



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 697 864 A2

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

### Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01353/08

(22) Anmeldedatum: 25.08.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.03.2009

(30) Priorität: 06.09.2007 US 11/850,799

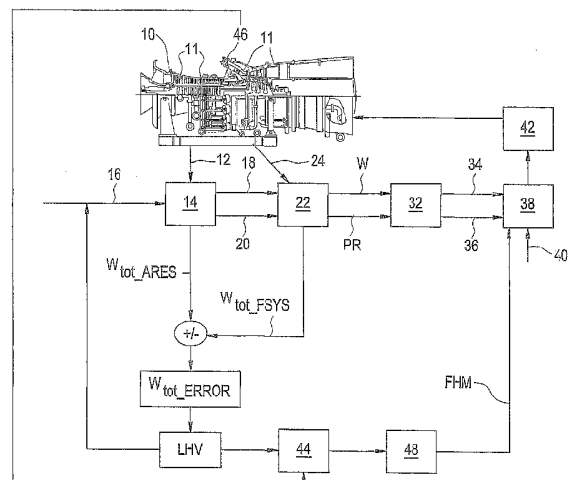
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Timothy Andrew Healy,  
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)  
John Charles Intile,  
Simpsonville, South Carolina 29680 (US)  
Joseph Citeno,  
29607 Greenville, South Carolina 29607 (US)  
Garth Curtis Frederick,  
Greenville, South Carolina 29607 (US)

(74) Vertreter:  
Ritscher & Partner AG, Resirain 1  
8125 Zollikerberg (CH)

### (54) Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung des in eine Brennkammer eintretenden Kraftstoffs.

(57) Es wird ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Kraftstoffs (16) beschrieben, der in eine Brennkammer (28) gelangt. Das Verfahren umfasst die Bestimmung einer Temperatur des in die Brennkammer (28) gelangenden Kraftstoffs (24), die Berechnung eines ersten geschätzten Gesamtkraftstoffstroms unter Verwendung von Kraftstoffeigenschaften und der effektiven Fläche ( $A_e$ ) der Kraftstoffdüse (26) und Berechnung eines zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstroms unter Verwendung einer aerothermischen Zyklusmodellanalyse (14). Der erste geschätzte Gesamtkraftstoffstrom wird mit dem zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom verglichen und es wird ein niedrigerer Heizwert des Kraftstoffes aus der Differenz zwischen dem ersten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom und dem zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom bestimmt. Das Verfahren zur Steuerung einer Gasturbine (10) umfasst die Berechnung der Effekte der Kraftstoffzusammensetzung (16) auf die Leistung der Gasturbine (10) und Vergleichen von einem oder mehreren Betriebsparametern mit ein oder mehreren Parametergrenzen (40). Eine oder mehrere Motorensteuerungen (42) der Gasturbine (10) werden auf Basis der Ergebnisse des Vergleichs verändert.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Gasturbinen und zwar die Bestimmung der Zusammensetzung eines in eine Brennkammer eintretenden Kraftstoffs, insbesondere mit dem Ziel, dadurch die Kraftstoffzusammensetzung zu identifizieren und die gewonnenen Information in den Zyklus und die zur Steuerung der Gasturbine verwendeten Brennmodelle zu integrieren.

**[0002]** Die Leistung von Gasturbinen wird durch die Zusammensetzung des in das Brennsystem der Gasturbine eingespeisten Kraftstoffs beeinflusst. Eine unberücksichtigte Veränderung der Kraftstoffzusammensetzung kann zu Instabilitäten des Verbrennungsvorgangs, d.h. der Brenndynamik, zu erhöhten Emissionen einschliesslich von  $\text{NO}_x$  sowie  $\text{CO}$ , dem Magerlöschen und zu einer verminderten Brenn-Erhaltungsgrenze oder zu Rückzündungen führen. Eine rechtzeitige Erkennung einer sich ändernden Kraftstoffzusammensetzung kann zur Optimierung des Brennsystems durch das Steuersystem der Gasturbine beitragen. Ein bekanntes Verfahren zur Kompensation für eine sich ändernde Kraftstoffzusammensetzung beruht auf der direkten Messung der Kraftstoffzusammensetzung, was durch verschiedene Methoden erreicht werden kann, von denen aber viele kostspielig, langsam ansprechend oder für Steuerzwecke in anderer Weise nachteilig sind.

**[0003]** Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden. Das erfindungsgemässe Verfahren hat die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale. Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens haben die Merkmale der Ansprüche 2 bis 5. Das erfindungsgemässe Verfahren zur Steuerung einer Gasturbine hat die in Anspruch 6 angegebenen Merkmale.

**[0004]** Allgemein kann gemäss der Erfindung die Zusammensetzung eines in eine Brennkammer gelangenden Kraftstoffs bestimmt werden. Dazu Temperatur und Druck des in die Brennkammer gelangenden Kraftstoffs bestimmt, ein erster geschätzter Gesamtkraftstoffstrom unter Verwendung von Kraftstoffeigenschaften und der effektiven Kraftstoffdüsenfläche ( $A_e$ ) berechnet und ein zweiter geschätzter Gesamtkraftstoffstrom unter Verwendung einer aerothermischen Zyklusmodellanalyse berechnet. Der erste geschätzte Gesamtkraftstoffstrom wird mit dem zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom verglichen und aus einer Änderung des niedrigeren Heizwerts des Kraftstoffes wird auf eine Differenz zwischen dem ersten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom und dem zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom geschlossen.

**[0005]** Gemäss einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung einer Gasturbine, wobei die Effekte der Kraftstoffzusammensetzung auf die Leistung der Gasturbine berechnet und ein oder mehrere Leistungsparameter mit einer oder mehreren Parametergrenzen verglichen werden. Auf Basis der Vergleichsergebnisse werden eine oder mehrere Motorsteuerungen der Gasturbine verändert. Diese und weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und den Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 das Schema eines Systems zur Steuerung einer Gasturbine, und

Fig. 2 den Querschnitt der Brennkammer einer Gasturbine.

**[0006]** Fig. 1 zeigt die Gasturbine 10 mit mehreren Datensensoren 11, die in der Gasturbine 10 verteilt sind. Die Datensensoren 11 dienen hier der Erläuterung und können bezüglich Anzahl und/oder Lokalisierung zur Erfassung der gewünschten Daten abgeändert werden. Die Datensensoren 11 liefern einen Datenbereich 12 der Gasturbine 10, wie z.B. Temperaturen, Drücke, Geschwindigkeiten und Generatorleistung. Die Daten 12 aus den Datensensoren 11 werden gemeinsam mit einer Basislinie oder angenommenen Kraftstoffzusammensetzung 16 in ein aerothermisches Zyklusmodell 14 eingegeben. Das aerothermische Zyklusmodell 14 liefert aerothermische Zyklusmodellausgaben 18 einschliesslich beispielsweise des Brennkammerdrucks ( $P_{cc}$ ) und Kraftstoffeigenschaften 20. Die aerothermischen Zyklusmodellausgaben 18, 20 werden in ein Kraftstoffsystemmodell 22 eingegeben.

**[0007]** Bei einigen Ausführungsformen ist die Kraftstofftemperatur 24 eine zusätzliche Eingabe in das Kraftstoffsystemmodell 22. Die Kraftstofftemperatur 24 wird vorzugsweise (aber nicht notwendigerweise) wie in Fig. 2 dargestellt, an einer oder mehreren Injektordüsen 26 einer Brennkammer 28 gemessen, um die Temperatur des in die Brennkammer 30 eintretenden Kraftstoffs genau zu bestimmen. Gemäss Darstellung in Fig. 1 wird nach Bestimmung der Kraftstofftemperatur 24 diese in das Kraftstoffsystemmodell 22 eingegeben. Das Kraftstoffsystemmodell 22 berechnet ein Brennkammerdruckverhältnis (PR), das zusammen mit den Kraftstoffeigenschaften 20 und der effektiven Fläche ( $A_e$ ) der Kraftstoffdüse zur Berechnung eines Gesamtkraftstoffstroms ( $W_{tot\_FSYS}$ ) in der Brennkammer 28 verwendet wird.  $W_{tot\_FSYS}$  wird mit dem Gesamtkraftstoffstrom verglichen, der mit dem aerothermischen Zyklusmodell 14 ( $W_{tot\_ARES}$ ) berechnet wurde, wodurch der auf einer effektiven Kraftstoffzusammensetzung ( $W_{tot\_FSYS}$ ) berechnete Strom mit dem auf Basis der angenommenen Kraftstoffzusammensetzung 16 basierenden Strom verglichen wird. Die Differenz ( $W_{tot\_ERROR}$ ) zwischen  $W_{tot\_FSYS}$  und  $W_{tot\_ARES}$  zeigt eine Veränderung des unteren Heizwerts (LHV) des Kraftstoffs in der Brennkammer 28 an, was eine Schlüsselgrösse für die Identifizierung der Kraftstoffzusammensetzung ist.

**[0008]** Der Wert LHV wird als neue angenommene Kraftstoffzusammensetzung 16 in das aerothermische Zyklusmodell 14 eingegeben, die neuen aerothermischen Zyklusmodellausgaben 18 werden in das Kraftstoffsystemmodell 22 eingegeben, wodurch das Kraftstoffsystemmodell 22 einen neuen Wert für  $W_{tot\_ARES}$  ausgibt.  $W_{tot\_FSYS}$  wird erneut mit  $W_{tot\_ARES}$

verglichen, was ein neues  $W_{\text{tot\_ERROR}}$  und ein neues LHV ergibt. Dieses Verfahren zur Fehlerverminderung wird fortgesetzt, bis  $W_{\text{tot\_ERROR}}$  gleich Null wird.

**[0009]** Sobald die Fehlerverminderung auf Null erreicht ist, wird der Gesamtstrom  $W$  und das Druckverhältnis  $PR$  in eine erste Transferfunktion 32 eingegeben, welche als Ausgabe die Daten liefert, die sich auf die Leistung der Gasturbine 10 beziehen, z.B. die Emissionsdaten 34 und die Dynamikdaten 36. Die Daten 34, 36 werden in eine Steuerfunktion 38 eingegeben, welche die Daten 34, 36 mit den Wertgrenzen 40 vergleicht. Wenn die Daten 34, 36 einen oder mehrere der Grenzwerte 40 überschreiten, kann die Steuerfunktion 38 die Änderung einer oder mehrerer Motorsteuerungen 42 bewirken und so die Betriebsparameter der Gasturbine 10 verändern, wie etwa den Anstellwinkel der Leitflügel und/oder die Düsenfläche. Dieses Verfahren ermöglicht eine auf Änderungen der Kraftstoffzusammensetzung ansprechende Steuerung der Gasturbine 10 und ist in der Lage, die Motorsteuerungen 42 als Folge von Änderungen der Kraftstoffzusammensetzung rasch zu adjustieren.

**[0010]** Bei einigen Ausführungsformen werden die relativen Anteile bzw. Mengen von Komponenten des Kraftstoffs bestimmt. Diese Bestimmung ist besonders für die Bewertung einer Flammenerhaltungsgrenze (FHM) eines gegebenen Kraftstoffs und die Adjustierung der Motorkontrollen 40 als Folge hiervon vorteilhaft. Beispielsweise ist es bei einer Gasturbine 10, die mit Erdgas als Kraftstoff betrieben wird, vorteilhaft, die relativen Anteile der Komponenten Methan, Ethan, Butan und Propan im Kraftstoff zu kennen. Bei dieser Ausführungsform wird nach Bestimmung des Wertes von LFTV wie oben beschrieben ein Relativkomponentenmodell zur Abschätzung der relativen Anteile der in dem Kraftstoff vorhandenen Komponenten verwendet.

**[0011]** Bei einer anderen Ausführungsform kann die direkte Messung von einer oder mehreren Komponenten zur Bestimmung des relativen Komponentengehalts verwendet werden. Eine oder mehrere Komponentensensoren, beispielsweise die optischen Vorrichtungen 46, die zur Erkennung einer speziellen Komponente bestimmt sind, können im (nicht dargestellten) Kraftstoffstrom der Gasturbine angeordnet werden. Die Ausgabe dieser mindestens einen optischen Vorrichtung 46 wird dann dem Relativkomponentenmodell zugeführt, wo die relativen Anteile der restlichen Komponente bestimmt werden. Die Ausgabe dieser mindestens einen optischen Vorrichtung wird auch zur Feineinstellung des Relativkomponentenmodells 44 verwendet, was die Zuverlässigkeit bei späteren Wiederholungen erhöht.

**[0012]** Nach Bestimmung der Komponentenanteile gemäss obigen Angaben wird eine FHM-Transferfunktion 48 zur Bestimmung des FHM für eine gegebene Kraftstoffzusammensetzung verwendet. Dieser FHM-Wert wird dann in die Steuerfunktion 38 eingegeben und mit einem Grenzwert 40 verglichen. Die Steuerfunktion 38 bewertet den FHM-Wert in Bezug auf den Grenzwert 40 und bestimmt, ob die Anpassung von einer oder mehreren Maschinensteuerungen 42 erforderlich ist und leitet notwendigenfalls diese Änderungen.

**[0013]** Für den Fachmann versteht sich, dass die obige Beschreibung im Rahmen der Erfindung abgeändert werden kann.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines in eine Brennkammer (28) eintretenden Kraftstoffs (16) umfassend:
  - die Bestimmung der Temperatur des in die Brennkammer (28) eintretenden Kraftstoffs (24),
  - die Berechnung eines ersten geschätzten Gesamtkraftstoffstroms unter Verwendung von Kraftstoffeigenschaften und der effektiven Fläche ( $A_e$ ) der Kraftstoffdüse (26),
  - die Berechnung eines zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstroms unter Verwendung einer aerothermischen Zyklusmodellanalyse (14),
  - das Vergleichen des ersten geschätzten Gesamtkraftstoffstroms mit dem zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom, und
  - die Bestimmung eines unteren Heizwerts des Kraftstoffs aus der Differenz zwischen dem ersten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom und dem zweiten geschätzten Gesamtkraftstoffstrom.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ausserdem die Anteile einer Komponente oder mehrerer Komponenten am Kraftstoff bestimmt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Anteile der einen Komponente oder der mehreren Komponenten durch Eingabe des unteren Heizwerts in ein relatives Komponentenmodell (44) bestimmt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Anteile einer Komponente oder mehrere Komponenten durch Verwendung eines Sensors oder mehrere Sensoren für die eine Komponenten bzw. die mehreren Komponenten zur Messung der Menge der einen Komponente oder der Mengen der mehreren Komponenten bestimmt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Mengenverhältnisse der einen Komponente oder der mehreren Komponenten bestimmt werden durch:
  - Verwendung mindestens eines Komponentensensors zur Bestimmung des Anteils mindestens einer Komponente,
  - Eingabe der Quantität der mindestens einen Komponente in ein relatives Komponentenmodell und
  - Bestimmung der relativen Mengen an restlichen gewünschten Komponenten durch Eingabe des unteren Heizwertes in das relative Komponentenmodell (44).

6. Verfahren zur Steuerung einer Gasturbine (10) mit den Schritten:  
Bestimmung der Zusammensetzung eines Kraftstoffs (16), der in die Brennkammer (28) der Gasturbine (10) eintritt,  
Berechnung der Wirkung der Kraftstoffzusammensetzung (16) auf die Leistung der Gasturbine (10);  
Vergleichen von einem oder mehreren Betriebsparametern auf ein oder mehr Parametergrenzen (40); und  
Veränderung von einer oder mehreren Steuerungen (42) der Gasturbine (10) auf Basis der Ergebnisse des Vergleichs.

FIG. 1

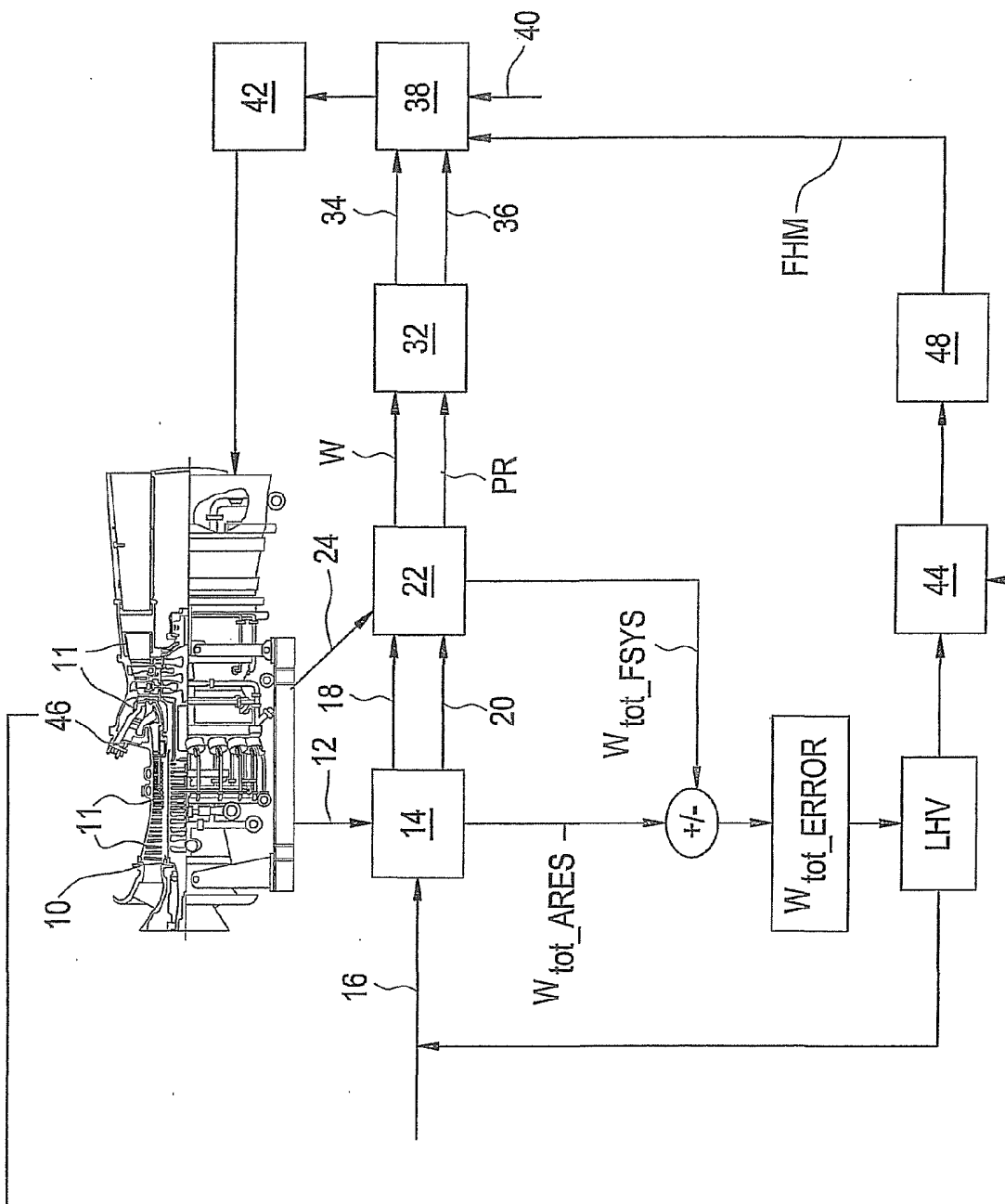


FIG. 2

