



(10) **DE 10 2010 036 802 A1** 2011.02.17

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 036 802.4**

(22) Anmeldetag: **02.08.2010**

(43) Offenlegungstag: **17.02.2011**

(51) Int Cl.⁸: **F02C 9/28** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

12/539,763 12.08.2009 US

(71) Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

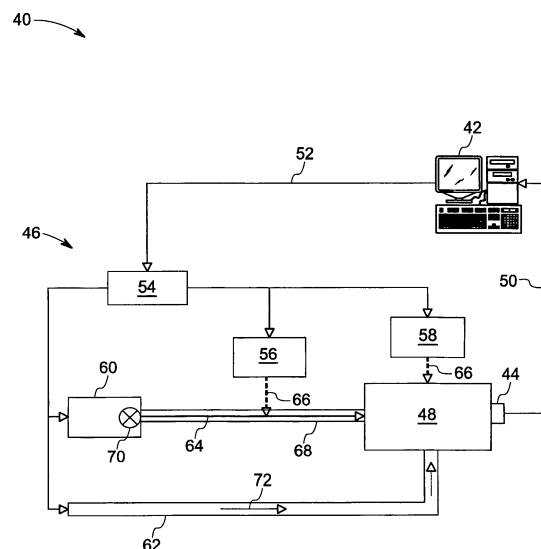
(72) Erfinder:

Singh, Kapil Kumar, Niskayuna, N.Y., US; Han, Fei, Niskayuna, N.Y., US; Srinivasan, Shiva, Greenville, S.C., US; Kim, Kwanwoo, Greenville, S.C., US; Balasubramanyam, Preetham, Niskayuna, N.Y., US; Zong, Nan, Greenville, S.C., US; Zhang, Qingguo, Niskayuna, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Steuerung der Verbrennungsdynamik von Gasturbinen**

(57) Zusammenfassung: Ein Steuersystem (40) für eine Gasturbinenmaschine weist ein Datenakquisitions- und Analysesystem (42) zum Empfangen eines Signals (50) von einem Verbrennungsdynamiksensord (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 ZU 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 Ba-

sis 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.

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:

[0010] **Fig. 1** zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinenmaschinensystems.

[0011] [Fig. 2](#) zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinenbrenners.

[0012] [Fig. 3](#) veranschaulicht einen Abschnitt des Gasturbinenbrennersystems.

[0013] [Fig. 4](#) veranschaulicht ein funktionelles Blockschaltbild eines Gasturbinenmaschinensteuersystems gemäß hierin offenbarten Aspekten.

[0014] [Fig. 5](#) veranschaulicht ein Blockdiagramm eines Datenakquisitions- und Analysesystems gemäß hierin offenbarten Aspekten.

[0015] [Fig. 6](#) veranschaulicht ein Blockdiagramm eines Gasturbinensteuerverfahrens gemäß hierin offenbarten Aspekten.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0016] 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-, Schiffahrt-, 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 was anderes hervorgeht.

[0017] [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 Schiffahrt- oder Antriebsmaschinenanwendungen, dienen.

[0018] [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 Vormischerdüsendgruppen und unterschiedliche Anzahl von Düsen in jeder Gruppe. Dies ist erforderlich, um unter verschiedenen Lastbedingungen die Leistungsziele zu erreichen. Die Klassifikation der verschiedenen Düsendgruppen hängt von ihrem Verwendungszweck ab.

[0019] [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.

[0020] [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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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 Sirenen- vorrichtungen, Lautsprecher oder eine andere ähnliche Einrichtung enthalten, die in der Lage ist, akustische Wellen mit einer gewünschten Frequenz zu er-

zeugen. 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.

[0025] 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.

[0026] Falls das Ausgangssignal 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] Die Steuereinrichtung **54** steht in Echtzeit-Kommunikationsverbindung mit dem Datenakquisitions- und Analysesystem **42**. Die Steuereinrichtung **54** kann jeden beliebigen bzw. jede beliebige von den akustischen Treibern **56** und **58**, der strö-

mungsbeeinflussenden 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.

[0030] 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 anzeigt, kann die Steuereinrichtung **54** den akustischen Treiber **56** und die strömungsbeeinflussende Vorrichtung **60** deaktivieren, und es wird ein normaler Betrieb wiederaufgenommen.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] [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.

[0034] [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.

[0035] 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.

[0036] Das System und Verfahren zur Steuerung der Gasturbinenmaschine bzw. des Gasturbinen-triebwerks, 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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

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 Durchflusstroms 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.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

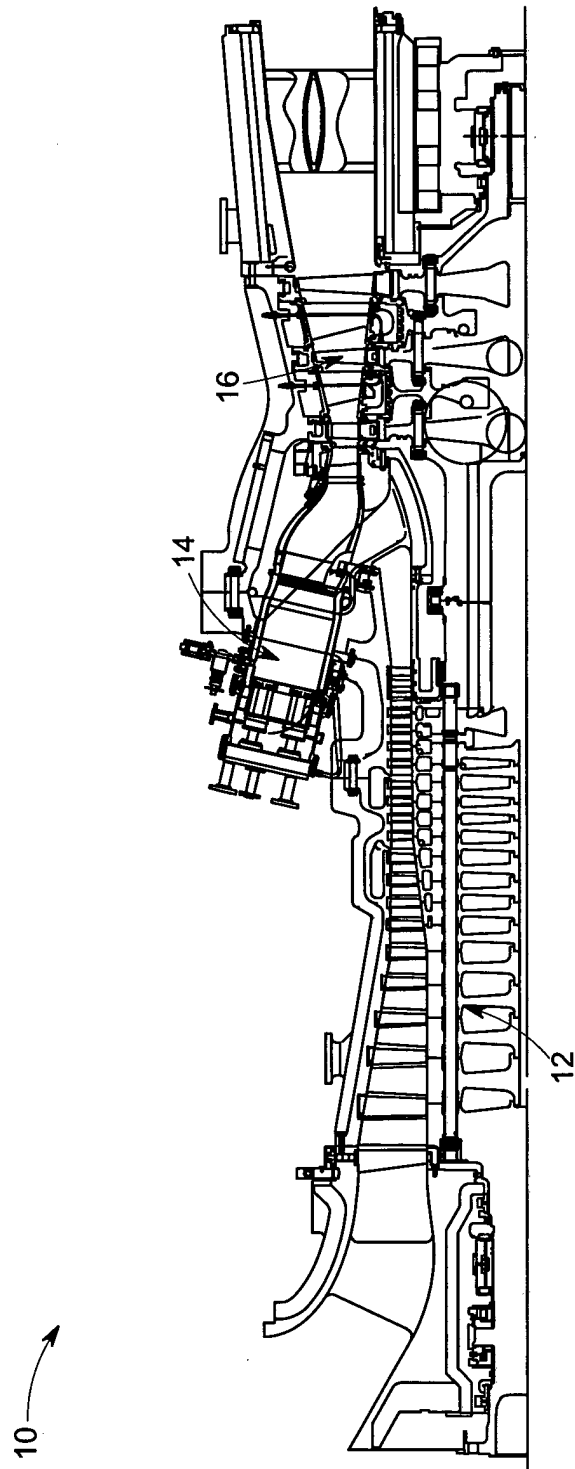


FIG. 1

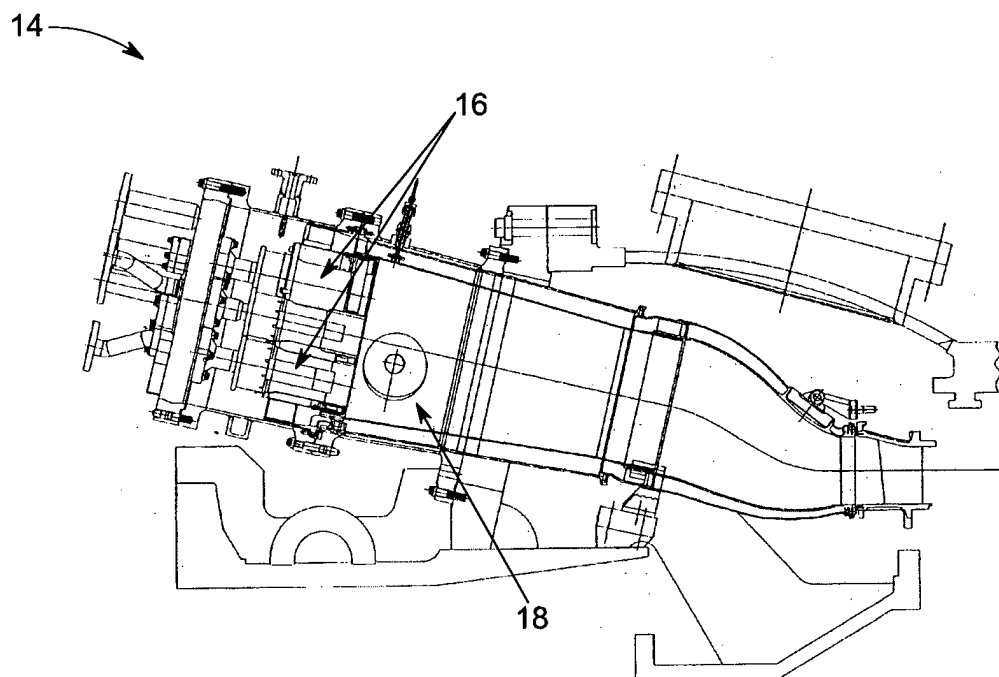


FIG. 2

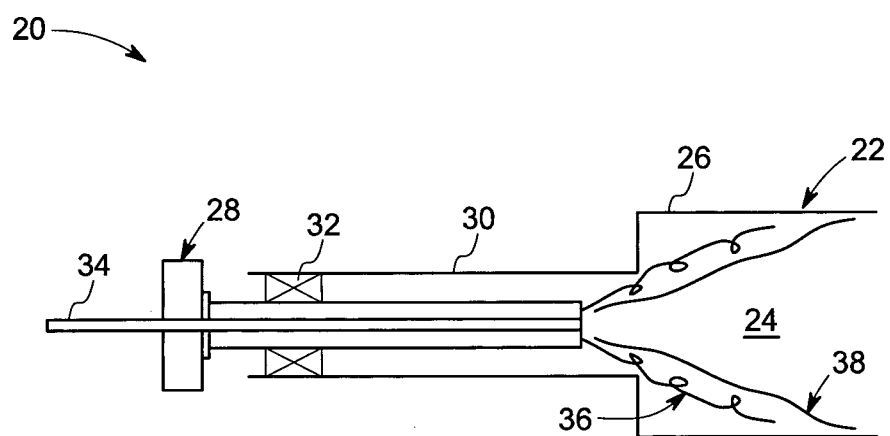


FIG. 3

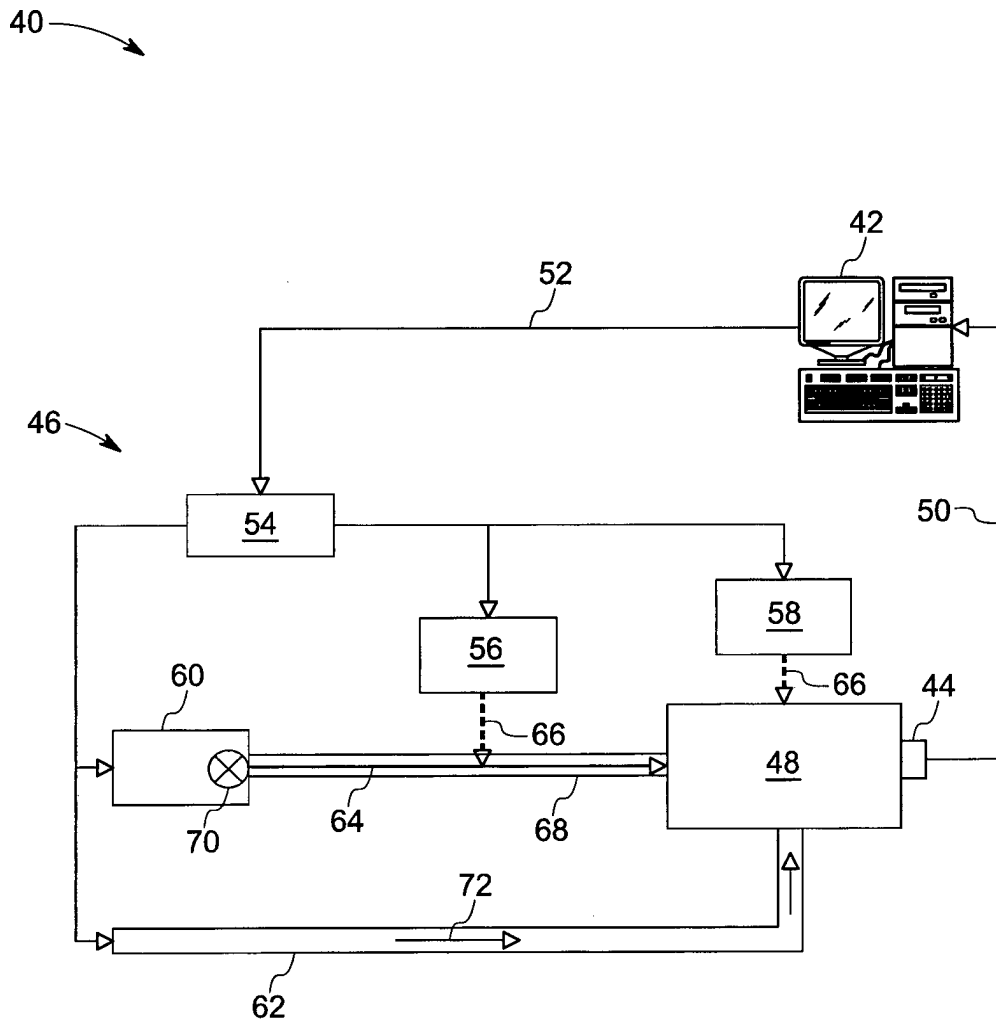


FIG. 4

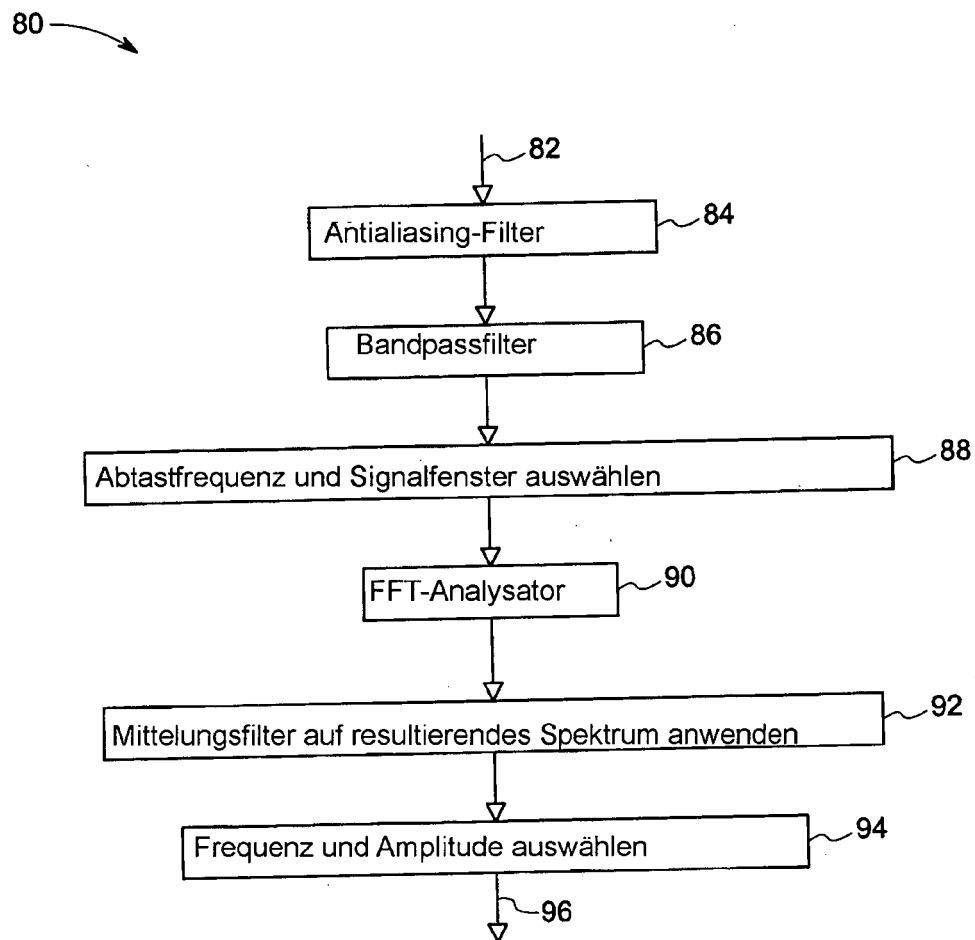


FIG. 5

100 →

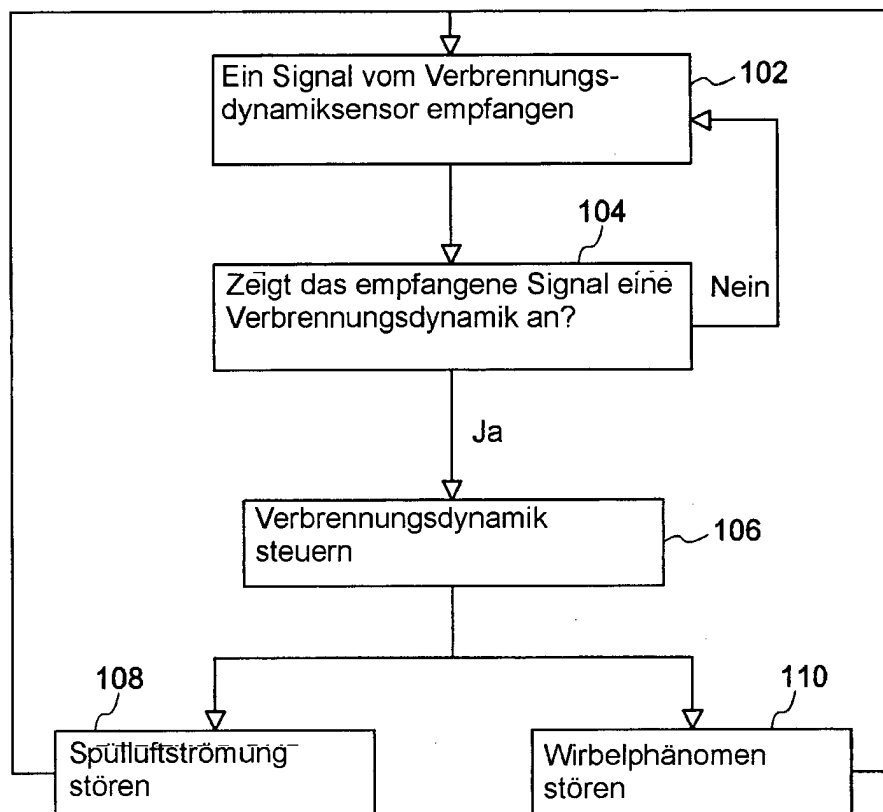


FIG. 6