(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 628 A2

(51) Int. Cl.: F02C 9/00 (2006.01)
F23R 3/26 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01289/10

(22) Anmeldedatum: 10.08.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.02.2011

(30) Priorität: 12.08.2009 US 12/539,763

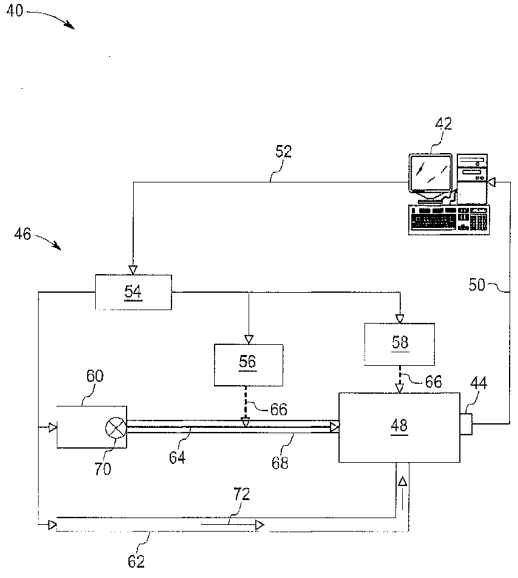
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Kapil Kumar Singh, Niskayuna, New York 12309 (US)
Fei Han, Niskayuna, New York 12309 (US)
Shiva Srinivasan, Greenville, South Carolina 29615 (US)
Kwanwoo Kim, Greenville, South Carolina 29615 (US)
Preetham Balasubramanyam,
Niskayuna, New York 12309 (US)
Nan Zong, Greenville, South Carolina 29615 (US)
Qingguo Zhang, Niskayuna, New York 12309 (US)

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

(54) Gasturbinenmaschinensteuersystem mit akustischem Treiber und/oder strömungsbeeinflussender Vorrichtung zur Steuerung der Verbrennungsdynamik.

(57) Ein Steuersystem (40), für eine Gasturbinenmaschine weist ein Datenakquisitions- und Analysesystem (42) zum Empfangen eines Signals (50) von einem Verbrennungsdynamiksensor (44) und zum Liefern eines Ausgangssignals (52) sowie ein Verbrennungsdynamiksteuersystem (46) zur Steuerung der Verbrennungsdynamik auf der Basis des Ausgangssignals (52) auf. Das Steuersystem (46) ist mit einer Spülluftströmung (64) verbunden und weist einen akustischen Treiber (56) oder eine strömungsbeeinflussende Vorrichtung (60) oder beides auf, um zur Steuerung der Verbrennungsdynamik die in ein Brennerrohr (48) eintretende Spülluftströmung (64) zu steuern.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein Verfahren zur Steuerung des Betriebs von Gasturbinenmaschinen und insbesondere ein Verfahren zur Steuerung der Verbrennungsdynamik in Gasturbinen.

[0002] Gasturbinenmaschinen bzw. -triebwerke enthalten einen Verdichter, einen Brenner und eine Turbine, die mit dem Verdichter gekoppelt ist. Der Brenner kann mehrere Brennerrohre enthalten. Den Brennerrohren werden komprimierte Luft und Brennstoff zugeführt, um Hochgeschwindigkeits- und Hochdruck-Verbrennungsgase zu erzeugen. Diese Verbrennungsgase werden zu der Turbine ausgegeben. Die Turbine extrahiert Energie aus den Verbrennungsgasen, um Leistung zu erzeugen, die auf unterschiedliche Weise genutzt werden kann, wie beispielsweise um den Verdichter anzutreiben, um einen elektrischen Generator anzutreiben oder um ein Flugzeug anzutreiben.

[0003] Gasturbinenmaschinen bzw. -triebwerke arbeiten unter unterschiedlichen Lastbedingungen, die eine Veränderung der Verbrennungsbetriebsbedingungen für die Brenner erfordern, um eine gewünschte Leistung zu erfüllen. Unter bestimmten Bedingungen kann das Verbrennungsphänomen mit Eigenschwingungszuständen von Brennern wechselwirken, wodurch eine Rückkopplungsschleife geschaffen wird. Dies führt zu Druckschwankungen oder -Störungen hoher Amplitude. Diese Druckstörungen werden als Verbrennungsdynamik bezeichnet. Eine Verbrennungsdynamik ist in der Lage, die Betriebsbedingungen der Gasturbinen einzuschränken, und kann ferner eine Beschädigung von Bauteilen oder ungeplanten Stillstand verursachen.

[0004] Die Verbrennungsdynamik; ist ein Problem, dem alle Arten von Brennern ausgesetzt sind. Auf Grund der Konstruktion ist die Verbrennungsdynamik bei modernen Verbrennungssystemen mit Vormischung, die entwickelt worden sind, um reduzierte Emissionen zu erreichen, im Verhältnis schwerwiegender. Es wäre folglich wünschenswert, ein Verfahren zur Steuerung der Verbrennungsdynamik in Gasturbinenmaschinen bzw. -triebwerken zu schaffen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Gemäss einer Ausführungsform, wie sie hierin offenbart ist, weist ein Steuersystem für eine Gasturbinenmaschine bzw. ein Gasturbinentriebwerk ein Datenakquisitions- und Analysesystem zur Entgegennahme eines Signals von einem Verbrennungsdynamiksensor und zur Lieferung eines Ausgangssignals sowie ein Verbrennungsdynamiksteuersystem zur Steuerung der Verbrennungsdynamik auf der Basis des Ausgangssignals auf. Das Steuersystem ist mit einer Spülluftströmung verbunden und weist einen akustischen Treiber oder eine Strömungsbeeinflussende Vorrichtung oder beides auf, um zur Steuerung der Verbrennungsdynamik die in das Brennerrohr eintretende Spülluftströmung zu stören.

[0006] Gemäss einer weiteren hierin offenbarten Ausführungsform weist ein Steuerverfahren für eine Gasturbinenmaschine bzw. ein Gasturbinentriebwerk ein Empfangen eines Signals von einem Verbrennungsdynamiksensor und Steuern der Verbrennungsdynamik auf der Basis des empfangenen Signals durch Stören einer Spülluftströmung, die in ein Brennerrohr eintritt, unter Verwendung von akustischen Signalen, Strömungsbeeinflussung oder einer Kombination von diesen auf.

[0007] Gemäss einer weiteren hierin offenbarten Ausführungsform weist ein System für eine Gasturbinenmaschine bzw. ein Gasturbinentriebwerk ein Datenakquisitions- und Analysesystem zum Empfangen eines Signals von einem Verbrennungsdynamiksensor und zum Ausgeben eines Ausgangssignals sowie ein Verbrennungsdynamiksteuersystem zur Steuerung der Verbrennungsdynamik auf der Basis des Ausgangssignals auf. Das Steuersystem weist eine Steuereinrichtung und wenigstens eine(n) von einem akustischen Treiber, einer Strömungsbeeinflussenden Vorrichtung und einem speziellen, dedizierten Strömungspfad zum Zuführen einer Strömung in ein Brennerrohr auf, um eine in das Brennerrohr eintretende Spülluftströmung zu stören, ein Wirbelphänomen in dem Brennerrohr zu stören oder beides, um die Verbrennungsdynamik zu steuern.

[0008] Gemäss einer weiteren hierin offenbarten Ausführungsform weist ein Steuerverfahren für eine Gasturbinenmaschine bzw. ein Gasturbinentriebwerk ein Empfangen eines Signals von einem Verbrennungsdynamiksensor und Steuern der Verbrennungsdynamik auf der Basis des empfangenen Signals durch Stören einer Spülluftströmung, die in ein Brennerrohr eintritt, eines Wirbelphänomens in dem Brennerrohr oder beider mit akustischen Signalen, Strömungsbeeinflussung, einem speziellen Zufluss in ein Brennkammerrohr oder einer Kombination von diesen auf.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] 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 überall in den Figuren gleiche Teile bezeichnen:

Fig. 1 zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinenmaschinensystems.

Fig. 2 zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinenbrenners.

Fig. 3 veranschaulicht einen Abschnitt des Gasturbinenbrennersystems.

Fig. 4 veranschaulicht ein funktionelles Blockschaltbild eines Gasturbinenmaschinensteuersystems gemäss hierin offenbarten Aspekten.

Fig. 5 veranschaulicht ein Blockdiagramm eines Datenakquisitions- und Analysesystems gemäss hierin offenbarten Aspekten.

Fig. 6 veranschaulicht ein Blockdiagramm eines Gasturbinensteuerverfahrens gemäss hierin offenbarten Aspekten.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0010] Hierin offenbarte Ausführungsformen enthalten ein System und Verfahren zur Steuerung der Verbrennungsdynamik in Gasturbinenmaschinen (bzw. -triebwerken). Das System und das Verfahren steuern die Verbrennungsdynamik in einem Brennerrohr, indem sie einen in das Brennerrohr eintretenden Spülluftstrom, ein Wirbelphänomen in dem Brennerrohr oder beides stören. Es werden akustische Signale, Strömungsbeeinflussung, ein dedizierter Strömungspfad oder eine Kombination von diesen dazu verwendet, den Spülluftstrom und das Wirbelphänomen zu stören. Obwohl das System und das Verfahren hierin im Zusammenhang mit einer Hochleistungs-Gasturbinenmaschine beschrieben sind, die für eine industrielle Anwendung verwendet wird, sind das System und Verfahren auch auf andere Brennkraftmaschinensysteme, die in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, für Luftfahrt-, Schifffahrt-, Hubschrauber- und Antriebsmaschinenanwendungen, anwendbar. In dem hierin verwendeten Sinne umfassen die Einzelformen, wie beispielsweise «ein», «eine» und «der», «die», «das» mehrere in Bezug genommene Elemente, sofern aus dem Zusammenhang nicht deutlich etwas anderes hervorgeht.

[0011] Fig. 1 veranschaulicht eine beispielhafte Gasturbinenmaschine 10. Die Gasturbinenmaschine 10 enthält einen mehrstufigen axialen Verdichter 12, einen Brenner 14 mit mehreren Rohren und eine mehrstufige Turbine 16. Durch den Verdichter 12 wird Umgebungsluft eingesaugt und auf einen höheren Druck und eine höhere Temperatur komprimiert. Die komprimierte Luft wird anschliessend zu dem Brenner 14 geliefert. In dem Brenner 14 wird die ankommende komprimierte Luft mit Brennstoff vermischt, und das Brennstoff-Luft-Gemisch wird verbrannt, um Verbrennungsgase hohen Drucks und hoher Temperatur zu erzeugen. Diese Verbrennungsgase werden zu der Turbine 16 ausgegeben. Die Turbine 16 extrahiert Energie aus den Verbrennungsgasen. Die aus der Turbine 16 entnommene Energie kann für verschiedene Zwecke, wie beispielsweise zur Erzeugung elektrischen Stroms, zur Erzielung eines Antriebsschubs oder zur Bereitstellung einer Wellenleistung für Schifffahrt- oder Antriebsmaschinenanwendungen, dienen.

[0012] Fig. 2 zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinenbrenners 14. Der Brenner 14 kann von einer Bauart einer Ringbrennkammer, einer Rohrbrennkammer oder einer Ringrohrbrennkammer sein. Der Brenner 14 kann in Abhängigkeit von der vorgesehenen Anwendung unterschiedliche Arten von Düsen 16 aufweisen. Moderne Brenner mit geringer Emission verwenden gewöhnlich eine Vormischerdüse, in der Brennstoff in einen Luftstrom injiziert und damit vermischt wird, bevor er eine Brennkammer 18 erreicht. Ein typischer Brenner 14 hat mehrere Vormischerdüsengruppen und unterschiedliche Anzahl von Düsen in jeder Gruppe. Dies ist erforderlich, um unter verschiedenen Lastbedingungen die Leistungsziele zu erreichen. Die Klassifikation der verschiedenen Düsengruppen hängt von ihrem Verwendungszweck ab.

[0013] Fig. 3 veranschaulicht einen Abschnitt des Gasturbinenverbrennungssystems 20 in Bezug auf ein einzelnes Brennerrohr. Das Brennersystem 20 enthält ein Brennerrohr oder Brennkammerrohr 22, das darin eine Brennkammer 24 definiert. Das Brennerrohr 22 weist eine im Wesentlichen ringförmige Gestalt auf und enthält eine Auskleidung 26. Brennstoff wird in das Brennerrohr 22 durch eine Düse 28 eingespritzt. Das System 20 enthält ferner ein Brennerrohr 30, Verwirbler 32 mit Leitschaufeln und eine Spülluftzufuhrleitung 34. Die Verwirbler 32 fördern eine Gegendrehung zu einer zu dem Brennkammerrohr 22 zugeführten Luftströmung. In der Brennkammer 24 wird während des Betriebs der Gasturbine in der Nähe der Flammenfläche 38 eine Wirbelstruktur 36 erzeugt. Es können Wirbelphänomene, wie eine Wirbelablösung von der Flamme und eine Flammen-Wirbel-Wechselwirkung, während des Betriebs der Gasturbine erzeugt werden.

[0014] Fig. 4 veranschaulicht ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines Gasturbinenmaschinensteuersystems 40. Das Steuersystem 40 enthält ein Datenakquisitions- und Analysesystem 42, einen Verbrennungsdynamiksensor 44 und ein Verbrennungsdynamiksteuersystem 46. Obwohl lediglich ein einziges Brennerrohr 48 veranschaulicht ist, kann das Steuersystem für eine beliebige Anzahl von Brennerrohren eingerichtet sein. In einer Ausführungsform ist jedes Brennerrohr 48 mit dem Verbrennungsdynamiksensor 44 ausgestattet.

[0015] Der Verbrennungsdynamiksensor 44 erzeugt Signale 50, die eine Verbrennungsdynamik repräsentieren. Der Sensor 44 kann entweder Druckschwankungen oder Flammenstörungen im Inneren des Brennerrohrs überwachen. Der Sensor 44 kann ein Drucksensor oder ein Flammensensor, beispielsweise ein optischer oder chemischer Sensor zur Messung einer Flammenreaktion, sein. Die Signale 50 von dem Sensor 44 werden dem Datenakquisitions- und Analysesystem 42 zugeführt.

[0016] Das Datenakquisitions- und Analysesystem 42 empfängt die Signale 50 von dem Sensor 44 und verarbeitet diese, um ein Ausgangssignal 52 zu dem Verbrennungsdynamiksteuersystem 46 zu liefern. Es können verschiedene Signalverarbeitungsmethoden verwendet werden, um die von dem Brennerrohr empfangenen Signale 50 zu verarbeiten, um das Ausgangssignal 52 zu erzeugen, das die Verbrennungsdynamik genau repräsentiert. Das Ausgangssignal 52 wird anschliessend von dem Verbrennungsdynamiksteuersystem zur Steuerung der Verbrennungsdynamik genutzt.

[0017] Schwankungen des Äquivalenzverhältnisses (Brennstoff-Luft-Verhältnisses) und der Geschwindigkeit (Durchflussrate) sind die Hauptfaktoren, die für die Herbeiführung einer Verbrennungsdynamik verantwortlich sind. Wirbelphänomene, wie beispielsweise eine Wirbelablösung von einer Flamme und eine Flammen-Wirbel-Wechselwirkung, sind ebenfalls dafür verantwortlich, dass eine Verbrennungsdynamik verursacht wird. Das Verbrennungsdynamiksteuersystem 46 reduziert die Verbrennungsdynamik, indem es das Äquivalenzverhältnis, die Geschwindigkeit, die Wirbelphänomene oder eine beliebige Kombination von diesen schwanken lässt oder stört. Es sollte beachtet werden, dass die Ausdrücke «Schwankungen», «Störungen», «Oszillationen» in dem Kontext dieser Anmeldung gegeneinander austauschbar verwendet werden können.

[0018] In einer Ausführungsform weist das Verbrennungsdynamiksteuersystem 46 eine Steuereinrichtung 54, akustische Treiber 56 und 58, eine Strömungsbeeinflussende Vorrichtung 60 und einen speziellen, dedizierten Strömungspfad 62 auf. Der akustische Treiber 56, die Strömungsbeeinflussende Vorrichtung 60 oder beide werden verwendet, um einen Spülluft- oder Inertgasstrom 64, der in das Brennerrohr eintritt, zu stören. Der Spülluftstrom 64 kann in das Brennerrohr 48 durch einen (nicht veranschaulichten) Verteilungskanal, einen (nicht veranschaulichten) Öleinsatz oder andere (nicht veranschaulichte) Düsenkanäle eintreten. Der akustische Treiber 56 ist konfiguriert, um akustische Energie oder akustische Wellen 66 durch den Spülluftstrom 64 hindurch zu senden. Die akustischen Treiber können Sirenenvorrichtungen, Lautsprecher oder eine andere ähnliche Einrichtung enthalten, die in der Lage ist, akustische Wellen mit einer gewünschten Frequenz zu erzeugen. In einer Ausführungsform kann der akustische Treiber 56 in dem Pfad 68 der Spülluftströmung 64 platziert sein. Die akustischen Signale 66, die durch die Spülluft hindurch treten, erzeugen in der Spülluftströmung Störungen.

[0019] Als die Strömungsbeeinflussende Vorrichtung kann ein Störventil 70 verwendet werden. Das Störventil 70 ist in dem Pfad der Spülluftströmung platziert. Wenn es aktiviert ist, erzeugt das Störventil 70 Schwankungen in der Spülluftströmung 64. In einer Ausführungsform ist das Störventil ein fluidisches Ventil. Alternativ kann das Störventil ein mechanisches Ventil, ein elektromechanisches Ventil oder jedes beliebige sonstige Ventil sein, das in der Lage ist, Störungen des Durchflussstroms herbeizuführen.

[0020] Falls das Ausgangssignal 52 eine Verbrennungsdynamik; anzeigt, liefert die Steuereinrichtung 54 Befehle, um die Spülluftströmung 64 zu stören. Die Steuereinrichtung 54 aktiviert den akustischen Treiber 56 oder das Störventil 70 oder beide, um die Spülluftströmung 64 zu stören. Die gestörte Spülluftströmung 64 verursacht wiederum Störungen des Äquivalenzverhältnisses und der Geschwindigkeit an der Flammenbasis und breitet sich durch die Flamme aus. Die Schwankungen des Äquivalenzverhältnisses und der Geschwindigkeit beeinflussen die Verbrennung in dem Brennerrohr 48 und die Wechselwirkung der Verbrennung mit dem akustischen Feld, wodurch die Verbrennungsdynamik verringert wird.

[0021] Der spezielle Strömungspfad 62 wird zur Lieferung einer Strömung 72 in das Brennerrohr 48 verwendet. Diese Strömung 72 kann Brennstoff, Luft oder ein Gemisch aus Brennstoff und Luft enthalten. Die Strömung 72 aus dem speziellen Strömungspfad 62 tritt in das Brennerrohr 48 ein und stört Wirbelphänomene. Zusätzlich kann ein zusätzlicher akustischer Treiber 58 eingerichtet sein, um eine akustische Welle 66 in das Brennerrohr 48 zu senden, um das Wirbelphänomen zu stören.

[0022] Falls das Ausgangssignal 52 eine Verbrennungsdynamik anzeigt, liefert die Steuereinrichtung 54 Befehle, um die Wirbelphänomene zu stören. Die Steuereinrichtung 54 kann die Strömung 72 steuern, die in das Brennerrohr eingebracht wird, und/oder kann den akustischen Treiber 58 aktivieren, um Wirbelphänomene zu stören. Störungen der Wirbelphänomene stören Wirbelphänomene, wie beispielsweise eine Wirbelablösung von der Flamme und eine Flammen-Wirbel-Wechselwirkung, wodurch die Verbrennungsdynamik verringert oder eliminiert wird.

[0023] Die Steuereinrichtung 54 steht in Echtzeit-Kommunikationsverbindung mit dem Datenakquisitions- und Analysesystem 42.

[0024] Die Steuereinrichtung 54 kann jeden beliebigen bzw. jede beliebige von den akustischen Treibern 56 und 58, der strömungsbeeinflussenden Vorrichtung 60 und der Strömung 72 von dem speziellen Strömungspfad 62 entweder alleine oder in verschiedenen Kombinationen miteinander steuern. Zum Beispiel kann für den Fall, dass ein Ausgangssignal 52 in einer ersten Instanz eine Verbrennungsdynamik anzeigt, die Steuereinrichtung 54 lediglich den akustischen Treiber 56 in dem Spülluftströmungspfad 68 aktivieren, um eine akustische Welle 66 auszusenden. Nach Aktivierung des akustischen Treibers 56 kann eine Veränderung der Verbrennungsdynamik eintreten. Ein nachfolgendes Ausgangssignal in einer zweiten Instanz von dem Datenakquisitions- und Analysesystem 42 zeigt an, ob die Aktivierung des akustischen Treibers 56 die Verbrennungsdynamik reduzierte oder eliminierte. Falls keine Veränderung der Verbrennungsdynamik vorliegt oder falls eine Vergrösserung der Verbrennungsdynamik vorliegt, kann die Steuereinrichtung 54 den akustischen Treiber 56 einstellen, um eine akustische Welle mit einer anderen Frequenz zu senden. Ein Ausgangssignal in einer dritten Instanz zeigt jede Auswirkung auf die Verbrennungsdynamik an. Dieser Prozess kann wiederholt werden, um die Verbrennungsdynamik zu reduzieren.

[0025] In ähnlicher Weise kann die Steuereinrichtung 54 die strömungsbeeinflussende Vorrichtung 60 entweder alleine oder in Kombination mit dem akustischen Treiber 56 aktivieren und nach der Aktivierung eine Rückmeldung anhand des Ausgangssignals 52 überprüfen. Falls die Rückmeldung eine Reduktion oder Beseitigung der Verbrennungsdynamik an-

zeigt, kann die Steuereinrichtung 54 den akustischen Treiber 56 und die strömungsbeeinflussende Vorrichtung 60 deaktivieren, und es wird ein normaler Betrieb wiederaufgenommen.

[0026] Falls die Steuerung der Strömungsbeeinflussenden Vorrichtung 60, des akustischen Treibers 56 oder der Kombination von beiden keine Reduktion der Verbrennungsdynamik ergibt, wird dies derart interpretiert, dass die Verbrennungsdynamik nicht durch Schwankungen des Äquivalenzverhältnisses oder der Geschwindigkeit hervorgerufen ist. Folglich besteht eine Möglichkeit, dass eventuell Wirbelphänomene die Verbrennungsdynamik hervorrufen. Die Steuereinrichtung 54 kann dann den zusätzlichen akustischen Treiber 58 aktivieren. Zusätzlich kann die Steuereinrichtung 54 auch den Stromfluss 72 von dem speziellen Strömungspfad 62 starten. Falls die Rückmeldung von dem Datenakquisitions- und Analysesystem 42 eine Reduktion oder Beseitigung der Verbrennungsdynamik anzeigt, kann die Steuereinrichtung 54 den akustischen Treiber 58 deaktivieren und die Strömung 72 stoppen.

[0027] Wie vorstehend erläutert, kann die Steuereinrichtung 54 jede (n) beliebige(n) von den akustischen Treibern 56 und 58, der Strömungsbeeinflussenden Vorrichtung 60 und der Strömung 72 von dem speziellen Strömungspfad 62 entweder alleine oder in verschiedenen Kombinationen miteinander und auch in unterschiedlicher Reihenfolge steuern. Die Steuereinrichtung 54 und das Datenakquisitions- und Analysesystem 42 stehen in Echtzeit-Kommunikationsverbindung miteinander. Folglich kann die Steuereinrichtung 54 unterschiedliche Steuerungskombinationen ausprobieren, um die Verbrennungsdynamik in einer verhältnismässig kurzen Zeit zu reduzieren, lange bevor eine Verbrennungsdynamik zu unerwünschten Effekten im Betrieb von Gasturbinen führt.

[0028] Fig. 5 veranschaulicht ein Blockdiagramm einer Ausführungsform einer Signalverarbeitungsmethode 80, die von dem Datenakquisitions- und Analysesystem eingesetzt wird. In einer Ausführungsform werden Signale 82 von einem Verbrennungsdynamiksensor durch ein Antialiasing-Filter 84 geschickt, um eine minimale Verzerrung auf Grund von Hochfrequenzkomponenten sicherzustellen. Das Signal wird anschliessend durch ein Bandpassfilter 86 verarbeitet, um den Frequenzgehalt des Signals zu beschneiden, um Daten innerhalb eines interessierenden Frequenzbandes zu erhalten. Anschliessend wird eine Bestimmung der Abtastfrequenz in Block 88 entsprechend dem Nyquist-Kriterium vorgenommen, das festlegt, dass eine Abtastfrequenz wenigstens doppelt so gross wie die maximale interessierende Frequenz sein muss. In ähnlicher Weise wird ein Abtastfenster entsprechend der benötigten Frequenzauflösung und dem Energieverlust ausgewählt. Das Signal wird anschliessend einer Analyseeinrichtung 90 zur schnellen Fouriertransformation (FFT) zugeführt, die ein Zeitbereichssignal in ein Frequenzbereichssignal wandelt. Die Frequenzspektren werden in Block 92 mehrere Male (z.B. 64 Mal) gemittelt, um einen repräsentativeren Signalgehalt zu erhalten, der von Übergängen in dem System nicht beeinflusst ist. Die gemittelten Spektren werden anschliessend ausgewertet, und die höchste Frequenz und ihre Amplitude in verschiedenen Bändern werden in Block 94 bestimmt. Diese Höchstfrequenz- und Amplitudendaten bilden das Ausgangssignal 96, das zu der Steuereinrichtung geliefert wird.

[0029] Fig. 6 veranschaulicht ein Blockdiagramm eines Gasturbinensteuerverfahrens 100. In Block 102 wird ein Signal von einem Verbrennungsdynamiksensor empfangen. Die Bestimmung, ob das empfangene Signal eine Verbrennungsdynamik anzeigt, wird in Block 104 vorgenommen. Falls das Signal keine Verbrennungsdynamik anzeigt, schreitet das Verfahren anschliessend zum Block 102 fort. Falls das Signal eine Verbrennungsdynamik anzeigt, schreitet das Verfahren anschliessend zum Block 106 zur Steuerung der Verbrennungsdynamik fort. Die Verbrennungsdynamik kann entweder durch Störung der in ein Brennkammerrohr eintretenden Spülluftströmung in Block 108 oder durch Störung von Wirbelphänomenen in einem Brennkammerrohr in Block 110 gesteuert werden. Sowohl die Spülluftströmung als auch die Wirbelphänomene können gestört werden, um die Verbrennungsdynamik zu steuern.

[0030] Die Spülluftströmung wird durch Verwendung von akustischen Signalen, Strömungsbeeinflussung oder beiden gestört. Ein Wirbelphänomen in dem Brennerrohr wird durch akustische Signale, einen speziellen Stromfluss in ein Brennerrohr oder beides gestört. Nach den Blöcken 108 und 110 beginnt das Verfahren von vorne, und der Prozess wird wiederholt, bis die Verbrennungsdynamik entweder beseitigt oder auf ein akzeptables oder tolerierbares Niveau verringert worden ist.

[0031] Das System und Verfahren zur Steuerung der Gasturbinenmaschine bzw. des Gasturbinentriebwerks, wie vorstehend beschrieben, stellen somit einen Weg zur Steuerung der Verbrennungsdynamik anhand einer Störung einer Spülluftströmung und einer Störung von Wirbelphänomenen, um die Verbrennungsdynamik zu steuern, bereit. Das Steuersystem und -verfahren verringern oder beseitigen die Verbrennungsdynamik, um jede Beschädigung an Gasturbinen zu verhindern. Das Steuersystem und -verfahren können bei existierenden Gasturbinensteuersystemen integriert werden.

[0032] Es ist zu verstehen, dass gemäss einer beliebigen speziellen Ausführungsform nicht notwendigerweise all derartige Aufgaben und Vorteile, wie sie vorstehend beschrieben sind, erreicht werden können. Somit werden Fachleute auf dem Gebiet beispielsweise erkennen, dass die Systeme und Methoden, wie sie hierin beschrieben sind, auf eine Weise realisiert oder ausgeführt werden können, die einen Vorteil oder eine Gruppe von Vorteilen, wie hierin gelehrt, erreicht oder optimiert, ohne dass sie notwendigerweise andere Aufgaben erfüllt oder Vorteile erzielt, wie sie hierin gelehrt oder vorgeschlagen sein können.

[0033] Obwohl lediglich bestimmte Merkmale der Erfindung hierin veranschaulicht und beschrieben worden sind, werden Fachleuten auf dem Gebiet viele Modifikationen und Veränderungen einfallen. Es ist folglich zu verstehen, dass die beigefügten Ansprüche dazu vorgesehen sind, all derartige Modifikationen und Veränderungen, sofern sie in den Rahmen der Erfindung fallen, zu umfassen.

[0034] Ein Steuersystem 40 für eine Gasturbinenmaschine weist ein Datenakquisitions- und Analysesystem 42 zum Empfangen eines Signals 50 von einem Verbrennungsdynamiksensor 44 und zum Liefern eines Ausgangssignals 52 sowie ein Verbrennungsdynamiksteuersystem 46 zur Steuerung der Verbrennungsdynamik auf der Basis des Ausgangssignals 52 auf. Das Steuersystem 46 ist mit einer Spülluftströmung 64 verbunden und weist einen akustischen Treiber 56 oder eine Strömungsbeeinflussende Vorrichtung 60 oder beide auf, um zur Steuerung der Verbrennungsdynamik die in ein Brennerrohr 48 eintretende Spülluftströmung 64 zu steuern.

Bezugszeichenliste

[0035]

10	Gasturbinenmaschine, -triebwerk
12	Verdichter
14	Brenner mit mehreren Rohren
16	Turbine
18	Brennkammer
20	Gasturbinenverbrennungssystem
22	Brennerrohr, Brennkammerrohr
24	Brennkammer
26	Auskleidung
28	Düse
30	Brennerrohr
32	Verwirbler
34	Spülluftzufuhrleitung
36	Wirbelstruktur
38	Flammenfläche
40	Gasturbinenmaschinensteuersystem
42	Datenakquisitions- und Analysesystem
44	Verbrennungsdynamiksensor
46	Verbrennungsdynamiksteuersystem
48	Brennerrohr, Brennkammerrohr
50	Signal von dem Sensor
52	Ausgangssignal
54	Steuereinrichtung
56	akustischer Treiber
58	akustischer Treiber
60	Strömungsbeeinflussende Vorrichtung
62	spezieller Strömungspfad
64	Spülluftströmung
66	akustisches Signal
70	Störventil

72 Stromfluss

80 Signalverarbeitungsmethode

82 Signale

84 Antialiasing-Filter

86 Bandpassfilter

88 Block

90 Analyseeinrichtung zur schnellen Fouriertransformation (FFT)

92 Block

94 Block

100 Gasturbinensteuerverfahren

102 Block

104 Block

106 Block

108 Block

110 Block

Patentansprüche

1. Gasturbinenmaschinensteuersystem (40), das aufweist:
ein Datenakquisitions- und Analysesystem (42) zum Empfangen eines Signals (50) von einem Verbrennungsdynamiksensor (44) und zum Liefern eines Ausgangssignals (52) und;
ein Verbrennungsdynamiksteuersystem (46) zur Steuerung der Verbrennungsdynamik auf der Basis des Ausgangssignals (52), wobei das Steuersystem (46) einer Spülluftströmung (64) zugeordnet ist und einen akustischen Treiber (56) oder eine Strömungsbeeinflussende Vorrichtung (60) oder beides aufweist, um zur Steuerung der Verbrennungsdynamik die in ein Brennerrohr (48) eintretende Spülluftströmung (64) zu stören.
2. System (40) nach Anspruch 1, wobei das Steuersystem (46) die Verbrennungsdynamik steuert, falls das Ausgangssignal (52) eine Verbrennungsdynamik anzeigt.
3. System (40) nach Anspruch 1, wobei die strömungsbeeinflussende Vorrichtung (60) ein Störventil (70) in einem Pfad der Spülluftströmung (64) aufweist, um die Spülluftströmung (64) zu stören.
4. System (40) nach Anspruch 1, wobei der akustische Treiber (56) eingerichtet ist, um eine akustische Welle (66) in einen Pfad der Spülluftströmung (64) zu senden, um die Spülluftströmung zu stören.
5. System (40) nach Anspruch 1, wobei die Spülluftströmung (64) derart gestört ist, dass zur Verringerung der Verbrennungsdynamik Schwankungen des Äquivalenzverhältnisses und des Durchflussstroms bewirkt sind.
6. System (40) nach Anspruch 1, wobei das Steuersystem (46) ferner einen speziellen Strömungspfad (62) zur Lieferung eines Stromflusses (72) in das Brennerrohr (48) und einen zusätzlichen akustischen Treiber (58) aufweist.
7. System (40) nach Anspruch 6, wobei das Steuersystem (46) ferner eine Steuereinrichtung (54) aufweist, um die akustischen Treiber (56 und 58), die Strömungsbeeinflussende Vorrichtung (70) und den durch den speziellen Strömungspfad (62) gelieferte Stromfluss (72) zu steuern.
8. System (40) nach Anspruch 6, wobei ein Wirbelphänomen in dem Brennerrohr (48) durch den zusätzlichen akustischen Treiber (58), den durch den speziellen Strömungspfad (62) gelieferten Stromfluss (72) oder eine Kombination von beiden gestört wird, um die Verbrennungsdynamik zu steuern.
9. System (40) nach Anspruch 8, wobei der zusätzliche akustische Treiber (58) eingerichtet ist, um eine akustische Welle (66) in das Brennerrohr (48) hinein zu senden, um das Wirbelphänomen zu stören, wobei das Wirbelphänomen eine Wirbelablösung, eine Flammen-Wirbel-Wechselwirkung oder eine Kombination von diesen aufweist.
10. System (40) nach Anspruch 8, wobei der durch den speziellen Strömungspfad (62) gelieferte Stromfluss (72) Brennstoff, Luft oder ein Gemisch aus Brennstoff und Luft aufweist.

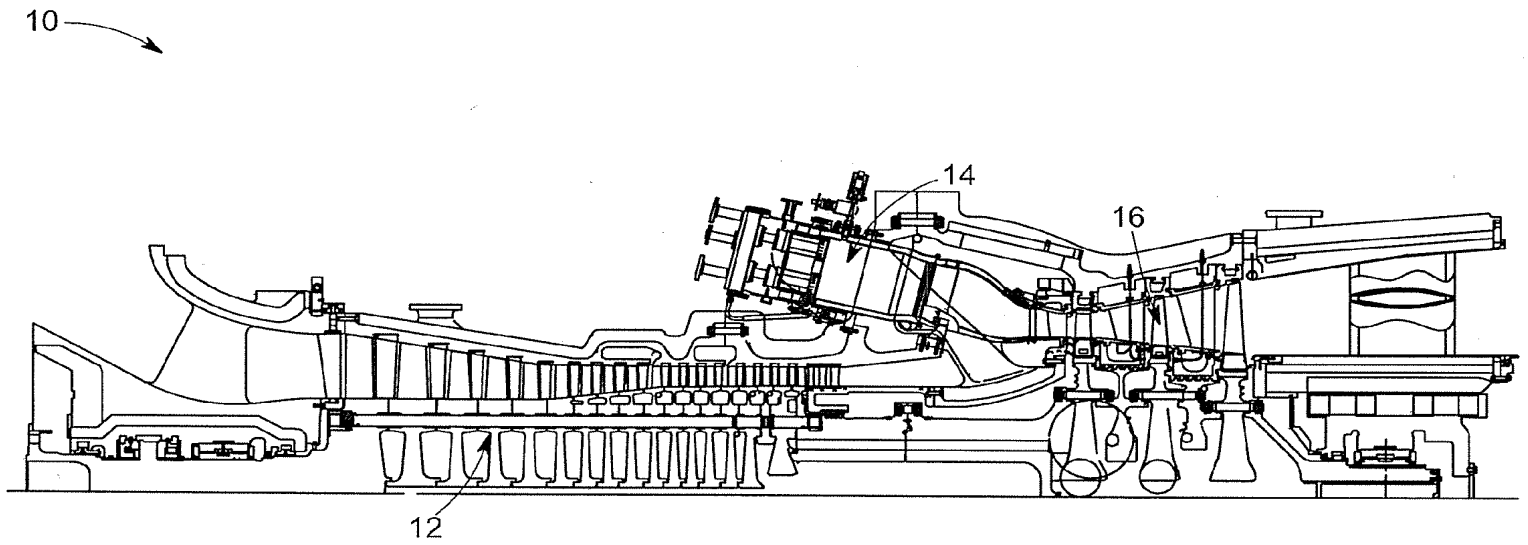


FIG. 1

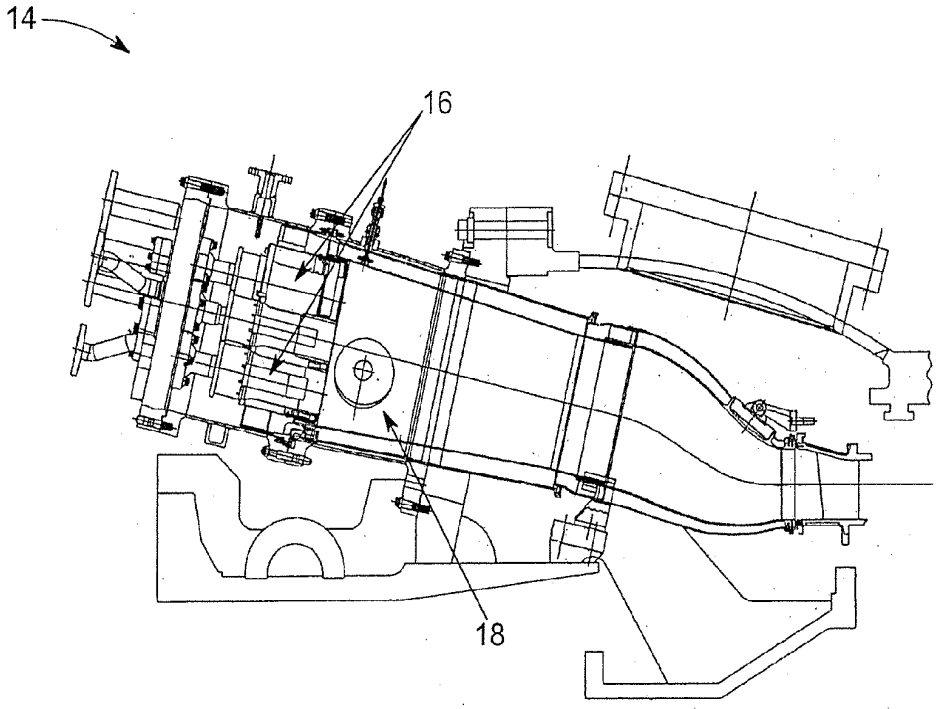


FIG. 2

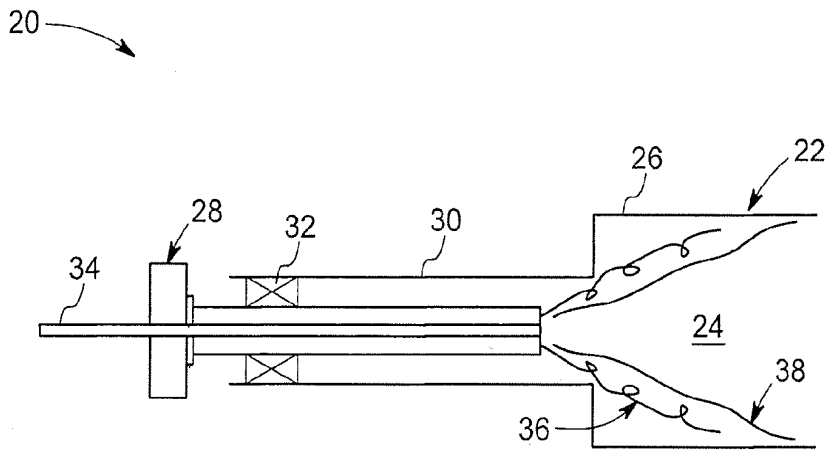


FIG. 3

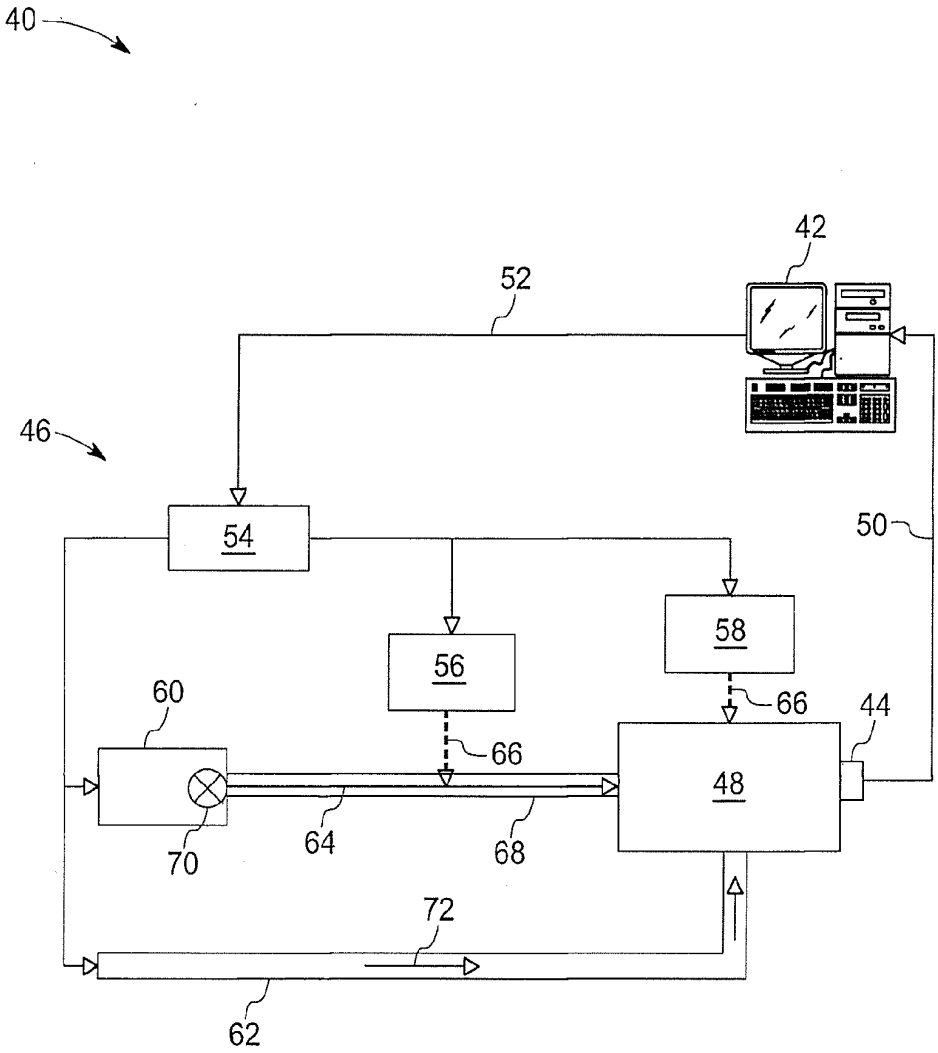


FIG. 4

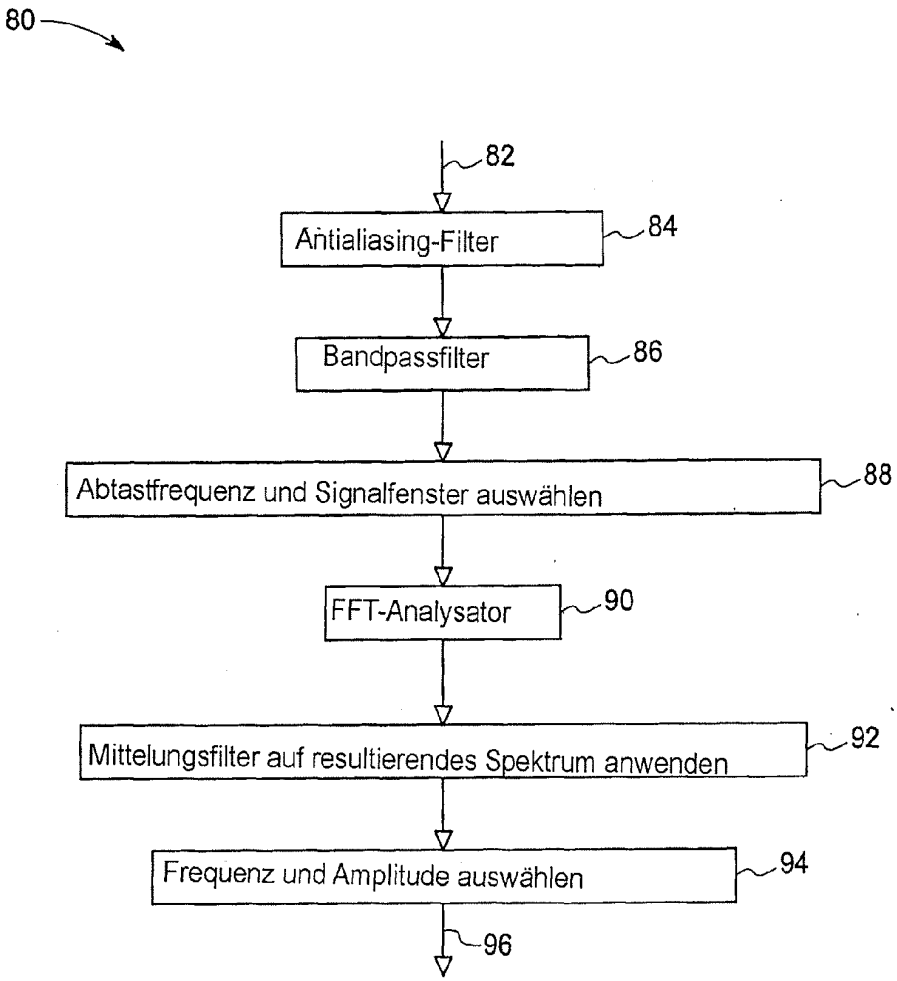

80
82
Antialiasing-Filter
84
Bandpassfilter
86
Abtastfrequenz und Signalfenster auswählen
88
FFT-Analysator
90
Mittelungsfilter auf resultierendes Spektrum anwenden
92
Frequenz und Amplitude auswählen
94
96

FIG. 5

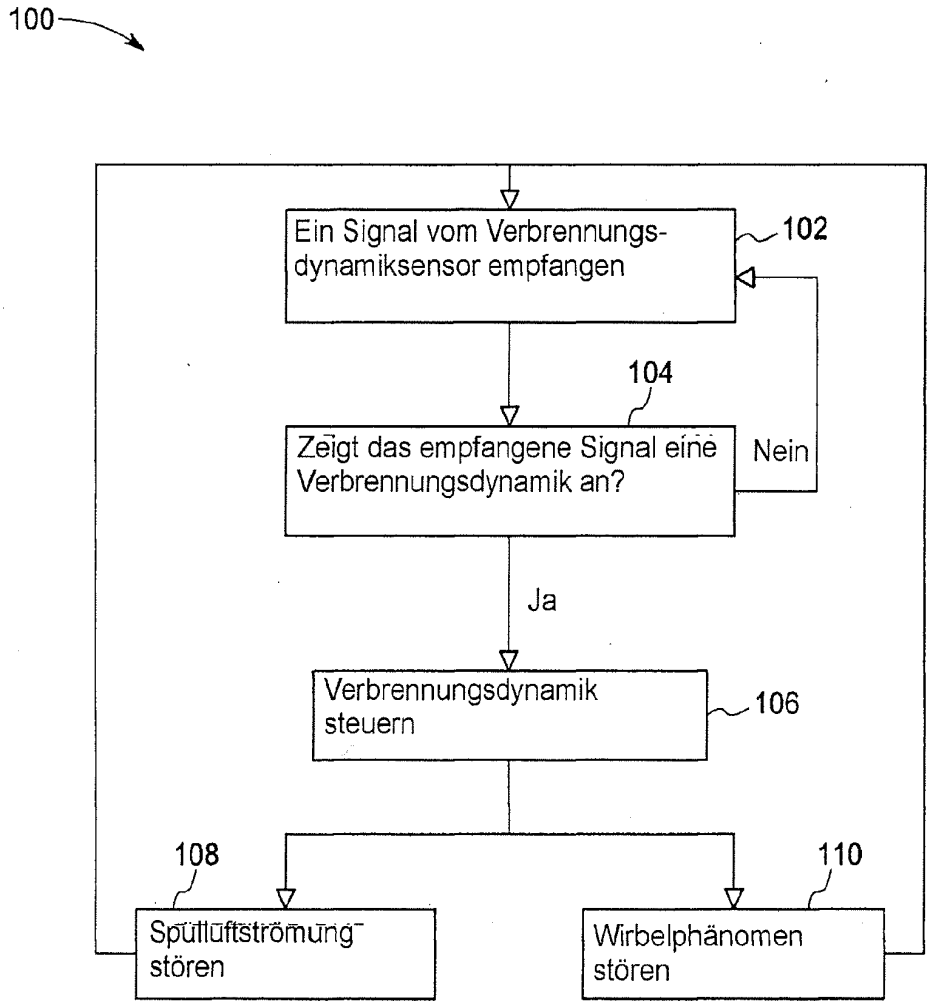

100
Ein Signal vom Verbrennungs-dynamiksensor empfangen
102
104
Zeigt das empfangene Signal eine Verbrennungsdynamik an?
Nein
Ja
Verbrennungsdynamik steuern
106
108
110
Spülluftströmung stören
Wirbelphänomen stören

FIG. 6