

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

698 217 A2

(51) Int. Cl.: F02C 3/34 (2006.01)
F02C 9/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01871/08

(22) Anmeldedatum: 01.12.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.06.2009

(30) Priorität: 10.12.2007 US 11/953,556

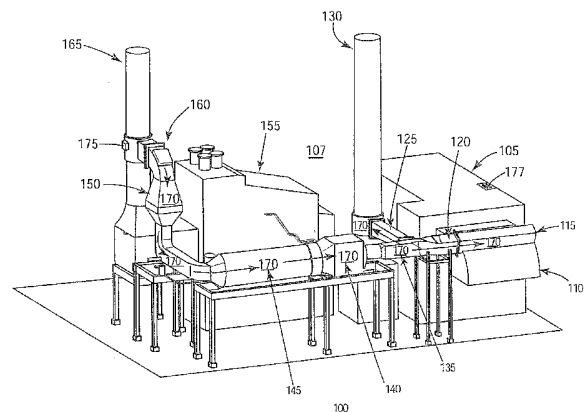
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:
Joell Randolph II Hibshman,
Greer, South Carolina 29651 (US)
Sam Draper, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)

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

(54) **Verfahren und System zur Regelung einer Durchflussrate eines rückgeführten Abgases.**

(57) Es wird ein Verfahren und System zur Regelung eines Abgasrückführungssystems (AGR-Systems) (107) bereitgestellt. Das AGR-System (107) führt einen Teil eines Abgases durch einen Einlassabschnitt der Turbomaschine (105) zurück. Das AGR-System (107) reduziert den Pegel der schädlichen Bestandteile im Abgasstrom (170), bevor die Rückführung erfolgt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Diese Anmeldung betrifft die gemeinsam abgetretene US-Patentanmeldung 11/928, 038 vom 30. Oktober 2007 und US-Patentanmeldung 11/953 524 vom 10. Dezember 2007.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Abgasrückführungssystem und insbesondere ein Verfahren und System zur Regelung der Abgasmenge, die nach der Behandlung durch ein Abgasrückführungssystem wieder in eine Turbomaschine eingeleitet wird.

[0003] Es gibt eine zunehmende Besorgnis über die Langzeitwirkungen von Stickoxid (nachstehend NO_x)-, Kohlendioxid (nachstehend «CO₂»-) und Schwefeloxid (SO_x)-Emissionen auf die Umwelt. Die zulässigen Emissionspegel, die von einer Turbomaschine wie zum Beispiel einer Gasturbine emittiert werden dürfen, sind streng reguliert. Die Betreiber von Turbomaschinen wünschen Verfahren, um die emittierten NO_x-, CO₂- und SO_x-Pegel zu reduzieren.

[0004] Im Abgasstrom sind signifikante Mengen an kondensierbaren Dämpfen vorhanden. Diese Dämpfe enthalten gewöhnlich verschiedene Bestandteile wie z.B. Wasser, Säuren, Aldehyde, Kohlenwasserstoffe, Schwefeloxide und Chlorverbindungen. Unbehandelt gelassen, beschleunigen diese Bestandteile die Korrosion und Verschmutzung der inneren Bauteile, wenn ihr Eintritt in die Gasturbine zugelassen wird.

[0005] Die Abgasrückführung (AGR) beinhaltet allgemein die Rückführung eines Teils der emittierten Abgase durch einen Einlassabschnitt der Turbomaschine, wo sie vor der Verbrennung mit dem Zuluftstrom vermischt werden. Dieser Prozess erleichtert die Entfernung und die Absonderung von konzentriertem CO₂ und kann auch die NO_x- und SO_x-Emissionspegel reduzieren.

[0006] Bei den aktuell bekannten AGR-Systemen sind einige Probleme vorhanden. Die Menge und Rate des rückgeführten Abgases beeinflusst die Betriebsfähigkeit der Turbomaschine, die Stabilität der Brennkammer, die Emissionen, die Verdichterstabilität und die Lebensdauer der Komponenten.

[0007] Aus den obigen Gründen besteht ein Bedarf nach einem Verfahren und System zur Regelung der Zusammensetzung des aus dem AGR-System austretenden Einlassfluids. Das Verfahren und System sollte die Menge und Rate des Abgases, das wieder in die Turbomaschine eingeleitet wird, regeln. Das Verfahren und System sollte die Zusammensetzung des Einlassfluids als Regelparameter benutzen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0008] Einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entsprechend wird ein Verfahren zur Regelung eines Abgasstroms 170 bereitgestellt, wobei der Abgasstrom 170 von einer Turbomaschine 105 erzeugt wird; wobei das Verfahren umfasst:

das Vorsehen mindestens eines Abgasrückführungssystems (AGR-Systems) 107, umfassend: mindestens eine AGR-Strom-Konditioniervorrichtung 135, ein Bestandteil-Reduktionssystem 145, mindestens eine Durchflussregelvorrichtung; wobei

die mindestens eine AGR-Strom-Konditioniervorrichtung 135 die Durchflussrate des Abgasstroms 170 erhöht und eine Luftquelle aufweist; wobei die Luftquelle einen Lüfter umfasst; wobei

das AGR-System 107 Bestandteile im Abgasstrom 170 von einer ersten Konzentration auf eine zweite Konzentration reduziert und den Abgasstrom 170 zu einem Einlassabschnitt 110 der Turbomaschine 105 rückführt;

das Empfangen eines Soll-AGR-Anteils, der den Teil des Abgasstroms 170 in einem Einlassfluid einschliesst, wobei das Einlassfluid in den Einlassabschnitt 110 der Turbomaschine 105 eintritt;

das Bestimmen eines Sollpegels mindestens eines Bestandteils ausgehend vom Soll-AGR-Anteil;

das Bestimmen eines aktuellen Pegels des mindestens einen Bestandteils;

das Bestimmen, ob der aktuelle Pegel des mindestens einen Bestandteils innerhalb eines Bestandteil-Bereichs liegt; und das Anpassen einer AGR-Rate des Abgasstroms 170, wenn der mindestens eine Bestandteil ausserhalb des Bestandteil-Bereichs liegt.

[0009] Der mindestens eine Bestandteil kann mindestens eines umfassen von: SO_x, NO_x, CO₂, Wasser, Chloridionen, Säuren, Aldehyde, Kohlenwasserstoffe oder Kombinationen davon.

[0010] Der Schritt des Anpassens der AGR-Rate des Abgasstroms 170 umfasst mindestens eines von: Anpassen einer Geschwindigkeit der AGR-Strom-Konditioniervorrichtung; Anpassen einer Neigung mindestens eines AGR-Lüfterblatts; Modulieren mindestens einer Durchflussregelvorrichtung; wobei die mindestens eine Durchflussregelvorrichtung mindestens eines umfasst von: einer Einlassklappe, einer Bypass-Klappe, einer Auslassklappe oder Kombinationen davon.

[0011] Der Schritt des Anpassens der AGR-Rate des Abgasstroms 170 umfasst ausserdem das Vorsehen mindestens einer Meldung, wenn die AGR-Rate des Abgasstroms 170 eine Anpassung erfordert.

[0012] Das Bestandteil-Reduktionssystem 145 kann bis zu 99 Prozent der SO_x-Bestandteile im Abgasstrom 170 reduzieren.

[0013] Der Schritt des Bestimmens des aktuellen Pegels des mindestens einen Bestandteils kann das Empfangen von Daten über den mindestens einen Bestandteil von mindestens einer Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung umfassen; und wobei die Daten verwendet werden, um die AGR-Rate anzupassen.

[0014] Die mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung ist benachbart zum Einlassabschnitt 110 angeordnet.

[0015] Die mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung kann benachbart zu einem Auslassabschnitt der Turbomaschine 105 angeordnet sein.

[0016] Die mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung kann benachbart zu einer Absaugöffnung der Turbomaschine 105 angeordnet sein.

[0017] Der Schritt des Bestimmens des Sollpegels des mindestens einen Bestandteils kann umfassen: das Empfangen mindestens einer Brennstoffzusammensetzung; das Empfangen von Daten über einen Verdichterluftstrom der Turbomaschine 105; das Empfangen von Daten über einen Brennstoffstrom der Turbomaschine 105; und das Bestimmen des Sollpegels des mindestens einen Bestandteils.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018]

- Fig. 1 ist eine schematische Darstellung, welche die Umgebung darstellt, in welcher eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrieben wird.
- Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Verfahrens zur Regelung der Zusammensetzung eines Einlassfluids nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.
- Fig. 3 ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften Systems zur Anpassung einer AGR-Rate nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0019] Die folgende ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen nimmt auf die beiliegenden Zeichnungen Bezug, die spezifische Ausführungsformen der Erfindung veranschaulichen. Andere Ausführungsformen mit abweichender Struktur und Arbeitsweise weichen nicht vom Umfang der vorliegenden Erfindung ab.

[0020] Bestimmte Ausdrücke, die hierin verwendet werden, sollen dem Leser nur das Verständnis erleichtern und den Umfang der Erfindung nicht einschränken. Zum Beispiel beschreiben Wörter wie «oberer», «unterer», «linker», «rechter», «vorderer», «hinterer», «oben», «unten», «horizontal», «vertikal», «vorgeordnet», «nachgeordnet», «vor», «hinter» und dergleichen nur die Konfiguration, die in den Zeichnungen gezeigt wird. Doch das oder die Element(e) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können in jede Richtung orientiert sein und es versteht sich, dass die Ausdrücke solche ebenfalls Varianten umfassen sollen, ausser bei anderslautender Angabe.

[0021] Die vorliegende Erfindung hat die technische Wirkung, dass sie die Zusammensetzung eines Einlassfluids regelt, das aus einem AGR-System austritt und in den Einlassabschnitt einer Turbomaschine eintritt.

[0022] Eine AGR-Rate kann als die Rate und Menge des Abgasstroms betrachtet werden, der in den Einlassabschnitt der Turbomaschine eintritt. Die Zusammensetzung des Einlassfluids schliesst, aber ohne darauf beschränkt zu sein, den Abgasstrom, die Einlassluft und mindestens einen der obigen Bestandteile und Kombinationen davon ein.

[0023] Die vorliegende Erfindung kann auf verschiedene Turbomaschinen angewandt werden, die ein gasförmiges Fluid erzeugen, wie z.B., aber ohne darauf beschränkt zu sein, eine Hochleistungsgasturbine, eine aeroderivative Gasturbine oder dergleichen (nachstehend als «Gasturbine» bezeichnet). Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf eine einzelne Gasturbine oder auf eine Vielzahl von Gasturbinen angewandt werden. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf eine Gasturbine angewandt werden, die in einer Konfiguration mit einem einfachen Prozess oder mit einem kombinierten Prozess betrieben wird.

[0024] Nun auf die Zeichnungen Bezug nehmend, wobei die verschiedenen Bezugszeichen überall in den Ansichten gleiche Elemente darstellen, ist Fig. 1 eine schematische Darstellung, die die Umgebung zeigt, in welcher eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrieben wird. Fig. 1 zeigt eine Anlage 100 wie z.B., aber ohne darauf beschränkt zu sein, ein Kraftwerk mit einer Turbomaschine 105, einem AGR-System 107, einem Wärmerückgewinnungsdampferzeuger (HRSG) 155 und einem Abgasschornstein 165. Alternativ dazu kann die vorliegende Erfindung in einer Anlage 100 integriert sein, die keinen HRSG 155 aufweist.

[0025] Das AGR-System 107 umfasst mehrfache Elemente. Die Konfiguration und die Reihenfolge der Elemente können von der Zusammensetzung des Abgasstroms 170 und von der Art des Kühlfluids abhängig sein, das von den Komponenten des AGR-Systems 107 verwendet wird. Überdies können andere Ausführungsformen des AGR-Systems 107 zusätzliche oder weniger Komponenten als die im Folgenden beschriebenen Komponenten aufweisen. Deshalb können verschiedene Anordnungen und/oder Konfigurationen, die von Fig. 1 abweichen, mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung integriert werden.

[0026] Wie in Fig. 1 gezeigt, umfasst das AGR-System 107: eine Mischstation 115, eine Einlassmodulationsvorrichtung 120, eine Bypassmodulationsvorrichtung 125, einen Bypass-Kamin 130, mindestens eine AGR-Strom-Konditioniervorrichtung 135, eine nachgeordnete Temperaturkonditioniervorrichtung 140, ein Bestandteil-Reduktionssystem 145, eine vorgeordnete Temperaturkonditioniervorrichtung 150, mindestens eine Abgasmodulationsvorrichtung 160 und Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177.

[0027] Allgemein kann der vom AGR-System 107 verwendete Prozess einschliessen: das Kühlen des Abgasstroms 170; die Reduktion und Entfernung der oben genannten Bestandteile im Abgasstrom 170; und dann das Mischen des Abgasstroms 170 mit der Einlassluft, das Formen eines Einlassfluids; das vom Einlassabschnitt 110 zum Abgasschornstein 165 durchströmt. Das AGR-System 107 kann die Temperatur des Abgasstroms 170 auf eine Sättigungstemperatur senken, bei der die obigen Bestandteile kondensieren und dann entfernt werden können. Alternativ dazu kann das AGR-System 107 auch die Temperatur des Abgasstroms 170 senken und einen Gaswäscheprozess (oder dergleichen) verwenden, um die obigen Bestandteile zu entfernen.

[0028] Während das AGR-System 107 in Betrieb ist, können die Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 den Pegel mindestens eines Bestandteils im Einlassfluid bestimmen. Wie in Fig. 1 dargestellt, kann eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung 175 benachbart zum Abgasschornstein 165 angeordnet sein, und eine andere Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung 177 kann benachbart zum Einlassabschnitt 110 der Turbomaschine 105 angeordnet sein. In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung 175, 177 benachbart zu mindestens einer Absaugöffnung an der Turbomaschine angeordnet sein. Allgemein ermöglicht die Anordnung der Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 die Bestimmung der Konzentration mindestens eines Bestandteils im Einlassfluid.

[0029] Es ist anzumerken, dass die vorliegende Erfindung als ein Verfahren, System oder Computerprogramm-Produkt ausgeführt werden kann. Demnach kann die vorliegende Erfindung die Form einer ausschliesslich hardwaremässigen Ausführungsform, einer ausschliesslich softwaremässigen Ausführungsform (einschliesslich Firmware, speicherresidenter Software, Mikrocode usw.) oder einer Ausführungsform annehmen, die Software- und Hardwareaspekte miteinander kombiniert, die hierin allgemein alle als «Schaltkreis», «Modul» oder «System» bezeichnet werden. Überdies kann die vorliegende Erfindung die Form eines Computerprogramm-Produkts auf einem computerlesbaren Speichermedium annehmen, das einen computerlesbaren Programmcode enthält, der im Medium gespeichert ist.

[0030] Jedes geeignete computerlesbare Medium kann verwendet werden. Das computerlesbare Medium kann zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, ein elektronisches, magnetisches, optisches, elektromagnetisches, Infrarotoder Halbleiter-System, -Apparat, -Gerät oder -Ausbreitungsmedium sein. Spezifischere Beispiele (eine nicht erschöpfende Liste) des computerlesbaren Mediums würden Folgendes einschliessen: eine elektrische Verbindung mit einem oder mehreren Drähten, eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, einen Direktzugriffsspeicher (RAM), einen Nur-Lesen-Speicher (ROM), einen löschbaren programmierbaren Nur-Lesen-Speicher (EPROM oder Flash-Memory), eine optische Faser, einen tragbaren Compact-Disk-Nur-Lesen-Speicher (CD-ROM), ein optisches Speichergerät, ein Übertragungsmedium wie jene, die das Internet oder ein Intranet unterstützen, oder ein magnetisches Speichergerät. Es ist anzumerken, dass das computerlesbare Medium sogar Papier oder ein sonstiges geeignetes Medium sein kann, auf dem das Programm gedruckt ist, da das Programm zum Beispiel durch optische Abtastung des Papiers oder anderen Mediums elektronisch erfasst und dann auf geeignete Weise kompiliert, interpretiert oder bei Bedarf auf sonstige Weise verarbeitet werden und dann in einem Computerspeicher gespeichert werden kann. Im Kontext dieser Patentschrift kann ein computerlesbares Medium jedes Medium sein, welches das Programm zur Verwendung durch oder in Verbindung mit dem Anweisungsausführungssystem, -apparat oder -gerät enthalten, speichern, übertragen, ausbreiten oder transportieren kann.

[0031] Der Computerprogrammcode zur Durchführung der Vorgänge der vorliegenden Erfindung kann in einer objektorientierten Programmiersprache wie z.B. Java7, Smalltalk oder C++ oder dergleichen geschrieben sein. Der Computerprogrammcode zur Durchführung der Vorgänge der vorliegenden Erfindung kann aber auch in konventionellen prozeduralen Programmiersprachen wie die Programmiersprache «C» oder einer ähnlichen Sprache geschrieben sein. Der Programmcode kann als selbstständiges Softwarepaket vollständig auf dem Rechner des Benutzers, teilweise auf dem Rechner des Benutzers und teilweise auf einem Fernrechner oder vollständig auf einem Fernrechner ausgeführt werden. Im letzteren Szenario kann der Fernrechner über ein lokales Netzwerk (LAN) oder ein Weitverkehrsnetz (WAN) mit dem Rechner des Benutzers verbunden sein, oder die Verbindung zu einem externen Rechner kann hergestellt werden (zum Beispiel über das Internet mit einem Internet-Dienstanbieter).

[0032] Die vorliegende Erfindung wird nachstehend Bezug nehmend auf Flussdiagramme und/oder Blockdiagramme der Verfahren, Vorrichtungen (Systeme) und Computerprogramm-Produkte nach Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es versteht sich, dass jeder Block der Fluss- und/oder Blockdiagramme und Kombinationen von Blöcken in Fluss- und/oder Blockdiagrammen durch Computerprogramm-Anweisungen implementiert werden können. Diese Computerprogramm-Anweisungen können einem Prozessor eines Universalrechners, eines Spezialrechners oder sonstigen programmierbaren Datenverarbeitungsgeräts zur Erzeugung einer Maschine zugeführt werden, sodass die Anweisungen, die vom Prozessor des Rechners oder sonstigen programmierbaren Datenverarbeitungsgeräts ausgeführt werden, Mittel zur Implementierung der im Block oder in Blöcken des Flussdiagramms und/oder Blockdiagramms angegebenen Funktionen/Vorgänge erzeugen.

[0033] Diese Computerprogramm-Anweisungen können auch in einem computerlesbaren Speicher gespeichert sein, der einen Rechner oder ein anderes programmierbares Datenverarbeitungsgerät anweisen kann, auf bestimmte Weise zu funktionieren, sodass die im computerlesbaren Speicher gespeicherten Anweisungen ein Produkt mit Anweisungsmitteln ergeben, die die im Block oder in Blöcken des Flussdiagramms und/oder Blockdiagramm angegebenen Funktionen/Vorgänge implementieren. Die Computerprogramm-Anweisungen können auch in einen Rechner oder ein anderes programmierbares Datenverarbeitungsgerät geladen werden, um im Rechner oder anderen programmierbaren Gerät die Durchführung einer Reihe von Arbeitsschritten zu bewirken, um einen computerimplementierten Prozess zu ergeben, sodass die Anweisungen, die im Rechner oder anderen programmierbaren Gerät ausgeführt werden, Schritte zur Implementierung der im Block oder in Blöcken des Flussdiagramms und/oder Blockdiagramms angegebenen Funktionen/Vorgänge bereitstellen.

[0034] Die vorliegende Erfindung kann ein Regelungssystem oder dergleichen einschließen, das die technische Wirkung hat, dass es die Zusammensetzung eines aus einem AGR-System austretenden und in den Einlassabschnitt einer Turbomaschine eintretenden Einlassfluids regelt. Die vorliegende Erfindung kann auch konfiguriert sein, das Einlassfluid der Turbomaschine 105 automatisch oder kontinuierlich zu überwachen, um die Menge des Abgasstroms 170 zu bestimmen, die in den Einlassabschnitt 110 eintreten sollte. Alternativ dazu kann das Regelungssystem konfiguriert sein, um zum Start des Betriebs eine Betätigung des Benutzers zu erfordern. Eine Ausführungsform des Regelungssystems der vorliegenden Erfindung kann als eigenständiges System betrieben werden. Alternativ dazu kann das Regelungssystem als Modul oder Ähnliches in ein umfassenderes System wie z. B. ein Turbinen- oder ein Anlagenregelungssystem integriert sein. Zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, kann das Regelungssystem der vorliegenden Erfindung mit dem Regelungssystem zum Betreiben des AGR-Systems 107 integriert sein.

[0035] Nun wird auf Fig. 2 Bezug genommen, die ein Flussdiagramm ist, das ein Beispiel eines Verfahrens 200 zur Regelung der Zusammensetzung eines Einlassfluids nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das AGR-System 107 mit einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI) oder dergleichen integriert sein. Die GUI kann dem Bediener die Navigation durch das im Folgenden beschriebene Verfahren 200 erlauben. Die GUI kann auch mindestens eine Statusmeldung des AGR-Systems 107 anzeigen.

[0036] In Schritt 210 des Verfahrens 200 kann das AGR-System 107 einen Abgasstrom 170 verarbeiten, wie beschrieben. Je nach Typ und/oder Betrieb der Turbomaschine 105 kann das erzeugte Abgas eine Durchflussrate von etwa 10.000 Lb/Std. bis etwa 50.000.000 Lb/Std. und eine Temperatur von etwa 100 Grad Fahrenheit bis etwa 1100 Grad Fahrenheit aufweisen.

[0037] In Schritt 220 kann das Verfahren 200 einen Soll-AGR-Anteil empfangen. Der AGR-Anteil kann als die Menge wie z.B., ohne aber darauf beschränkt zu sein, ein Prozentsatz des Abgasstroms 170 im Einlassfluid betrachtet werden. Der AGR-Anteil kann bestimmt werden, indem der Massendurchsatz des Abgasstroms 170 durch den Massendurchsatz der Einlassluft dividiert wird. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Verfahren 200 den AGR-Anteil automatisch vom Regelungssystem empfangen, das das AGR-System 107 betreibt. In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Benutzer den AGR-Anteil eingeben.

[0038] In Schritt 230 kann das Verfahren 200 den Sollpegel des mindestens einen Bestandteils bestimmen. Das Verfahren 200 kann eine 'Spezieserhaltungsmaschine oder dergleichen verwenden, um den Sollpegel zu bestimmen. Die Spezieserhaltungsmaschine kann eine Vielzahl von Turbomaschinenbetriebsdaten zusammen mit dem Soll-AGR-Anteil integrieren, um den Sollpegel zu berechnen. Die Vielzahl von Turbomaschinenbetriebsdaten kann einschließen: mindestens eine Brennstoffzusammensetzung; den Verdichterluftstrom der Turbomaschine 105 und den Brennstoffstrom der Turbomaschine 105. Die mindestens eine Brennstoffzusammensetzung kann umfassen, aber ohne darauf beschränkt zu sein: die Zusammensetzung des Brennstoffs, der in ein Verbrennungssystem der Turbomaschine 105 eintritt; und die Zusammensetzung des Brennstoffs, der in einem Hilfszündsystem verwendet wird, das mit der Turbomaschine 105 integriert ist, wobei das Hilfszündsystem einen Hilfskessel einschließen kann, oder Kombinationen davon.

[0039] Die Spezieserhaltungsmaschine kann eine physikalische Gleichung oder dergleichen integrieren, um den Sollpegel des mindestens einen Bestandteils zu berechnen. Wie erläutert, umfasst der mindestens eine Bestandteil mindestens eines von: SO_x, NO_x, CO₂, Wasser, Chloridionen, Säuren, Aldehyde, Kohlenwasserstoffe oder Kombinationen davon.

[0040] Die Spezieserhaltungsmaschine kann eine physikalische Gleichung oder dergleichen integrieren, um den Sollpegel mindestens eines Bestandteils zu berechnen. Zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, kann die Spezieserhaltungsmaschine einen Soll-Abgas-CO₂-Molanteil berechnen in Abhängigkeit von: einem Soll-AGR-Massenanteil, dem Brennstoffstrom, der Brennstoffzusammensetzung und dem Einlassstrom der Turbomaschine 105. Der Wert des Soll-Abgas-CO₂-Molanteils kann mit einem von der Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung 175 gemessenen CO₂-Molanteil verglichen werden. Der Vergleichsvorgang kann ein Fehlersignal ergeben, das vom Verfahren 200 zur Rückkopplungsregelung des AGR-Durchflussrates benutzt werden kann.

[0041] Zusätzlich kann die Verbrennungsreaktion für die Turbomaschine 105, die einen Kohlenwasserstoff-Brennstoff in Standardluft verbrennt, durch Gleichung 1 mithilfe von Molarkoeffizienten beschrieben werden, wie unten dargestellt:

[0042] $C_{\#}H_{\#} + (a + e) (O_2 + 3.76N_2) \Rightarrow bCO_2 + cH_2O + eO_2 + (a+e) (3.76) N_2$
[Gleichung 1]

[0043] Hier wird «Brennstoffzusammensetzung» durch die tiefgestellten Zeichen # und # für Kohlenstoff und Wasserstoff definiert. Der Molarkoeffizient für den Sauerstoffüberschuss, e , kann als eine Funktion des AGR-Massenanteils (X_{EGR}), des Verdichtereinlass-Massendurchsatzes (W_C) und des Brennstoff-Massendurchsatzes (W_F) berechnet werden, wie durch Gleichung 2 dargestellt.

$$e = \frac{1}{4.76} \frac{W_C (1 - X_{EGR})}{W_F} \frac{MW_{fuel}}{MW_{air}} - (\alpha + \gamma/4) \quad [\text{Gleichung 2}]$$

[0044] Der Soll-Abgas-CO₂-Molanteil ($y_{CO_2, target}$) auf einer Trockenbasis kann Gleichung 3 entsprechend von der Reaktion in Gleichung 1 ausgehend berechnet werden.

$$y_{CO_2, target} = \frac{\alpha}{\alpha + e + (\alpha + \gamma/4 + e)(3.76)} \quad [\text{Gleichung 3}]$$

[0045] Die Gleichungen 1 bis 3 können angepasst werden, um entsprechende Spezieserhaltungsberechnungen für andere Bestandteile als CO₂ oder für eine Turbomaschine 105 durchzuführen, die mit anderen Arbeitsfluiden oder Brennstoffarten betrieben werden. Wie erläutert, umfasst der Bestandteil mindestens eines von: SO_x, NO_x, CO₂, Wasser, Chloridionen, Säuren, Aldehyde, Kohlenwasserstoffe oder Kombinationen davon.

[0046] In Schritt 240 kann das Verfahren 200 den aktuellen Pegel des mindestens einen Bestandteils bestimmen. Wie erläutert, kann das AGR-System 107 Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 umfassen. Die Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 können Sensoren, Sender und ähnliche Vorrichtungen einschließen, die Daten über den aktuellen Pegel des mindestens einen Bestandteils bereitstellen können. Die Lage der Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 kann eine Rückmeldung über die Zusammensetzung des Einlassfluids erlauben. Die Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 sind allgemein vor und hinter dem Verbrennungssystem der Turbomaschine 105 angeordnet, wodurch die Genauigkeit der Rückmeldung erhöht wird. Die Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 kann mit dem Regulationssystem integriert sein, das zur Durchführung des Verfahrens 200 verwendet wird. Die von den Bestandteil-Rückmeldeeinrichtungen 175, 177 bereitgestellten Daten können direkt oder indirekt benutzt werden, um den aktuellen Pegel des mindestens einen Bestandteils zu bestimmen.

[0047] In Schritt 250 kann das Verfahren 200 bestimmen, ob der aktuelle Pegel des mindestens einen Bestandteils innerhalb eines Bestandteil-Bereichs liegt. Hier vergleicht das Verfahren 200 den in Schritt 230 bestimmten Sollpegel und den in Schritt 240 bestimmten aktuellen Pegel des mindestens einen Bestandteils. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Bediener den Bereich bestimmen. In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann der Bereich automatisch bestimmt werden. Zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, wenn der Sollpegel 1 ist und der aktuelle Pegel etwa 0,95 bis etwa 1,05 beträgt, dann kann das Verfahren 200 bestimmen, dass der aktuelle Pegel des mindestens einen Bestandteils innerhalb des Bereichs liegt.

[0048] Zusätzlich kann zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, die Turbomaschine 105 mit einem Soll-AGR-Massenanteil von 30%, einem Brennstoff/Verdichtereinlass-Strömungsverhältnis nahe 0,019 und einer Brennstoffzusammensetzung mit 97% Methan (CH₄), 2% Ethan (C₂H₆) und 1% Propan (C₃H₈), was einen Soll-Abgas-CO₂-Molanteil (trocken) von 0,051 ergibt, betrieben werden. Das Verfahren 200 kann die AGR-Durchflussrate anpassen, um den gemessenen Abgas-CO₂-Molanteil (trocken) auf $\pm 0,001$ vom Sollwert zu halten, über einen Bereich des gemessenen CO₂-Molanteils von 0,005 bis 0,25 hinweg.

[0049] Wenn der Pegel des mindestens einen Bestandteils ausserhalb des Bereichs liegt, dann kann das Verfahren 200 zu Schritt 260 übergehen; andernfalls kann das Verfahren 200 zu Schritt 210 zurückkehren, wo die Schritte 210–250 wiederholt werden können, bis der mindestens eine Bestandteil ausserhalb des Bereichs liegt.

[0050] In Schritt 260 kann das Verfahren 200 eine AGR-Rate anpassen. Wie erläutert, kann die AGR-Rate als die Rate und Menge des Abgasstroms 170 betrachtet werden, die in die Mischstation 115 eintritt, wo das Einlassfluid erzeugt wird.

[0051] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Komponenten des AGR-System 107 verwenden, um die AGR-Rate anzupassen. Zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, kann das Verfahren 200 mindestens eine der folgenden Funktionen integrieren: das Anpassen einer Geschwindigkeit einer AGR-Strom-Konditioniervorrichtung 135 wie z.B., aber ohne darauf beschränkt zu sein, einer Luftquelle; wobei die Luftquelle einen Lüfter, ein Gebläse oder Kombinationen davon aufweist; das Anpassen einer Neigung mindestens eines AGR-Lüfterblatts; das Modulieren mindestens einer Durchflussregelvorrichtung. Die Durchflussregelvorrichtung kann mindestens eines einschließen von: einer Einlassklappe, einer Bypass-Klappe, einer Auslassklappe oder Kombinationen davon.

[0052] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die GUI eine Meldung an den Benutzer ausgeben, wenn die AGR-Rate angepasst werden sollte.

[0053] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften Systems 300 zur Anpassung einer AGR-Rate nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Elemente des Verfahrens 200 können im System 300 ausgeführt und von die-

sem durchgeführt werden. Das System 300 kann eine oder mehrere Benutzer- oder Client-Kommunikationsgeräte 302 oder vergleichbare Systeme oder Geräte (in Fig. 3 werden zwei gezeigt) umfassen. Jedes Kommunikationsgerät 302 kann zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, ein Computersystem, einen PDA, ein Mobiltelefon oder eine ähnliche Vorrichtung sein, die in der Lage ist, eine elektronische Nachricht zu senden und zu empfangen.

[0054] Das Kommunikationsgerät 302 kann einen Systemspeicher 304 oder ein lokales Dateisystem umfassen. Der Systemspeicher 304 kann zum Beispiel, ohne aber darauf beschränkt zu sein, einen Nur-Lese-Speicher (ROM) und einen Direktzugriffsspeicher (RAM) einschliessen. Der ROM kann ein Ein-/Ausgabesystem (BIOS) umfassen. Das BIOS kann elementare Routinen enthalten, die die Informationsübertragung zwischen Elementen oder Komponenten des Kommunikationsgeräts 302 unterstützen. Der Systemspeicher 304 kann ein Betriebssystem 306 enthalten, um den Gesamtbetrieb des Kommunikationsgeräts 302 zu steuern. Der Systemspeicher 304 kann auch ein Zugangsprogramm 308 oder einen Webbrowser umfassen. Der Systemspeicher 304 kann auch Datenstrukturen 310 oder computerausführbaren Code zur Anpassung einer AGR-Rate einschliessen, die dem Verfahren 200 in Fig. 2 entsprechen oder Elemente davon umfassen.

[0055] Der Systemspeicher 304 kann zudem einen Vorlagen-Cachespeicher 312 umfassen, der in Verbindung mit dem Verfahren 200 in Fig. 2 verwendet werden kann, um eine AGR-Rate anzupassen.

[0056] Das Kommunikationsgerät 302 kann auch einen Prozessor oder eine Verarbeitungseinheit 314 umfassen, um den Betrieb der anderen Komponenten des Kommunikationsgeräts 302 zu steuern. Das Betriebssystem 306, das Zugangsprogramm 308 und die Datenstrukturen 310 können auf dem Prozessor 314 betreibbar sein. Der Prozessor 314 kann durch einen Systembus 316 mit dem Speichersystem 304 und anderen Komponenten des Kommunikationsgeräts 302 verbunden sein.

[0057] Das Kommunikationsgerät 302 kann auch mehrere Ein-/Ausgabe (E/A)-Geräte oder eine Kombination von Ein-/Ausgabegeräten 318 umfassen. Jedes Ein-/Ausgabegerät 318 kann durch eine Ein-/Ausgabe-Schnittstelle (nicht in Fig. 3 gezeigt) mit dem Systembus 316 verbunden sein. Die Ein- und Ausgabegeräte oder die Kombination von E/A-Geräten 318 erlaubt einem Benutzer die Bedienung und den Zugang zum Kommunikationsgerät 302 und die Steuerung des Zugangsprogramms 308 und der Datenstrukturen 310, um auf die Software zur Anpassung einer AGR-Rate zuzugreifen, sie zu bedienen und zu steuern. Die E/A-Geräte 318 können eine Tastatur und eine Computer-Zeigervorrichtung oder dergleichen umfassen, um die hierin erläuterten Vorgänge durchzuführen.

[0058] Die E/A-Geräte 318 können zum Beispiel, aber ohne darauf beschränkt zu sein, auch Festplatten, optische, mechanische, magnetische oder Infrarot-Eingabe/Ausgabe-Geräte, Modems oder Ähnliches umfassen. Die E/A-Geräte 318 können verwendet werden, um auf ein Medium 320 zuzugreifen. Das Medium 320 kann computerlesbare oder computerausführbare Anweisungen und andere Information zur Verwendung durch oder in Verbindung mit einem System wie z.B. den Kommunikationsgeräten 302 enthalten, speichern, übertragen oder transportieren.

[0059] Das Kommunikationsgerät 302 kann auch andere Geräte um-, fassen oder daran angeschlossen sein, wie z. B. ein Display oder einen Bildschirm 322. Der Bildschirm 322 kann als Benutzerschnittstelle zum Kommunikationsgerät 302 dienen.

[0060] Das Kommunikationsgerät 302 kann auch eine Festplatte 324 einschliessen. Die Festplatte 324 kann durch eine Festplattenschnittstelle (nicht in Fig. 3 gezeigt) mit dem Systembus 316 kommunizieren. Die Festplatte 324 kann auch Bestandteil des lokalen Dateisystems oder Systemspeichers 304 sein. Programme, Software und Daten für den Betrieb des Kommunikationsgeräts 302 können zwischen dem Systemspeicher 304 und der Festplatte 324 übertragen und ausgetauscht werden.

[0061] Das Kommunikationsgerät 302 kann mit mindestens einer Anlagensteuerung 326 kommunizieren und über ein Netzwerk 328 auf andere Server oder andere Kommunikationsgeräte wie das Kommunikationsgerät 302 zugreifen. Der Systembus 316 kann durch eine Netzschnittstelle 330 mit dem Netzwerk 328 verbunden sein. Die Netzschnittstelle 330 kann ein Modem, eine Ethernet-Karte, ein Router, ein Gateway oder dergleichen zum Anschluss an das Netzwerk 328 sein. Die Verbindung kann eine verdrahtete oder drahtlose Verbindung sein. Das Netzwerk 328 kann das Internet, ein privates Netzwerk, ein Intranet oder Ähnliches sein.

[0062] Die mindestens eine Anlagensteuerung 326 kann auch einen Systemspeicher 332 umfassen, der ein Dateisystem, ROM, RAM, und dergleichen einschliessen kann. Der Systemspeicher 332 kann ein Betriebssystem 334 wie das Betriebssystem 306 in den Kommunikationsgeräten 302 umfassen. Der Systemspeicher 332 kann auch Datenstrukturen 336 zum Anpassen einer AGR-Rate aufweisen. Die Datenstrukturen 336 können Vorgänge wie die in Bezug auf das Verfahren 200 beschriebenen umfassen, um eine AGR-Rate anzupassen. Der Server-Systemspeicher 332 kann auch andere Dateien 338, Anwendungen, Module und dergleichen einschliessen.

[0063] Die mindestens eine Anlagensteuerung 326 kann auch einen Prozessor 342 oder eine Verarbeitungseinheit zur Steuerung des Betriebs anderer Geräte in der mindestens einen Anlagensteuerung 326 umfassen. Die mindestens eine Anlagensteuerung 326 kann auch E/A-Geräte 344 aufweisen. Die E/A-Geräte 344 können den E/A-Geräten 318 der Kommunikationsgeräte 302 entsprechen. Die mindestens eine Anlagensteuerung 326 kann zudem andere Geräte 346 wie einen Bildschirm oder dergleichen umfassen, um zusammen mit den E/A-Geräten 344 eine Schnittstelle zur mindestens einen Anlagensteuerung 326 bereitzustellen. Die mindestens eine Anlagensteuerung 326 kann auch eine Festplatte 348

aufweisen. Ein Systembus 350 kann die verschiedenen Komponenten des Servers 326 verbinden. Eine Netzchnittstelle 352 kann die mindestens eine Anlagensteuerung 326 über den Systembus 350 mit dem Netzwerk 328 verbinden.

[0064] Die Flussdiagramme und Blockdiagramme in den Zeichnungen veranschaulichen die Architektur, Funktionalität und Arbeitsweise möglicher Implementierungen von Systemen, Verfahren und Computerprogramm-Produkten nach verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In dieser Hinsicht kann jeder Schritt in den Fluss- oder Blockdiagrammen ein Modul, Segment, oder Code-Teil darstellen, die eine oder mehrere ausführbare Anweisungen zum Implementieren der spezifizierten logischen Funktion (en) umfassen. Es ist auch anzumerken, dass in einigen alternativen Implementierungen die Funktionen, die im Schritt genannt werden, in einer anderen Reihenfolge als gezeigt auftreten können. Zum Beispiel können zwei Schritte, die aufeinanderfolgend gezeigt werden, tatsächlich im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden, oder die Schritte können je nach der betroffenen Funktionalität manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden. Es ist auch anzumerken, dass jeder Schritt in den dargestellten Blockdiagrammen und/oder Flussdiagrammen und Kombinationen von Schritten in den dargestellten Blockdiagrammen und/oder Flussdiagrammen durch Spezialhardwaresysteme implementiert werden kann, die die spezifizierten Funktionen oder Vorgänge durchführen, oder durch Kombinationen von Spezialhardware und Computeranweisungen.

[0065] Die hierin verwendete Terminologie dient nur der Beschreibung bestimmter Ausführungsformen und soll die Erfindung nicht einschränken. Hierin schliessen die Singular-Formen «ein(e)», «der/die/das» auch die Plural-Formen ein, ausser, wenn der Kontext eindeutig etwas anderes angibt. Es versteht sich zudem, dass die Begriffe «einschliessen» und/oder «umfassen», wenn sie in dieser Patentschrift benutzt werden, das Vorhandensein der genannten Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Vorgänge, Elemente und/oder Komponenten angeben, aber das Vorhandensein oder den Zusatz einer oder mehrerer anderer Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Vorgänge, Elemente, Komponenten und/oder Gruppen daraus nicht ausschliessen.

[0066] Auch wenn hierin spezifische Ausführungsformen veranschaulicht und beschrieben wurden, versteht es sich, dass jede Anordnung, die ausgelegt ist, um den gleichen Zweck zu erfüllen, für die gezeigten spezifischen Ausführungsformen eingesetzt werden kann, und dass die Erfindung in anderen Umgebungen andere Anwendungen hat. Es ist beabsichtigt, dass diese Anmeldung Anpassungen oder Varianten der vorliegenden Erfindung einschliesst. Die folgenden Ansprüche sollen den Umfang der Erfindung in keiner Weise auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen einschränken.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Abgasstroms (170), wobei der Abgasstrom (170) von einer Turbomaschine (105) erzeugt wird; wobei das Verfahren umfasst:
das Vorsehen mindestens eines Abgasrückführungssystems (AGR-Systems) (107), umfassend: mindestens eine AGR-Strom-Konditioniervorrichtung (135), ein Bestandteil-Reduktionssystem (145), mindestens eine Durchflussregelvorrichtung;
wobei die mindestens eine AGR-Strom-Konditioniervorrichtung (135) die Durchflussrate des Abgasstroms (170) erhöht und eine Luftquelle aufweist; wobei die Luftquelle einen Lüfter umfasst;
wobei das AGR-System (107) Bestandteile im Abgasstrom (170) von einer ersten Konzentration auf eine zweite Konzentration reduziert und den Abgasstrom (170) zu einem Einlassabschnitt (110) der Turbomaschine (105) rückführt;
das Empfangen eines Soll-AGR-Anteils, der den Teil des Abgasstroms (170) in einem Einlassfluid enthält, wobei das Einlassfluid in den Einlassabschnitt (110) der Turbomaschine (105) eintritt;
das Bestimmen eines Sollpegels mindestens eines Bestandteils ausgehend vom Soll-AGR-Anteil;
das Bestimmen eines aktuellen Pegels des mindestens einen Bestandteils;
das Bestimmen, ob der aktuelle Pegel des mindestens einen Bestandteils innerhalb eines Bestandteil-Bereichs liegt;
und das Anpassen einer AGR-Rate des Abgasstroms (170), wenn der mindestens eine Bestandteil ausserhalb des Bestandteil-Bereichs liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Bestandteil mindestens eines umfasst von: SO_x, NO_x, CO₂, Wasser, Chloridionen, Säuren, Aldehyde, Kohlenwasserstoffe oder Kombinationen davon.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Anpassens der AGR-Rate des Abgasstroms (170) mindestens eines umfasst von: Anpassen einer Geschwindigkeit der AGR-Strom-Konditioniervorrichtung; Anpassen einer Neigung mindestens eines AGR-Lüfterblatts; Modulieren mindestens einer Durchflussregelvorrichtung; wobei die mindestens eine Durchflussregelvorrichtung mindestens eines einschliesst von: einer Einlassklappe, einer Bypass-Klappe, einer Auslassklappe oder Kombinationen davon.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Anpassens der AGR-Rate des Abgasstroms (170) ausserdem das Vorsehen mindestens einer Meldung umfasst, wenn die AGR-Rate des Abgasstroms (170) eine Anpassung erfordert.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestandteil-Reduktionssystem (145) bis zu 99 Prozent der SO_x-Bestandteile im Abgasstrom (170) reduziert.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bestimmens des aktuellen Pegels des mindestens einen Bestandteils das Empfangen von Daten über den mindestens einen Bestandteil von mindestens einer Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung umfasst; und wobei die Daten verwendet werden, um die AGR-Rate anzupassen.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung benachbart zum Einlassabschnitt (110) angeordnet ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung benachbart zu einem Auslassabschnitt der Turbomaschine (105) angeordnet ist.
9. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die mindestens eine Bestandteil-Rückmeldeeinrichtung benachbart zu einer Absaugöffnung der Turbomaschine (105) angeordnet ist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bestimmens des Sollpegels des mindestens einen Bestandteils umfasst:
 - das Empfangen mindestens einer Brennstoffzusammensetzung;
 - das Empfangen von Daten über einen Verdichterluftstrom der Turbomaschine (105);
 - das Empfangen von Daten über einen Brennstoffstrom der Turbomaschine (105); und
 - das Bestimmen des Sollpegels des mindestens einen Bestandteils.

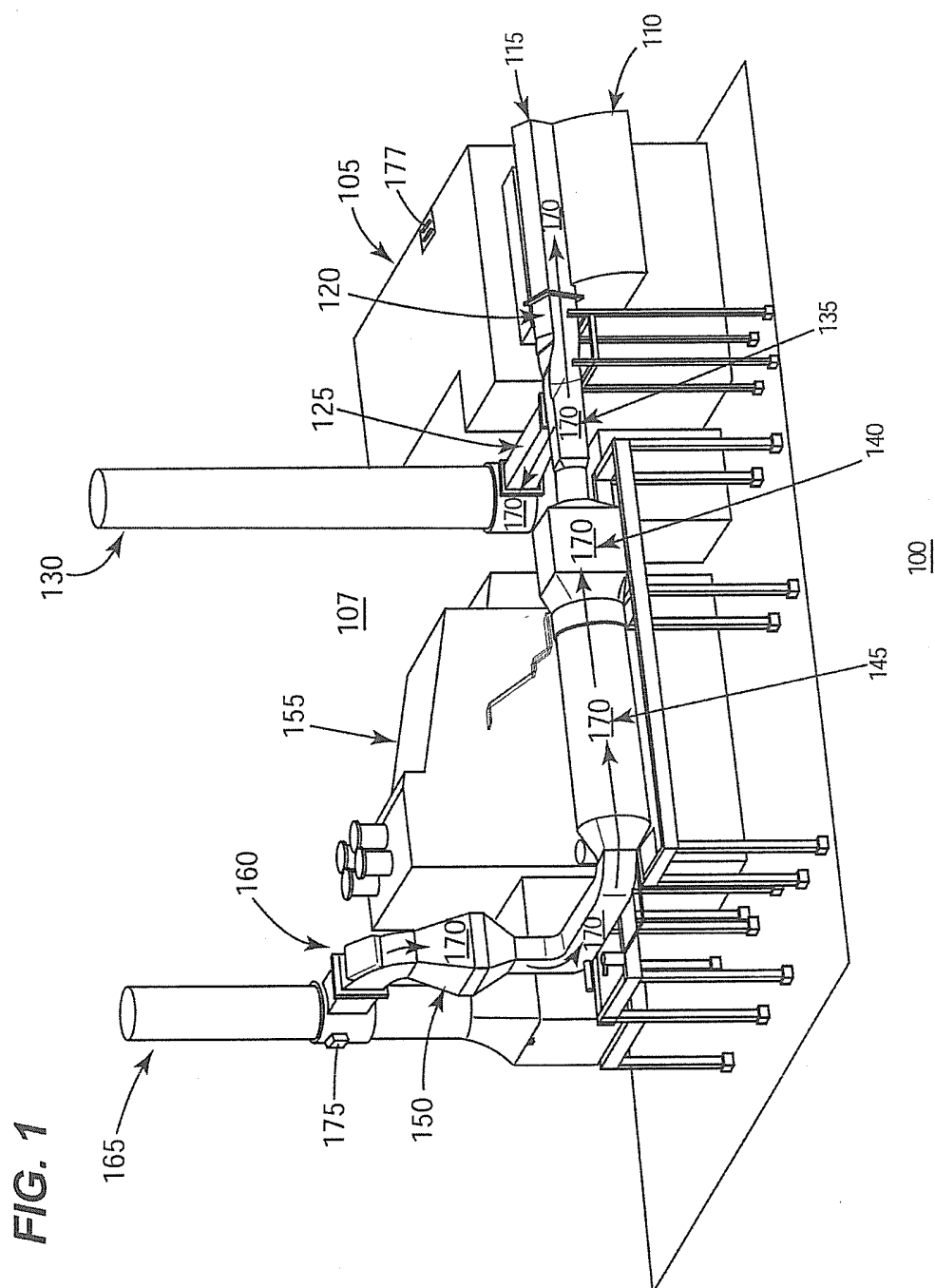


FIG. 2

