohlraumvolumens des fluidischen Oszillators 143 wird zur Bereitstellung einer gepulsten Brennstoffströmung zur Stabilisierung der Verbrennung in einer Brennkammer oder zur Reduktion der Ablösung einer Fluidgrenzschicht verwendet. Einer der pulsierenden Fluidströme von dem fluidischen Oszillator 143 kann zu einem Auslassbehälter oder einer anderen Brennkammer (in anderen Worten einer Brennstoffdüse oder einem Brenner einer anderen Brennkammer) oder zu einer Fluidgrenzschicht, wie mit dem Bezugszeichen 152 gekennzeichnet, gespeist werden.

[0030] Bezugnehmend auf Fig. 7 ist dort ein abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem 154 offenbart. In der veranschaulichten Ausführungsform ist das System 154 ein Regelsystem in Form eines geschlossenen Regelkreises. Das Steuersystem 154 enthält einen oder mehrere fluidische Oszillatoren 156, die eingerichtet sind, um einen gepulsten Brennstoffstrom zu einer Brennkammer oder gepulste Steuerstrahlen zu einer Fluidgrenzschicht zu liefern. Die Brennkammer oder die Fluidgrenzschicht durch das Bezugszeichen 158 repräsentiert. In der veranschaulichten Ausführungsform kann ein Teil eines Fluidstroms durch eine Amplitudensteuervorrichtung 160 umgeleitet werden, die konfiguriert ist, um die Amplitude des von dem fluidischen Oszillator 156 erzeugten pulsierenden Fluidstroms zu steuern. Die Steuervorrichtung 160 kann ein mechanisches Ventil oder ein fluidischer Schalter sein. Eine Frequenzsteuervorrichtung 162 ist eingerichtet, um den Gasfluss, der zu dem fluidischen Oszillator 156 gespeist wird, zu steuern. Die Steuervorrichtung 162 kann ein(en) oder mehrere mechanische Ventile oder Druckregler oder fluidische Schalter enthalten. Das System 154 enthält wenigstens einen Messwandler (Sensor) 164, der eingerichtet ist, um dynamische Druckschwankungen in der Brennkammer oder einen Widerstand der Fluidgrenzschicht zu erfassen. Ausserdem enthält das System 154 eine Steuereinrichtung 166, die mit dem Wandler 164 und den Steuervorrichtungen 160, 162 gekoppelt ist. Die Steuereinrichtung 166 ist dazu eingerichtet, die Vorrichtungen 160, 162 auf der Basis der Wandlerausgabe zu steuern, um so ein Hohlraumvolumen zu verändern, um die Frequenz, Amplitude oder Kombinationen von diesen in Bezug auf die Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 156 beförderten pulsierenden Fluids zu steuern. In einem geschlossenen Regelsystem wird der Druck des Gasstroms, der zu der Begrenzungswand befördert wird, automatisch gesteuert.

[0031] In der veranschaulichten Ausführungsform kann die Steuereinrichtung 166 ferner eine Datenbank, einen Algorithmus und einen Datenanalyseblock enthalten. Die Datenbank kann konfiguriert sein, um vordefinierte Informationen über

das System 154 zu speichern. Z.B. kann die Datenbank Informationen speichern, die ein interessierendes System betreffen, wie beispielsweise eine Brennkammer, wobei das System z.B. enthält: Fluidgrenzschicht; Wandlerart; Anzahl der fluidischen Oszillatoren; Art der Begrenzungswand; durch den fluidischen Oszillator beförderten Fluidstrom; Druckgasquelle oder dergleichen. Die Datenbank kann auch Befehlssätze, Diagramme, Nachschlagetabellen, Variablen oder dergleichen enthalten. Derartige Diagramme, Nachschlagetabellen, Befehlssätze sind funktionsfähig, um Eigenschaften der Brennkammer oder Fluidgrenzschicht mit einem Druck der Gasquelle, einer Frequenz, Amplitude des pulsierenden Fluidstroms, der durch den fluidischen Oszillator 156 befördert wird, oder dergleichen zu korrelieren. Ausserdem kann die Datenbank eingerichtet sein, um tatsächliche erfasste/detektierte Informationen von dem Wandler 164 zu speichern. Der Algorithmus ermöglicht die Verarbeitung von Signalen von dem Wandler 164.

[0032] Der Datenanalyseblock kann vielfältige Schaltungsarten, wie beispielsweise ein Mikroprozessor, einen programmierbaren Logikcontroller, ein Logikmodul etc., enthalten. Der Datenanalyseblock kann in Kombination mit dem Algorithmus verwendet werden, um die verschiedenen Rechenoperationen durchzuführen, die den Druck des Gasstroms, der zu der Begrenzungswand des fluidischen Oszillators befördert wird, die Frequenz, Amplitude des pulsierenden Fluidstroms, der durch den fluidischen Oszillator hindurch befördert wird, die Druckschwankungen in der Brennkammer, den Widerstand der Fluidgrenzschicht oder eine Kombination von diesen betreffen. Es kann jeder beliebige der vorstehend erwähnten Parameter wählweise und/oder dynamisch angepasst oder im Laufe der Zeit verändert werden. Einer der pulsierenden Fluidströme von dem fluidischen Oszillator 142 kann zu einem Auslassbehälter oder einer anderen Brennkammer (in anderen Worten einer Brennstoffdüse oder einem Brenner einer anderen Brennkammer) oder einer Fluidgrenzschicht, wie sie durch das Bezugszeichen 168 repräsentiert sind, befördert werden.

[0033] Gemäss den Ausführungsformen, die unter Bezugnahme auf die Fig. 1-7 beschrieben worden sind, liefert ein abstimmbarer fluidischer Oszillator einen pulsierenden Gasstrom zu einem interessierenden System mit einer Frequenz, die durch einen Bediener gewählt werden kann, oder unter Verwendung eines geschlossenen Regelsystems. Eine Veränderung des Hohlraumvolumens kann über eine oder mehrere Membranen, einen oder mehrere Kolben oder einen oder mehreren Faltenbälge erzielt werden. Der beispielhafte abstimmbare Fluidoszillator hat eine viel längere Lebensdauer als ein mechanisches Ventil. Es kann eine Reihe von Strahlfrequenzen unter Verwendung desselben fluidischen Oszillators erzeugt werden, wobei dem beispielhaften fluidischen Oszillator ermöglicht wird, auf sich ändernde Auslegungs- oder Betriebsanforderungen zu reagieren.

[0034] Während lediglich bestimmte Merkmale der Erfindung hierin veranschaulicht und beschrieben worden sind, werden Fachleuten auf dem Gebiet viele Modifikationen und Veränderungen einfallen. Es ist deshalb zu verstehen, dass die beigefügten Ansprüche all derartige Modifikationen und Veränderungen, wie sie in den wahren Rahmen der Erfindung fallen, mit umfassen sollen.

[0035] Ein abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem 10 enthält einen fluidischen Oszillator 12, der eine bewegbare Begrenzungswand 38 aufweist. Eine Druckgasquelle 40 ist mit der bewegbaren Begrenzungswand 38 verbunden und dazu eingerichtet, einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand 38 zu liefern, um die Begrenzungswand 38 zu betätigen. Die Begrenzungswand 38 lässt sich betätigen, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator 12 zu variieren, um so die Frequenz der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 12 erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern. Ein Teil eines Fluids wird um den fluidischen Oszillator 12 umgeleitet, um so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator 12 erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern.

Bezugszeichenliste

[0036]

- 10 Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
- 12 Fluidischer Oszillator
- 14 Erste Verengung
- 16 Erste Eingangsöffnung
- 18 Erste Steueröffnung
- 20 Zweite Steueröffnung
- 22 Erste Ausgangsöffnung
- 24 Zweite Ausgangsöffnung
- 26 Ausgangskanal
- 28 Zweiter Ausgangskanal
- 30 Erste Rückführleitung

32	Erste Rückführkammer
34	Zweite Rückführleitung
36	Zweite Rückführkammer
38	Bewegbare Begrenzungswand
40	Druckgasquelle
42	Kolben
44	Kolben
46	Kolben
48	Kolben
50	Kolben
52	Kolben
54	Zylinder
56	Zylinder
58	Zylinder
60	Zylinder
62	Zylinder
64	Zylinder
66	Ventil
68	Ventil
70	Ventil
72	Ventil
74	Ventil
76	Ventil
78	Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
80	Fluidischer Oszillator
82	Bewegbare Begrenzungswand
84	Druckgasquelle
86	Gasdruckregler
88	Gasdruckregler
90	Membran
92	Kammer
94	Kammer
96	Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
98	Fluidischer Oszillator
100	Bewegbare Begrenzungswand
102	Druckgasquelle

- 104 Gasdruckregler
- 106 Gasdruckregler
- 108 Faltenbalg
- 110 Kammer
- 112 Kammer
- 114 Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
- 116 Fluidischer Oszillator
- 118 Steuervorrichtung
- 120 Frequenzsteuervorrichtung
- 122 Brennstoffdüse oder Brenner
- 124 Brennkammer
- 126 Auslassbehälter/Brennstoffdüse/Brenner
- 128 Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
- 130 Fluidischer Oszillator
- 132 Steuervorrichtung
- 134 Frequenzsteuervorrichtung
- 136 Fluidsteuerstrahlen
- 138 Grenzschicht
- 140 Auslassbehälter/Grenzschichtsteuerstrahl
- 142 Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
- 143 Fluidischer Oszillator
- 144 Brennkammer oder Fluidgrenzschicht
- 146 Steuervorrichtung
- 148 Frequenzsteuervorrichtung
- 150 Wandler
- 152 Auslassbehälter/Brennkammer/Fluidgrenzschicht
- 154 Abstimmbares Fluiddurchflussteuersystem
- 156 Fluidischer Oszillator
- 158 Brennkammer oder Fluidgrenzschicht
- 160 Steuervorrichtung
- 162 Frequenzsteuervorrichtung
- 164 Wandler
- 166 Steuereinrichtung
- 168 Auslassbehälter/Brennkammer/Fluidgrenzschicht

Patentansprüche

1. Abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem (10), dass aufweist:
einen fluidischen Oszillator (12), der eine bewegbare Begrenzungswand (38) aufweist;
eine Druckgasquelle (40), die mit der bewegbaren Begrenzungswand (38) verbunden und eingerichtet ist, um einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand (38) zu liefern, um die Begrenzungswand (38) zu betätigen;
wobei ein Teil eines Fluids um den fluidischen Oszillator (12) umgeleitet wird, um so die Amplitude einer Strömung eines pulsierenden Fluids, das durch den fluidischen Oszillator (12) erzeugt wird, zu steuern, oder die Begrenzungswand (38) betätigbar ist, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator (12) zu variieren, um so die Frequenz der Strömung des durch den fluidischen Oszillator (12) erzeugten Quotientenfluids zu steuern, oder Kombinationen hiervon.
2. System (10) nach Anspruch 1, wobei die bewegbare Begrenzungswand (38) wenigstens einen Kolben (42, 44, 46, 48, 50, 52) und Zylinder (54, 56, 58, 60, 62, 64) aufweist, wobei der Kolben (42, 44, 46, 48, 50, 52) betätigbar in dem Zylinder (54, 56, 58, 60, 62, 64) angeordnet ist, wobei der Kolben (42, 44, 46, 48, 50, 52) in Abhängigkeit von der Zufuhr des Stroms des Druckgases betätigbar ist.
3. System (10) nach Anspruch 1, wobei die bewegbare Begrenzungswand (38) wenigstens einen Faltenbalg (108) aufweist, wobei der Faltenbalg (108) in Abhängigkeit von der Zufuhr des Stroms des Druckgases betätigbar ist.
4. System (10) nach Anspruch 1, wobei die bewegbare Begrenzungswand (38) wenigstens eine Membran (90) aufweist, wobei die Membran (90) in Abhängigkeit von der Zufuhr des Stroms des Druckgases betätigbar ist.
5. System (10) nach Anspruch 1, das ferner eine Frequenzsteuervorrichtung (120) aufweist, die konfiguriert ist, um den Druck des zu dem fluidischen Oszillator (12) beförderten Gases zu steuern.
6. System (10) nach Anspruch 1, das ferner eine Amplitudensteuervorrichtung aufweist, wobei ein Teil des Fluids unter Umströmung des fluidischen Oszillators (12) durch die Amplitudensteuervorrichtung befördert wird, um die Amplitude des durch den fluidischen Oszillators (12) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern.
7. Abstimmbares Brennstoffdurchflusssteuersystem (114) zur Steuerung der Verbrennung in wenigstens einer Brennkammer (124), das aufweist:
einen fluidischen Oszillator (116), der eine bewegbare Begrenzungswand (100) aufweist;
eine Druckgasquelle (102), die mit der bewegbaren Begrenzungswand (100) verbunden und eingerichtet ist, um einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand (100) zu liefern, um die Begrenzungswand (100) zu betätigen;
eine Brennstoffdüse oder einen Brenner (122), die bzw. der mit dem fluidischen Oszillator (116) und der wenigstens einen Brennkammer (124) verbunden ist, wobei der fluidische Oszillator (116) eingerichtet ist, um einen pulsierenden Brennstoffstrom zu der Brennstoffdüse oder dem Brenner (122) zu befördern;
wobei ein Teil eines Brennstoffs um den fluidischen Oszillator (116) umgeleitet wird, um so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator (116) erzeugten pulsierenden Brennstoffs zu steuern, wobei die Begrenzungswand (100) betätigbar ist, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator (116) zu variieren, um so die Frequenz der Strömung des durch den fluidischen Oszillator (116) erzeugten pulsierenden Brennstoffs zu steuern.
8. Abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem (78), das aufweist:
einen fluidischen Oszillator (80), der eine bewegbare Begrenzungswand (82) aufweist;
eine Druckgasquelle (84), die mit der bewegbaren Begrenzungswand (82) verbunden und eingerichtet ist, um einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand (82) zu liefern, um die Begrenzungswand (82) zu betätigen;
wobei ein Teil eines Fluids um den fluidischen Oszillator (80) umgeleitet wird, so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator (80) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern, um den Widerstand wenigstens einer Fluidgrenzschicht zu steuern, oder die Begrenzungswand (82) betätigbar ist, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator (80) zu variieren, um so die Frequenz der Strömung des durch den fluidischen Oszillator (80) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern, um den Widerstand wenigstens einer Fluidgrenzschicht zu steuern, oder Kombinationen hiervon.
9. Offenes abstimmbares Fluiddurchflusssteuersystem (142), das aufweist:
einen Sensor (150), der eingerichtet ist, um dynamische Druckschwankungen wenigstens einer Brennkammer, einen Widerstand wenigstens einer Fluidgrenzschicht (144) oder Kombinationen von diesen zu erfassen;
einen fluidischen Oszillator (143), der eine bewegbare Begrenzungswand aufweist;
eine Druckgasquelle (102), die mit der bewegbaren Begrenzungswand (100) verbunden und eingerichtet ist, um einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand (100) zu liefern, um die Begrenzungswand (100) zu betätigen;
wobei ein Teil eines Fluids um den fluidischen Oszillator (143) umgeleitet wird, um so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator (143) erzeugten pulsierenden Fluids auf der Basis eines Amplitudensollwertes zu steuern, wobei die Begrenzungswand (100) betätigbar ist, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator (143) zu variieren, um so die Frequenz der Strömung des durch den fluidischen Oszillator (143) erzeugten pulsierenden Fluids auf der Basis eines Frequenzsollwertes zu steuern; wobei die Frequenz oder die Amplitude der Strömung des pulsierenden Fluids oder Kombinationen von diesen gesteuert wird/werden, um dynamische Druckschwankun-

gen der wenigstens einen Brennkammer, den Widerstand der wenigstens einen Fluidgrenzschicht (144) oder Kombinationen von diesen zu steuern.

10. Geschlossenes abstimmbares Fluiddurchflussregelsystem (154), das aufweist:
 - einen Sensor (164), der eingerichtet ist, um dynamische Druckschwankungen wenigstens einer Brennkammer (168), einen Widerstand wenigstens einer Fluidgrenzschicht oder Kombinationen von diesen zu erfassen;
 - einen fluidischen Oszillator (156), der eine bewegbare Begrenzungswand (100) aufweist;
 - eine Druckgasquelle (102), die mit der bewegbaren Begrenzungswand (100) verbunden und eingerichtet ist, um einen Druckgasstrom zu der bewegbaren Begrenzungswand (100) zu liefern, um die Begrenzungswand (100) zu betätigen;
 - eine Steuereinrichtung (166), die mit dem Sensor (164) und dem fluidischen Oszillator (156) gekoppelt ist, wobei die Steuereinrichtung (166) konfiguriert ist, um den Fluss eines Teils eines Fluids, der den fluidischen Oszillator (156) umströmt, in Abhängigkeit von einer Sensorausgabe zu steuern, um so die Amplitude der Strömung eines durch den fluidischen Oszillator (156) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern, wobei die Steuereinrichtung (166) eingerichtet ist, um die Betätigung der Begrenzungswand (100) in Abhängigkeit von der Sensorausgabe zu steuern, um ein Hohlraumvolumen in dem fluidischen Oszillator (156) zu variieren, um so die Frequenz der Strömung des durch den fluidischen Oszillator (156) erzeugten pulsierenden Fluids zu steuern, wobei die Frequenz oder die Amplitude der Strömung des pulsierenden Fluids oder Kombinationen von diesen gesteuert wird/werden, um dynamische Druckschwankungen der wenigstens einen Brennkammer (165), den Widerstand der wenigstens einen Fluidgrenzschicht oder Kombinationen von diesen zu steuern.

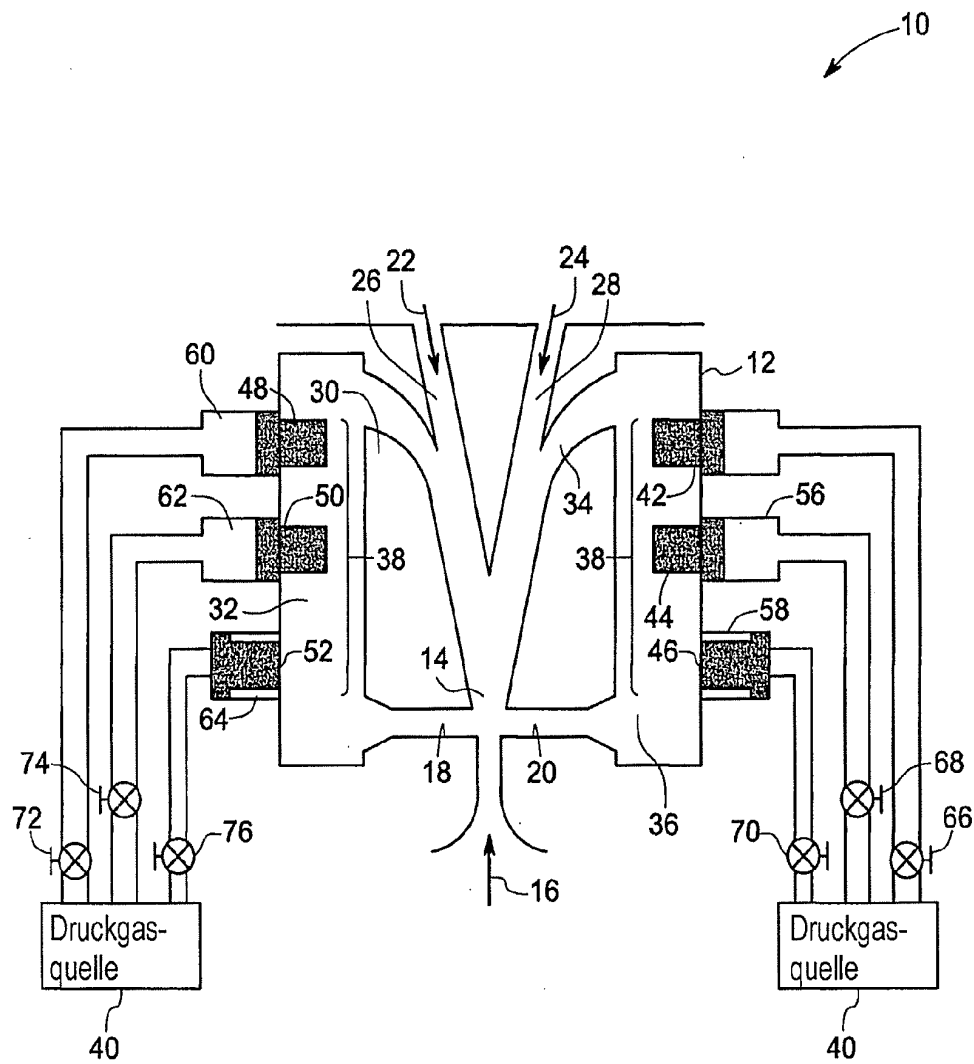


FIG. 1

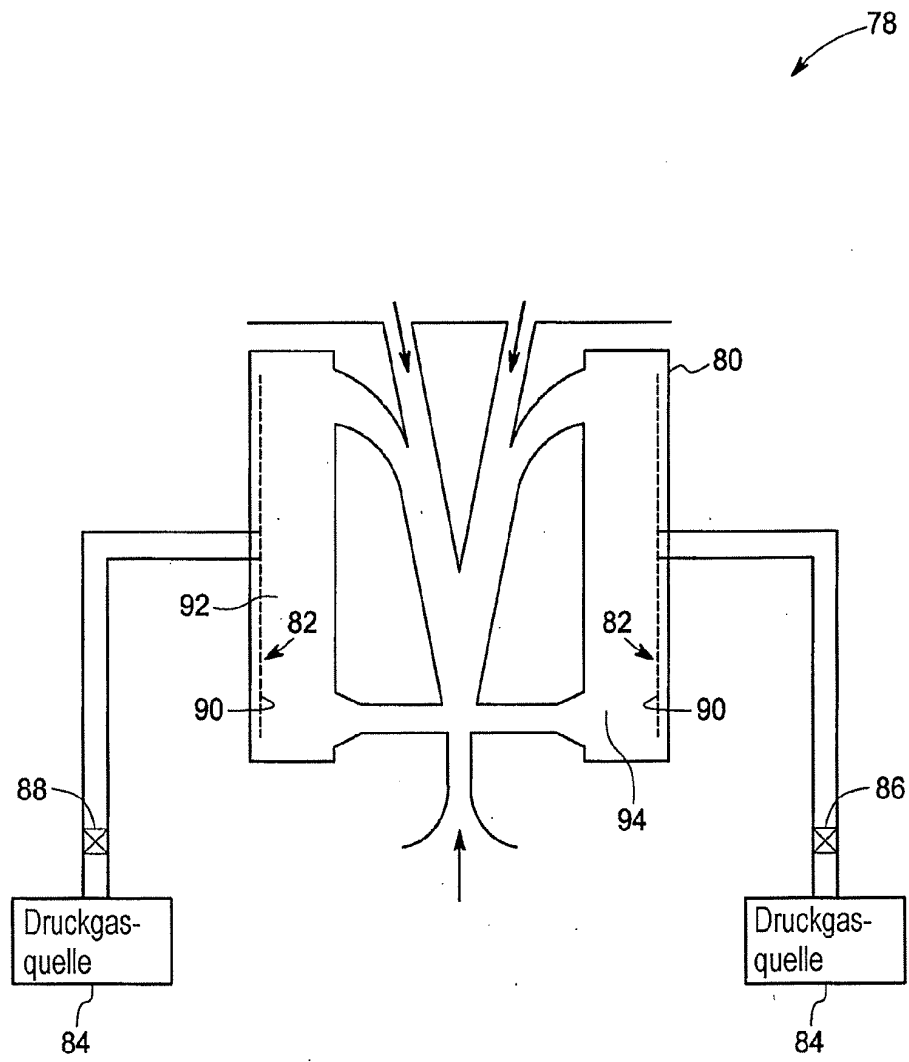


FIG. 2

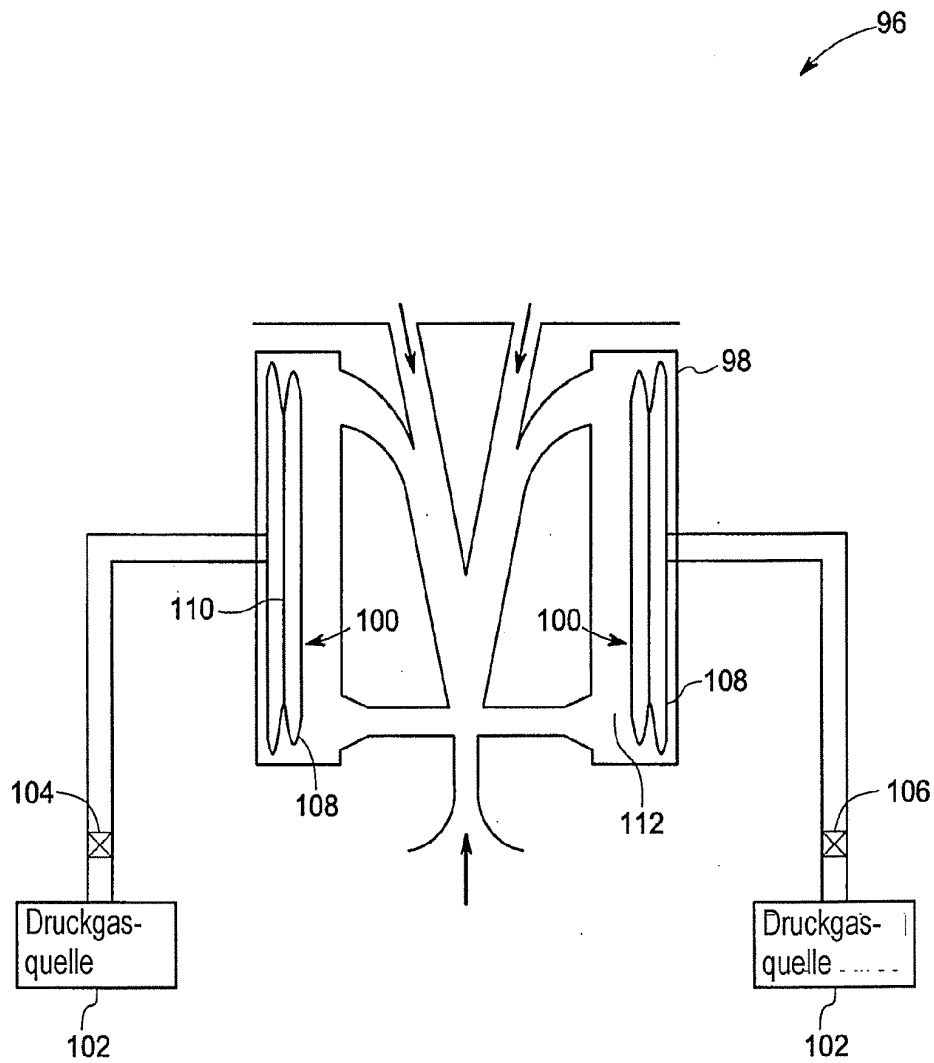


FIG. 3

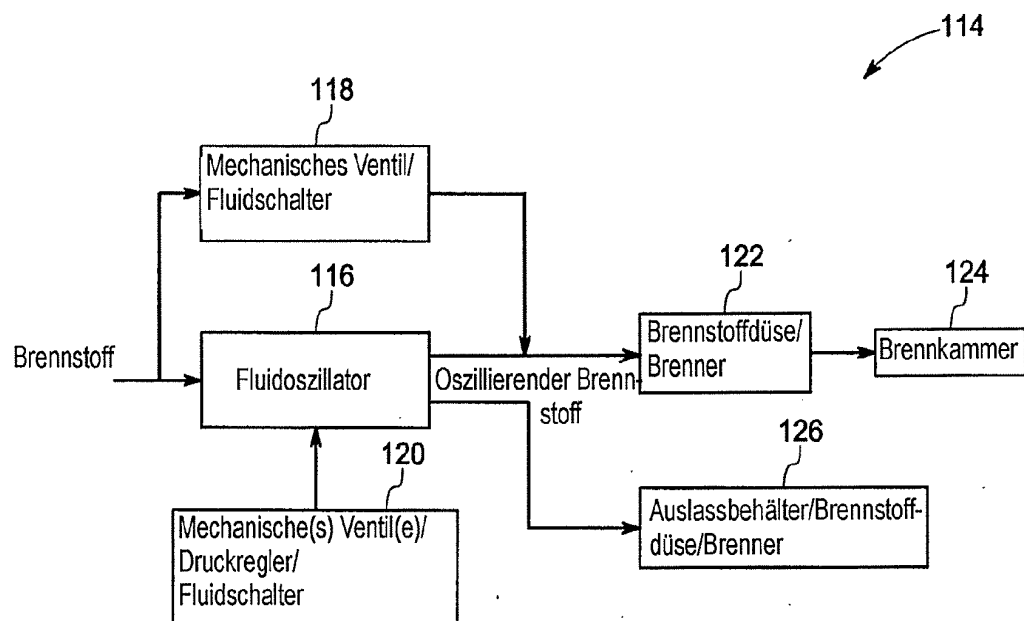


FIG. 4

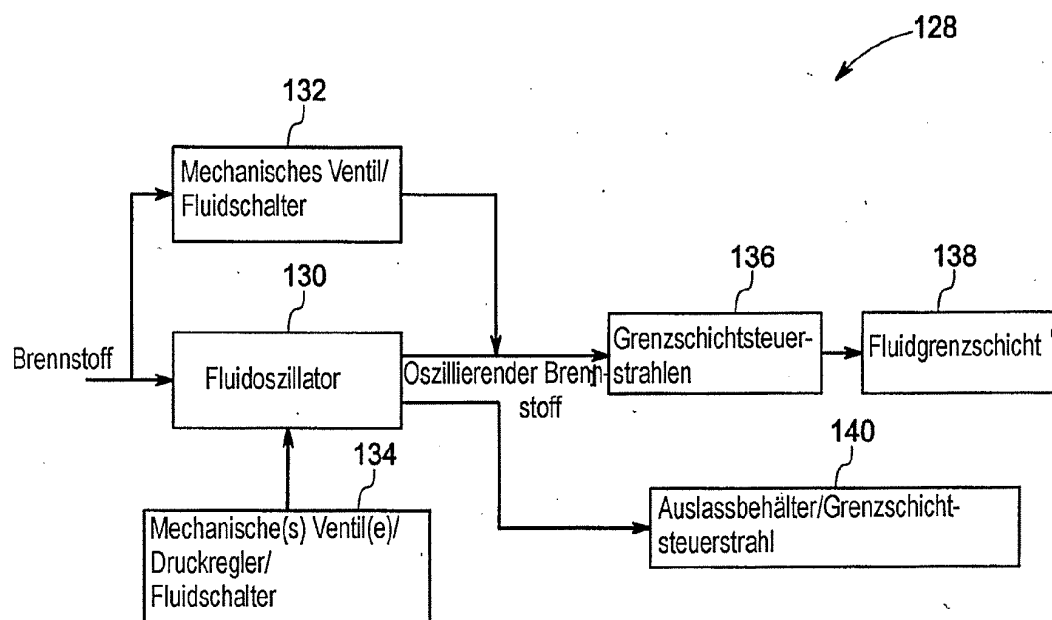


FIG. 5

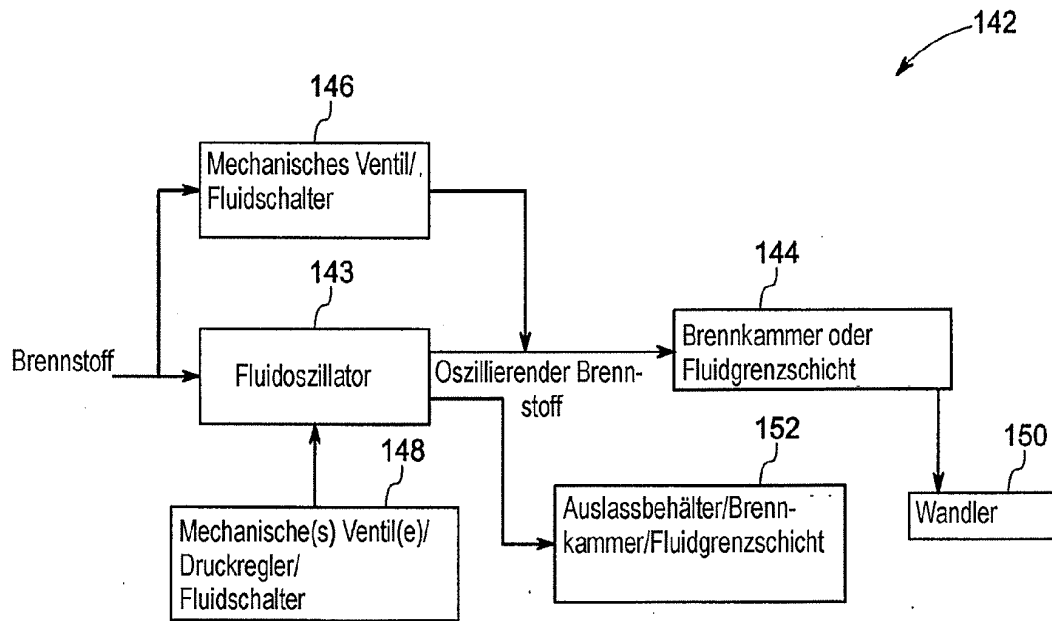


FIG. 6

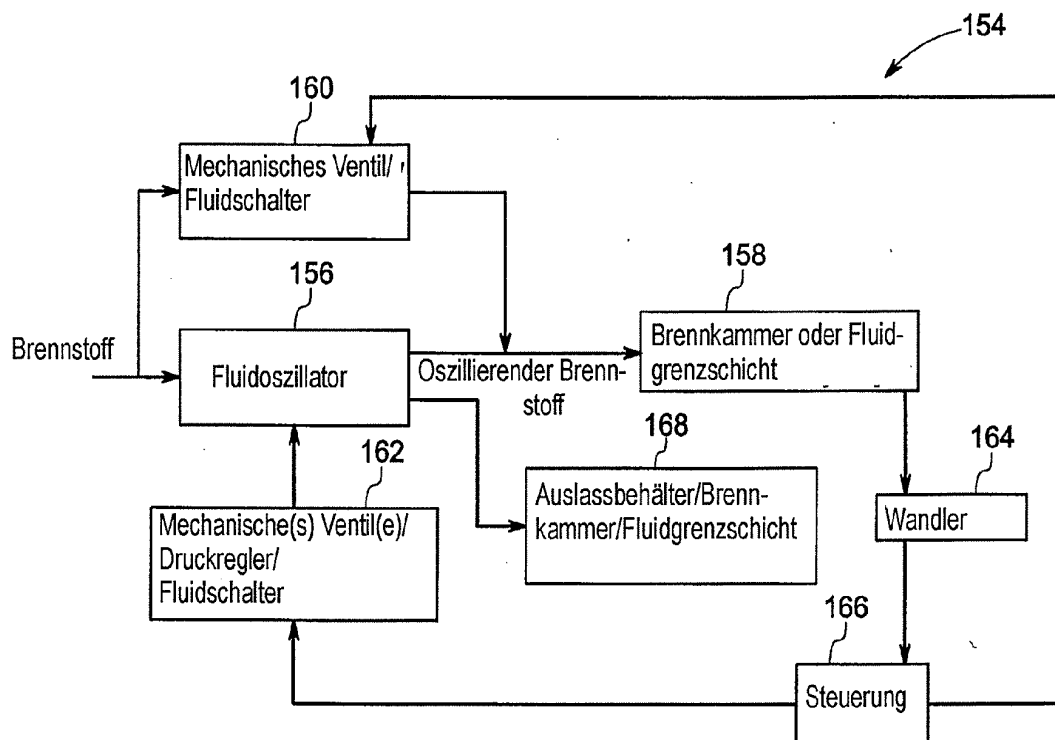


FIG. 7