



(11) **EP 1 429 003 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.06.2004 Patentblatt 2004/25

(51) Int Cl.7: **F02C 7/22**, F02C 3/14,
F02C 9/26, F23R 3/00

(21) Anmeldenummer: **03104405.0**

(22) Anmeldetag: **27.11.2003**

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

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Gutmark, Ephraim**
45236, Cincinnati (US)
• **Paschereit, Christian Oliver**
14109, Berlin (DE)

(30) Priorität: **07.12.2002 DE 10257244**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in Verbrennungssystemen**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem (6), umfassend wenigstens einen Brenner (7) und wenigstens eine Brennkammer (8).

Um die Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen zu verbessern,

- wird eine sich im Bereich des Brenners (7) ausbildende Gasströmung akustisch angeregt,
- erfolgt eine Eindüsung von Brennstoff moduliert,
- sind die akustische Anregung der Gasströmung und die modulierte Eindüsung des Brennstoffs zur Beeinflussung derselben Störfrequenz abgestimmt.

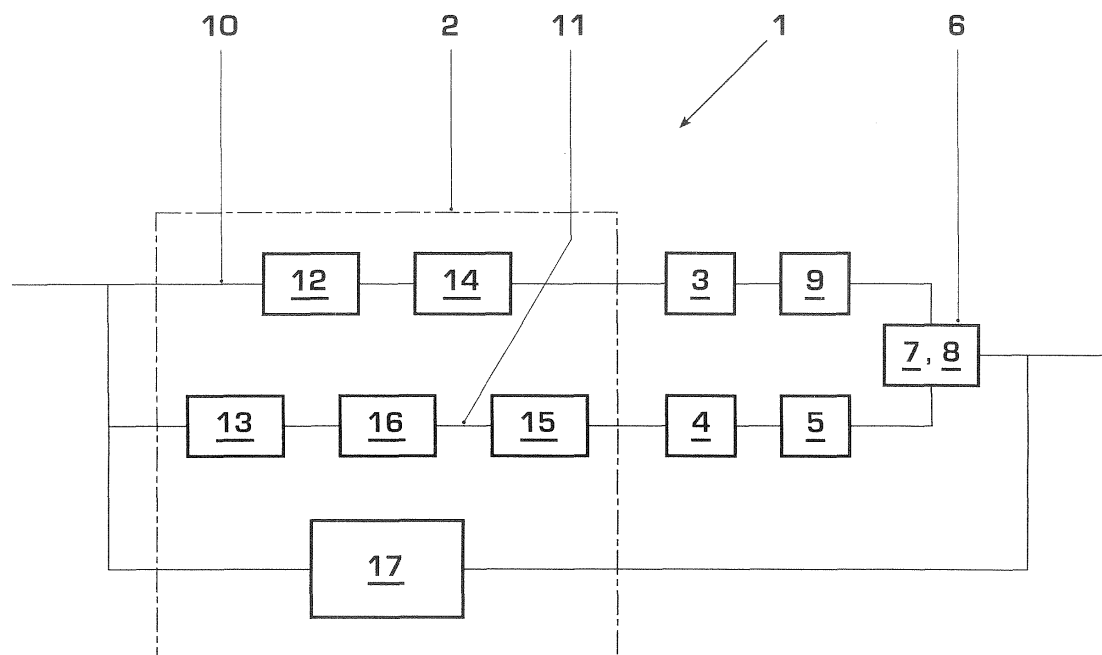


Fig. 1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem mit wenigstens einem Brenner und wenigstens einer Brennkammer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 7.

Stand der Technik

[0002] Es ist bekannt, dass in Brennkammern von Gasturbinen häufig unerwünschte thermoakustische Schwingungen auftreten. Mit dem Begriff "thermoakustische Schwingungen" werden sich gegenseitig aufschaukelnde thermische und akustische Störungen bezeichnet. Es können dabei hohe Schwingungsamplituden auftreten, die zu unerwünschten Effekten, wie etwa zu einer hohen mechanischen Belastung der Brennkammer und erhöhten NO_x-Emissionen durch eine inhomogene Verbrennung führen können. Dies trifft insbesondere für Verbrennungssysteme mit geringer akustischer Dämpfung zu. Um eine hohe Leistung in Bezug auf Pulsationen und Emissionen über einen weiten Betriebsbereich zu gewährleisten, kann eine aktive Kontrolle der Verbrennungsschwingungen notwendig sein.

[0003] Um niedrige NO_x-Emissionen zu erzielen, wird in modernen Gasturbinen ein zunehmender Anteil der Luft durch die Brenner selbst geleitet und der Kühlluftstrom reduziert. Da bei herkömmlichen Brennkammern die in die Brennkammer einströmende Kühlluft schalldämpfend wirkt und damit zur Dämpfung thermoakustischer Schwingungen beiträgt, wird durch die vorgenannten Maßnahmen zur Reduzierung der NO_x-Emissionen die Schalldämpfung reduziert.

[0004] Aus der EP 0 918 152 A1 ist es bekannt, dass thermoakustische Schwingungen dadurch zu beeinflussen sind, indem die sich im Bereich des Brenners ausbildende Scherschicht akustisch angeregt wird.

[0005] Aus der EP 0 985 810 A1 ist es bekannt, dass thermoakustische Schwingungen dadurch zu beeinflussen sind, indem eine Eindüsung von flüssigem oder gasförmigem Brennstoff moduliert erfolgt.

[0006] Die bekannten Vorrichtungen und Verfahren sind jeweils zur Beeinflussung einer bestimmten Störfrequenz der thermoakustischen Schwingungen abgestimmt. Es besteht weiterer Bedarf, die Störwirkung der thermoakustischen Schwingungssysteme noch stärker zu reduzieren.

Darstellung der Erfindung

[0007] Hier setzt die Erfindung an. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, einen Weg zur Verbesserung der Beeinflussung thermoakustischer

Schwingungen in einem Verbrennungssystem aufzuzeigen.

[0008] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0009] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die grundsätzlich bekannte akustische Anregung der Gasströmung mit der grundsätzlich bekannten modulierten Eindüsung des Brennstoffs zur Beeinflussung derselben Störfrequenz der thermoakustischen Schwingungen miteinander zu kombinieren. Versuche haben gezeigt, dass die erfindungsgemäß vorgeschlagene Kombination eine überraschend hohe Unterdrückungswirkung oder Dämpfungswirkung für die jeweilige Störfrequenz zeigt, die deutlich über die Dämpfungswirkung der bekannten akustischen Gasströmungsanregung für sich genommen und über die Dämpfungswirkung der bekannten modulierten Brennstoffeindüsung für sich genommen sowie über die für eine Kombination dieser beiden Beeinflussungs-Methoden erwartete Dämpfungswirkung hinausgeht. Die unerwartet starke Verbesserung der Dämpfungswirkung wird dabei auf überraschend auftretende, noch nicht erklärte Synergieeffekte zurückgeführt.

[0010] Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung können die momentane akustische Gasströmungsanregung und die momentane modulierte Brennstoffeindüsung mit demselben, im Verbrennungssystem gemessenen, mit den thermoakustischen Schwingungen korrelierenden Signal phasengekoppelt werden. Hierdurch wird erreicht, dass die beiden Beeinflussungs-Methoden nicht unabhängig voneinander arbeiten, sondern phasengekoppelt zusammenwirken.

[0011] Die Phasen beziehen sich dabei auf dem Amplitudenverlauf der bevorzugt zu beeinflussenden Störfrequenz innerhalb der thermoakustischen Schwingungen.

[0012] Das besagte gemessene Signal wird zur Realisierung der akustischen Gasströmungsanregung einer ersten Phasenverschiebung unterzogen, während es zur Realisierung der modulierten Brennstoffeindüsung einer zweiten Phasenverschiebung unterzogen wird. Dabei kann es zweckmäßig sein, der ersten Phasenverschiebung einen anderen Wert zu geben als der zweiten Phasenverschiebung. Durch das separate Einstellen der Phasenverschiebungen können die synergetischen Wechselwirkungen der beiden kombinierten Beeinflussungs-Methoden zur Verbesserung der Dämpfungswirkung optimiert werden.

[0013] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Zeichnung und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Er-

findung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0015] Die einzige Fig. 1 zeigt eine stark vereinfachte Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0016] Entsprechend Fig. 1 umfasst eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 eine Steuerung 2, die hier lediglich durch einen mit unterbrochenen Linien dargestellten Rahmen symbolisiert ist. Die Vorrichtung 1 besitzt außerdem wenigstens eine akustische Quelle 3 sowie wenigstens ein Steuerventil 4 einer Brennstoffversorgungseinrichtung 5. Die Brennstoffversorgungseinrichtung 5 ist mit einem Verbrennungssystem 6 gekoppelt, das üblicherweise wenigstens einen Brenner 7 sowie wenigstens eine Brennkammer 8 aufweist. Zur Vereinfachung sind hier Brenner 7 und Brennkammer 8 durch ein gemeinsames Rechteck symbolisiert. Dem Verbrennungssystem 6 ist außerdem eine Gasversorgungseinrichtung 9 zugeordnet. Während mit dem Steuerventil 4 die dem Verbrennungssystem 6 zugeführte Menge an flüssigem oder gasförmigen Brennstoff steuerbar ist, kann mit der akustischen Quelle 3 eine sich im Verbrennungssystem 6 ausbildende Gasströmung beeinflusst werden. Dabei kann die akustische Quelle 3 — wie hier — indirekt über die Gasversorgungseinrichtung 9 oder direkt auf das Verbrennungssystem 6 einwirken.

[0017] Die Vorrichtung 1 ist dem Verbrennungssystem 6 zugeordnet und dient zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen, die im Verbrennungssystem 6 auftreten können. Zu diesem Zweck enthält die Steuerung 2 einen ersten Steuerpfad 10 und einen zweiten Steuerpfad 11, die eingangsseitig ein erstes Zeitverzögerungsglied 12 bzw. ein zweites Zeitverzögerungsglied 13 enthalten. Des weiteren enthalten die Steuerpfade 10, 11 ausgangsseitig einen ersten Verstärker 14 bzw. einen zweiten Verstärker 15. Außerdem enthält der zweite Steuerpfad 11 zwischen zweitem Zeitverzögerungsglied 13 und zweitem Verstärker 15 ein Hochpassfilter 16. Während der erste Steuerpfad 10 ausgangsseitig an die akustische Quelle 3 angeschlossen ist, ist der zweite Steuerpfad 11 ausgangsseitig mit dem Steuerventil 4 verbunden.

[0018] Des Weiteren enthält die Steuerung 2 einen Steueralgorithmus 17, der in Abhängigkeit eingehender Signale entsprechende Signale an die Eingangsseiten der insoweit parallel geschalteten Steuerpfade 10, 11 abgibt. Der Steueralgorithmus 17 erhält seine Eingangssignale von einer hier nicht gezeigten Sensorik, die zur Messung thermoakustischer Schwingungen im Verbrennungssystem 6 ausgebildet ist. Die von dieser Sensorik ermittelten Signale korrelieren dabei mit den thermoakustischen Schwingungen im Verbrennungssystem 6. Die gemessenen Signale können dabei Drucksignale sein, wobei die Sensorik dann Drucksensoren, vorzugsweise Mikrofone, insbesondere wassergekühl-

te Mikrofone und/oder Mikrofone mit piezoelektrischen Druckaufnehmern, umfasst. Ebenso ist es möglich, dass die von der Sensorik gemessenen Signale durch Chemielumineszenzsignale gebildet sind, bevorzugt durch Chemielumineszenzsignale von der Emission eines der Radikale OH oder CH. Zweckmäßig kann die Sensorik dann optische Sensoren für sichtbare oder infrarote Strahlung, insbesondere optische Fasersonden, aufweisen.

[0019] Das beispielsweise in der Brennkammer 8 gemessene Druck- oder Lumineszenzsignal wird vom Steueralgorithmus 7 entsprechend aufbereitet und den Zeitverzögerungsgliedern 12, 13 parallel zugeführt. In den Zeitverzögerungsgliedern 12, 13 erfolgen dann die für den jeweiligen Steuerpfad 10, 11 vorgesehenen Phasenverschiebungen des eingehenden Signals. Im zweiten Steuerpfad 11 hält das Hochpassfilter 16 unerwünschte, niederfrequente Störungen zurück, so dass nur die erwünschten, hochfrequenten, phasenverschobenen Signale zum zweiten Verstärker 15 gelangen. Mit Hilfe der Verstärker 14, 15 erfolgt dann eine Signalverstärkung. Vorzugsweise sind die von den Zeitverzögerungsgliedern 12, 13 erzielten Phasenverschiebungen verschieden groß gewählt. Insbesondere ist eine Ausführungsform möglich, bei der die Steuerung 2, insbesondere über ihren Steueralgorithmus 17 die Phasenverschiebungen der Zeitverzögerungsglieder 12, 13 unabhängig voneinander einstellen kann. Des Weiteren kann es vorgesehen sein, dass die Steuerung 2, z.B. über den Steueralgorithmus 17, die Verstärker 14, 15 zur Erzeugung unterschiedlicher Signalamplituden unabhängig voneinander ansteuert. In entsprechender Weise kann auch der Hochpassfilter 16 einstellbar ausgestaltet sein.

[0020] Mit Hilfe der Verstärker 14, 15 werden an den Steuerpfaden 10, 11 ausgangsseitig Treibersignale erzeugt, die zur Ansteuerung oder Betätigung der akustischen Quelle 3 bzw. des Steuerventils 4 nutzbar sind. Hierdurch kann die gewünschte Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen im Verbrennungssystem 6 erzielt werden.

[0021] Die Steuerung 2, insbesondere deren Steueralgorithmus 17, kann in Abhängigkeit der momentanen Druck- oder Lumineszenz-Signale die Zeitverzögerungsglieder 12, 13 und/oder die Verstärker 14, 15 und/oder den Hochpassfilter 16 betätigen. Hierdurch kann der Einfluss des jeweiligen Steuerpfades 10, 11 auf die zu bedämpfende Störfrequenz variiert bzw. nachgeführt werden. Insoweit ergeben sich hier für beide Steuerpfade 10, 11 geschlossene Regelkreise.

[0022] Für die Funktionsweise der Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen mittels akustischer Anregung der Gasströmung wird auf die EP 0 918 152 A1 verwiesen, deren Inhalt hiermit durch ausdrückliche Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt der vorliegenden Erfindung eingegliedert wird. In entsprechender Weise wird für die Funktionsweise der Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen mittels modulier-

ter Brennstoffeindüsung auf die EP 0 985 810 A1 verwiesen, deren Inhalt hiermit durch ausdrückliche Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt der vorliegenden Erfindung eingegliedert wird.

[0023] Die strömungsmechanische Stabilität eines Gasturbinenbrenners ist von entscheidender Bedeutung für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen. Die im Brenner entstehenden strömungsmechanischen Instabilitätswellen führen zur Ausbildung von Wirbeln. Diese auch als kohärente Strukturen bezeichneten Wirbel spielen eine bedeutende Rolle bei Mischungsvorgängen zwischen Luft und Brennstoff. Die räumliche und zeitliche Dynamik dieser kohärenten Strukturen beeinflusst die Verbrennung und die Wärmefreisetzung. Durch die akustische Anregung der Gasströmung kann der Ausbildung dieser kohärenten Strukturen entgegengewirkt werden. Wird die Entstehung von Wirbelstrukturen am Brenneraustritt reduziert oder verhindert, so wird dadurch auch die periodische Wärmefreisetzungsschwankung reduziert. Diese periodischen Wärmefreisetzungsschwankungen bilden jedoch die Grundlage für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen, so dass durch die akustische Anregung die Amplitude der thermoakustischen Schwankungen reduziert werden kann.

[0024] Von besonderem Vorteil ist es hierbei, wenn zur Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen eine sich im Bereich des Brenners ausbildende Scherschicht akustisch angeregt wird. Mit Scherschicht ist hier die Mischungsschicht bezeichnet, die sich zwischen zwei Fluidströmungen unterschiedlicher Geschwindigkeiten bildet. Die Beeinflussung der Scherschicht hat den Vorteil, dass eingebrachte Anregungen in der Scherschicht verstärkt werden. Somit wird zur Auslöschung eines vorhandenen Schallfelds nur wenig Anregungsenergie benötigt. Im Unterschied dazu wird bei einem reinen Antischall-Prinzip ein vorhandenes Schallfeld durch ein phasenverschobenes Schallfeld gleicher Energie ausgelöscht.

[0025] Die Scherschicht kann sowohl stromab als auch stromauf des Brenners angeregt werden. Stromab des Brenners kann die Scherschicht direkt angeregt werden. Bei einer Anregung stromauf des Brenners wird die akustische Anregung zunächst in ein Arbeitsgas, beispielsweise Luft, eingebracht, wobei sich die Anregung dann nach Durchgang des Arbeitsgases durch den Brenner in die Scherschicht überträgt. Da nur geringe Anregungsleistungen notwendig sind, kann die akustische Quelle 3 durch einen akustischen Treiber, wie etwa ein oder mehrere Lautsprecher, gebildet sein, der auf die Gasströmung ausgerichtet ist. Alternativ können eine oder mehrere Kammerwände mechanisch zu Schwingungen bei der jeweils gewünschten Frequenz angeregt werden.

[0026] Bevorzugt wird die momentane akustische Anregung der Gasströmung bzw. deren Scherschicht mit einem in dem Verbrennungssystem gemessenen Signal phasengekoppelt, das mit den thermoakustischen

Fluktuationen korreliert ist. Dieses Signal kann stromab des Brenners in der Brennkammer oder in einer stromauf des Brenners angeordneten Beruhigungskammer gemessen werden. Die momentane akustische Anregung wird dann in Abhängigkeit dieses Messsignals gesteuert.

[0027] Durch die Wahl einer geeigneten, je nach Art des gemessenen Signals verschiedenen Phasendifferenz zwischen Messsignal und momentanem akustischen Anregungssignal wirkt die akustische Anregung der Ausbildung kohärenter Strukturen entgegen, so dass die Amplitude der Druckpulsation verringert wird. Die genannte Phasendifferenz wird durch das Zeitverzögerungsglied 12 eingestellt und berücksichtigt, dass in der Regel durch die Anordnung der Messsensoren und akustischen Treiber oder Quellen 3 sowie durch die Messgeräte und Leitungen selbst Phasenverschiebungen auftreten. Wird die eingestellte relative Phase so gewählt, dass sich eine möglichst große Reduzierung der Druckamplitude ergibt, werden alle diese phasendrehenden Effekte implizit berücksichtigt. Da sich die günstigste relative Phase mit der Zeit ändern kann, bleibt die relative Phase vorteilhaft variabel und kann etwa über eine Kontrolle der Druckschwankungen so nachgeführt werden, dass stets eine große Unterdrückung gewährleistet ist.

[0028] Mit Hilfe der modulierten Brennstoffeindüsung lässt sich ebenfalls die Ausbildung thermoakustischer Schwingungen beeinflussen. Unter einer modulierten Brennstoffeindüsung wird hierbei jede zeitlich variierende Eindüsung von flüssigem oder gasförmigem Brennstoff verstanden. Diese Modulation kann beispielsweise mit einer beliebigen Frequenz erfolgen. Die Eindüsung kann phasenunabhängig von den Druckschwankungen im Verbrennungssystem erfolgen; bevorzugt wird jedoch die hier gezeigte Ausführungsform, bei der die Eindüsung mit einem im Verbrennungssystem 6 gemessenen Signal phasengekoppelt ist, das mit den thermoakustischen Schwingungen korreliert ist. Die Modulation der Brennstoffeindüsung erfolgt durch ein entsprechendes Öffnen und Schließen des oder der Steuerventile 4, wodurch die Eindüszeiten (Start und Ende der Eindüsung) und/oder die Eindüsmenge variiert werden. Durch die modulierte Brennstoffzufuhr kann die in großräumigen Wirbeln umgesetzte Brennstoffmenge kontrolliert werden. Hierdurch kann die Ausbildung der kohärenten Wärmefreisetzung und somit die Entstehung thermoakustischer Instabilitäten beeinflusst werden.

[0029] Bei der hier gewählten Anordnung erfolgt die akustische Anregung der Gasströmung stromauf der modulierten Eindüsung des Brennstoffs. Diese Anordnung kann von besonderem Vorteil sein und das Zusammenwirken der beiden unterschiedlichen Beeinflussungs-Methoden verstärken.

[0030] Die modulierte Eindüsung des Brennstoffs erfolgt vorzugsweise in die bereits oben erwähnte Scherschicht innerhalb des Brenners 7. Dabei kann es aus-

reichend sein, nur einen relativ kleinen Anteil der eingedüsten Brennstoffmenge zu modulieren. Insbesondere kann es zweckmäßig sein, weniger als 20 % der insgesamt eingedüsten Brennstoffmenge moduliert einzudüsen.

[0031] Über den Steueralgorithmus 17 kann es insbesondere möglich sein, die mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zu beeinflussende Störfrequenz der thermoakustischen Schwingungen zu variieren. Beispielsweise kann die Hauptstörfrequenz vom jeweiligen Betriebszustand des Verbrennungssystems 6 abhängen.

Bezugszeichenliste

[0032]

- | | | |
|----|----------------------------------|--|
| 1 | Vorrichtung | |
| 2 | Steuerung | |
| 3 | akustische Quelle | |
| 4 | Steuerventil | |
| 5 | Brennstoffversorgungseinrichtung | |
| 6 | Verbrennungssystem | |
| 7 | Brenner | |
| 8 | Brennkammer | |
| 9 | Gasversorgungseinrichtung | |
| 10 | erster Steuerpfad | |
| 11 | zweiter Steuerpfad | |
| 12 | erstes Zeitverzögerungsglied | |
| 13 | zweites Zeitverzögerungsglied | |
| 14 | erster Verstärker | |
| 15 | zweiter Verstärker | |
| 16 | Hochpassfilter | |
| 17 | Steueralgorithmus | |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem (6) mit wenigstens einem Brenner (7) und wenigstens einer Brennkammer (8),
 - wobei eine sich im Bereich des Brenners (7) ausbildende Gasströmung akustisch angeregt wird,
 - wobei eine Eindüsung von Brennstoff moduliert erfolgt,
 - wobei die akustische Anregung der Gasströmung und die modulierte Eindüsung des Brennstoffs zur Beeinflussung derselben Störfrequenz der thermoakustischen Schwingungen abgestimmt sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die momentane akustische Anregung der Gasströmung und die momentane modulierte Ein-

düsung des Brennstoffs mit demselben im Verbrennungssystem gemessenen, mit den thermoakustischen Schwingungen korrelierenden Signal phasengekoppelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

 - **dass** das gemessene Signal einer ersten Phasenverschiebung unterzogen und zur Erzeugung eines ersten Treibersignals verwendet wird, das wenigstens eine akustische Quelle (3) zur Erzeugung der momentanen akustischen Anregung der Gasströmung ansteuert,
 - **dass** das gemessene Signal einer zweiten Phasenverschiebung unterzogen und zur Erzeugung eines zweiten Treibersignals verwendet wird, das wenigstens ein Steuerventil (4) zur Erzeugung der momentanen modulierten Eindüsung des Brennstoffs ansteuert.
4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Phasenverschiebung einen anderen Wert besitzt als die zweite Phasenverschiebung.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die akustische Anregung der Gasströmung stromauf der modulierten Eindüsung des Brennstoffs erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die modulierte Eindüsung des Brennstoffs in eine sich in der Gasströmung ausbildende Scherschicht erfolgt.
7. Vorrichtung zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem (6) mit wenigstens einem Brenner (7) und wenigstens einer Brennkammer (8),
 - wobei im Bereich des Brenners (7) wenigstens eine akustische Quelle (3) zur Erzeugung einer akustischen Anregung einer sich im Bereich des Brenners (7) ausbildenden Gasströmung angeordnet ist,
 - wobei der Brenner (7) wenigstens eine Brennstoffversorgungseinrichtung (5) mit wenigstens einem Steuerventil (4) zur Erzeugung einer modulierten Eindüsung des Brennstoffs aufweist,
 - wobei eine Steuerung (2) vorgesehen ist, welche die wenigstens eine akustische Quelle (3) und das wenigstens eine Steuerventil (4) zur Beeinflussung derselben Störfrequenz der thermoakustischen Schwingungen ansteuert.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,

- **dass** die Steuerung (2) für die akustische Anregung der Gasströmung einen ersten Steuerpfad (10) und für die modulierte Eindüsung des Brennstoffs einen zweiten Steuerpfad (11) aufweist, 5
- **dass** den beiden Steuerpfaden (10, 11) eingangsseitig parallel dasselbe, mit den thermodynamischen Schwingungen korrelierende Signal zugeführt wird, 10
- **dass** die beiden Steuerpfade (10, 11) jeweils ein Zeitverzögerungsglied (12, 13) zur Erzeugung einer Phasenverschiebung enthalten, 15
- **dass** der erste Steuerpfad (10) ausgangsseitig ein erstes Treibersignal an die akustische Quelle (3) leitet,
- **dass** der zweite Steuerpfad (11) ausgangsseitig ein zweites Treibersignal an das Steuerventil (4) leitet. 20

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,

- dass** das erste Zeitverzögerungsglied (12) eine andere Phasenverschiebung erzeugt als das zweite Zeitverzögerungsglied (13) 25

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, 30

- dass** die wenigstens eine akustische Quelle (3) stromauf der Stelle angeordnet ist, an der die modulierte Eindüsung des Brennstoffs erfolgt.

35

40

45

50

55

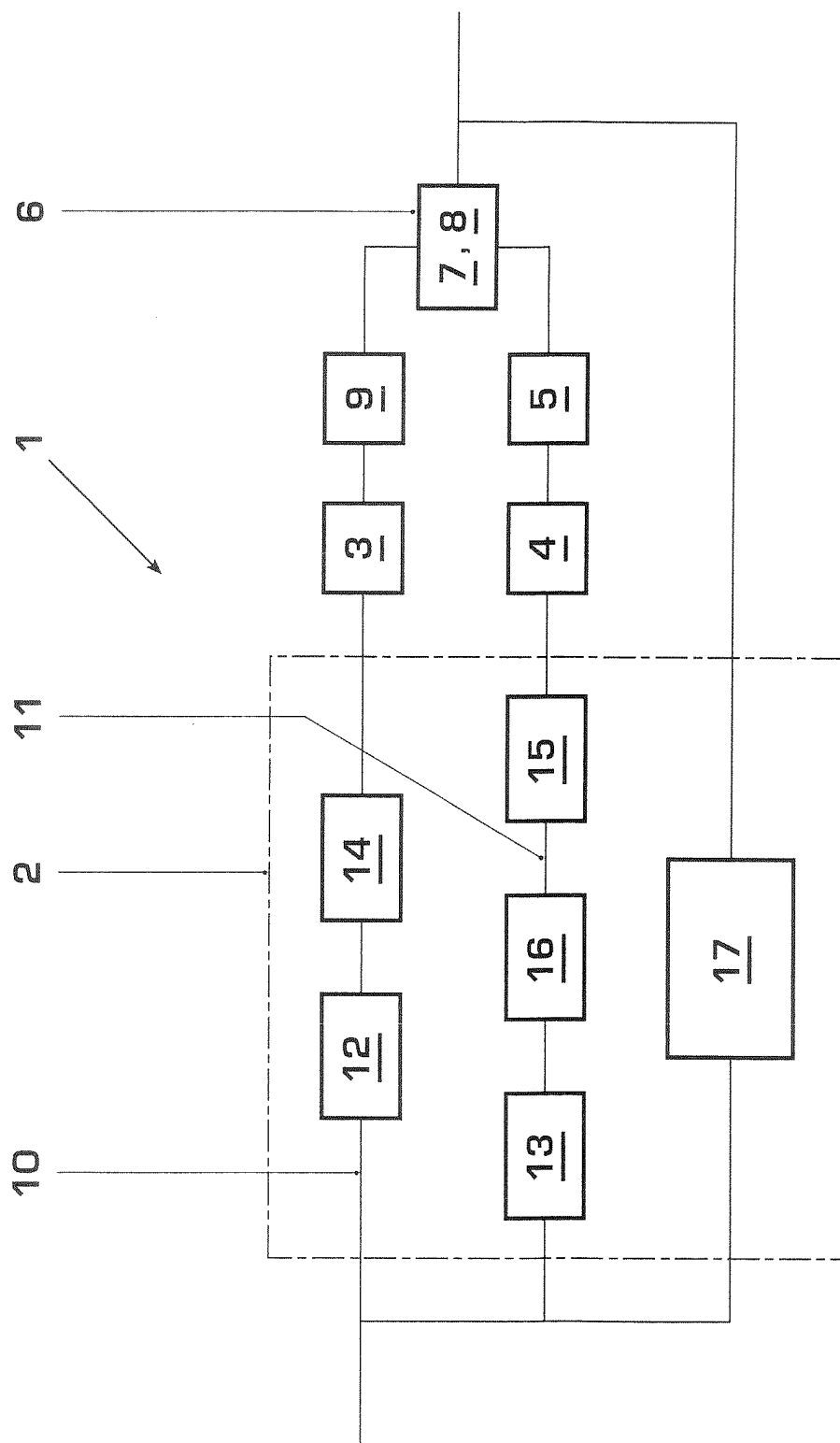


Fig. 1