

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 709 120 A2

(51) Int. Cl.: F02C 9/50 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

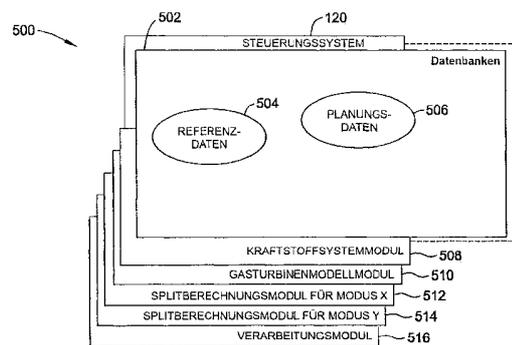
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

<p>(21) Anmeldenummer: 00017/15</p> <p>(22) Anmeldedatum: 07.01.2015</p> <p>(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.07.2015</p> <p>(30) Priorität: 07.01.2014 US 14/149,349</p>	<p>(71) Anmelder: General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)</p> <p>(72) Erfinder: Prabhanjana Kalya, Madhapur, Hyderabad, AP 500081 (IN) Steven Williama Backman, Greenville, SC 29602 (US) Laura Lea Boes, Greenville, SC 29602 (US) David Spencer Ewens, Greenville, SC 29602 (US) Trevor V Jones, Greenville, SC 29602 (US)</p> <p>(74) Vertreter: R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14 6300 Zug (CH)</p>
---	---

(54) Verfahren und System für einen Verbrennungsmodenübergang in einer Gasturbine.

(57) Erfindungsgemäss werden ein Verfahren, ein System (120) und ein Gasturbinensystem für den Übergang zwischen Verbrennungsmodi in einer Gasturbine bereitgestellt. Ein Prozessor erzeugt Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten. Ein Gasturbinenmodellmodul (510) erzeugt Daten, die für mindestens eine Turbinenbetriebsbedingung stehen. Ein erstes Splitberechnungsmodul (512) erzeugt Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Steuerung der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden. Ein zweites Splitberechnungsmodul (514) erzeugt Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Steuerung der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus. Der Übergang zwischen Verbrennungsmodi kann durch die Verwendung mindestens eines der aktiven Steuersplits und der passiven Steuersplits bewerkstelligt werden.



Beschreibung

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Beschreibung betrifft die Steuerung einer Gasturbine und betrifft genauer gesagt Verfahren und Systeme zum Steuern eines Übergangs zwischen Verbrennungsmodi, während sich eine Gasturbine unter direkter Verbrennungsrandsteuerung befindet.

[0002] Bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen wird eine Art der Steuerung, die als direkte Verbrennungsrandsteuerung bezeichnet wird, verwendet, um Kraftstoff- und Luftströme zu den verschiedenen Düsen der einen oder mehreren Brennkammern innerhalb einer Gasturbine zu regeln. Im Sinne des vorliegenden Textes meint «direkte Verbrennungsrandsteuerung» die Regelung der Verbrennung innerhalb einer Gasturbine, beispielsweise über das Steuern der Luft- und/oder Kraftstoffströme zu Düsen in Brennkammern innerhalb der Gasturbine dergestalt, dass ein oder mehrere vorgegebene Verbrennungsparameter, einschliesslich beispielsweise Temperaturen, Drücke, Dynamik und/oder Konzentrationen von Nebenprodukten der Verbrennung, innerhalb vorgegebener Grenzen oder Grenzwerte gehalten werden. In mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen umfasst die Gasturbine mehrere Brennkammern, und jede Brennkammer umfasst mehrere Düsen. In mindestens einigen dieser Gasturbinensysteme werden die Kraftstoff- und Luftströme über individuelle Kraftstoff- und Luftzuleitungskreise, die unabhängig voneinander gesteuert werden können, zu den einzelnen Düsen geleitet. Eine Möglichkeit, wie die Mengen an Luft und/oder Kraftstoff, die einer einzelnen Düse innerhalb einer Brennkammer zugeführt werden, definiert werden können, ist, dass man die Gesamtmenge an Luft und/oder Kraftstoff, die der Gasturbine oder Brennkammer zugeführt werden muss, bestimmt und dann die Mengen an Kraftstoff und/oder Luft definiert, die den einzelnen Düsen zugeführt werden (mitunter auch als «Splits» bezeichnet). Der «Split» für eine bestimmte Düse definiert den Anteil des insgesamt erforderlichen Kraftstoffflusses zu der Gasturbine oder Brennkammer, die über die jeweilige Düse zugeführt werden muss. Dementsprechend kann während einer direkten Verbrennungsrandsteuerung ein Split, der zu einer einzelnen Düse kanalisiert wird, ein anderer sein als ein Split, der zu einer anderen Düse innerhalb derselben Brennkammer kanalisiert wird.

[0003] Während der direkten Verbrennungsrandsteuerung verwendet ein Steuerungssystem für ein Gasturbinensystem eine oder mehrere Regelkreisschleifen zum Justieren der den Düsen zugeführten Splits. Jeder Kreislauf kann durch einen Randparameter definiert werden. Randparameter sind beispielsweise vorgegebene Zahlenwerten oder Bereiche für Gasturbinenemissionen wie zum Beispiel NO_x, CO usw., Verbrennungssystemdynamik und/oder Brennkammerbetriebsfähigkeits-Charakteristika, einschliesslich Parameter, die mageres Verlöschen anzeigen. Für jede Rückkopplungsschleife ist der befohlene Splitausgang eine Funktion eines definierten Grenz- oder Sollwertes für den Randparameter, der Rückkopplung zum Ist-Wert des Randparameters und des Ist-Splits. Die Rückkopplung zum Ist-Randparameter kann über eine direkte Messung des Randparameters, eine modellierte Schätzung des Randparameters oder eine Kombination aus beidem erhalten werden. Eine weitere Prioritätslogik kann eine weitere Eingrenzung aus mehreren Rückkopplungsschleifen-Splits vornehmen, um den endgültigen befohlenen Split für die betreffende Düse zu definieren.

[0004] Bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen kann die Gasturbine in mehreren verschiedenen Verbrennungsmodi betrieben werden. Die verschiedenen Verbrennungsmodi, die für die Zwecke dieser Offenbarung mit Nummern (1, 2, 3 usw.) und/oder Buchstaben (A, B, C, X, Y, Z usw.) bezeichnet werden können, unterscheiden sich voneinander in Bezug auf die Mengen an Kraftstoff und/oder Luft, die jeder Düse innerhalb einer Brennkammer zugeführt werden, und/oder in Bezug auf die Mengen an Kraftstoff und/oder Luft, die den jeweiligen Brennkammern innerhalb der Gasturbine zugeführt werden. Genauer gesagt, bestimmen die verschiedenen Verbrennungsmodi, welche Düsen aktiviert werden (d.h. eine Menge an Kraftstoff und/oder Luft zugeführt bekommen) und welche Düsen deaktiviert werden (d.h. keinen Kraftstoff und/oder Luft zugeführt bekommen).

[0005] Bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen können die verschiedenen Verbrennungsmodi benötigt werden, um die Gasturbine optimal über einen Bereich von Betriebsbedingungen hinweg zu betreiben. Dieser Bereich von Betriebsbedingungen umfasst verschiedene Belastungszustände, die auf die Gasturbine einwirken. Dementsprechend kann ein Verbrennungsmodus einem niedrigen Lastmodus entsprechen, ein weiterer Verbrennungsmodus kann einem mittleren Lastmodus entsprechen, und ein weiterer Verbrennungsmodus kann einem hohen Lastmodus entsprechen. Dies sind nur Beispiele, und bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen können andere Verbrennungsmodi mit anderen interessierenden Kriterien verknüpft sein. Ausserdem können sekundäre Faktoren existieren, welche die Auswahl des Verbrennungsmodus für einen bestimmten Gasturbinenbetriebszustand beeinflussen können, wie zum Beispiel Umgebungsbedingungen, Gasturbinenzustände usw.

[0006] Bei solchen Gasturbinensystemen, die in mehreren Verbrennungsmodi arbeiten können, kann es wünschenswert sein, von einem Verbrennungsmodus zu einem anderen überzugehen, während die Gasturbine ununterbrochen weiter betrieben wird. Jedoch ist es bei solchen bekannten Gasturbinensystemen nicht möglich, zwischen Verbrennungsmodi überzugehen, während die Turbine noch unter den Bedingungen einer direkten Verbrennungsrandsteuerung arbeitet. Das liegt daran, dass einige der Randmessungen, die direkt zur Steuerung und/oder als Eingabe in die Modelle für ungemessene Randparameter, die zur Steuerung verwendet werden, benutzt werden, vom momentanen Verbrennungsmodus abhängig sind. Daher können diese Messungen nicht dafür verwendet werden, die passiven Splits präzise vorherzusagen. Daher ist es erforderlich, dass das Steuerungssystem die direkte Verbrennungsrandsteuerung verlässt und auf einen Offenkreis-Splitplan ohne direkte Rückkopplungsschleifen zurückgreift. Offenkreis-Splits können auf der Grundlage eines

gemessenen oder modellierten Verbrennungsreferenzparameters disponiert werden, einem, der nicht vom Verbrennungsmodus abhängig ist, und werden gewöhnlich im Speicher innerhalb des Steuerungssystems gespeichert, der Splits umfasst, die verschiedenen Verbrennungsmodi unter verschiedenen Betriebsbedingungen entsprechen, um einen Wechsel zwischen Verbrennungsmodi zu implementieren. Nachdem ursprüngliche oder «Landepunkt»-Splits aus einem Split-Plan abgerufen wurden und die zugehörigen Messungen vollständig den Betrieb der Gasturbine im neuen Verbrennungsmodus reflektieren, kann der direkte Verbrennungsrandsteuerungsbetrieb der Gasturbine wieder aufgenommen werden. Jedoch hat dieses Verfahren mehrere Nachteile. Der erste ist die fehlende Zuverlässigkeit beim Betrieb nach Offenkreisplänen und das zusätzliche Risiko einer möglichen Überschreitung einer Randgrenze, wenn die direkte Randsteuerung deaktiviert ist. Zum Zweiten kann das Bestimmen und Aufrechterhalten zahlreicher Splitpläne für verschiedene Verbrennungsmodi und verschiedene Bedingungen (beispielsweise verschiedene Lastpfade oder Auslasstemperaturen) für jeden Modus arbeitsaufwändig und teuer sein, da die Erstellung und Wartung vorgegebener Splitpläne für eine Gasturbine den Einsatz von Wartungspersonal für eine wiederholte periodische Vor-Ort-Abstimmung der Gasturbine beinhaltet.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] In einem Aspekt wird ein Verfahren zur Verwendung beim Übergang zwischen Verbrennungsmodi in einer Gasturbine bereitgestellt. Das Verfahren wird unter Verwendung einer Computervorrichtung implementiert, die einen Prozessor umfasst, der mit einer Speichervorrichtung gekoppelt ist. Das Verfahren umfasst das Erzeugen, mit der Computervorrichtung, von Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten. Das Verfahren umfasst ausserdem das Erzeugen, mit der Computervorrichtung, eines Modells der Gasturbine, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen. Das Verfahren umfasst ausserdem das Erzeugen, mit einem ersten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden. Das Verfahren umfasst ausserdem das Erzeugen, mit mindestens einem zweiten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird.

[0008] Das Verfahren kann umfassen, dass das Erzeugen eines Datensignals, das für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits steht, umfasst, mit dem ersten Splitberechnungsmodul Daten zu erzeugen, die für mehrere Sätze aktiver Steuersplits stehen, die mehreren Verbrennungsparameter-Randwerten entsprechen.

[0009] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, mit der Computervorrichtung Daten auszuwählen, die für einen Satz aktiver Steuersplits stehen, die mindestens einem der Verbrennungsparameter-Randwerte entsprechen.

[0010] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Erzeugen, mit einem ersten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, Folgendes umfasst: Empfangen und selektives Neusenden, mit einem ersten Logikknoten, der ursprünglichen Splitdaten; Erzeugen, mit einem Transferfunktionsberechnungsknoten, der selektiv mit dem ersten Logikknoten gekoppelt ist und mit dem Gasturbinenmodellmodul gekoppelt ist, von Daten, die für einen Satz prädizierter Betriebsparameter stehen, zur Verwendung beim Berechnen eines oder mehrerer Splits auf der Basis mindestens eines vorgegebenen Verbrennungsparameter-Randwertes; Erzeugen, mit einem Verarbeitungsknoten, der selektiv mit dem ersten Logikknoten gekoppelt ist und mit dem Transferfunktionsberechnungsknoten gekoppelt ist, von Daten, die für mehrere Sätze aktiver Steuersplits stehen, auf der Basis des mindestens einen ersten vorgegebenen Verbrennungsparameter-Randwertes; Auswählen, mit einem Prioritätsauswahlknoten, der mit dem Verarbeitungsknoten gekoppelt ist, eines Satzes aktiver Steuersplitdaten aus den mehreren Sätzen aktiver Steuersplits, die einem ausgewählten mindestens einen Verbrennungsparameter-Randwert entsprechen; und Senden, mit dem Prioritätsauswahlknoten, der ausgewählten aktiven Steuersplitdaten zu der Gasturbine und dem ersten Logikknoten.

[0011] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Verfahren umfasst, zwischen Verbrennungsmodi überzugehen, nachdem die Computervorrichtung bestimmt, dass eine Schwelle einer überwachten Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert übertrifft.

[0012] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Übergehen zwischen Verbrennungsmodi umfasst, aktive Steuersplits, die am Anfang eines Verbrennungsmodenübergangs erfasst werden, und passive Steuersplits, die kontinuierlich während des Verbrennungsmodenübergangs berechnet werden, zu verwenden, wobei die aktiven Steuersplits am Beginn des Übergangs inkrementell so justiert werden, dass sie sich den passiven Steuersplits annähern.

[0013] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Erzeugen, mit einem zweiten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, Folgendes umfasst: Erzeugen, mit einem Transferfunktionsberechnungsknoten, der selektiv mit einem ersten Logikknoten gekoppelt ist und mit dem Gasturbinenmodellmodul gekoppelt ist, von Daten, die für einen Satz prädizierter Betriebsparameter stehen, zur Verwendung beim Berechnen von Splits auf der Basis mindestens eines vorgegebenen Verbrennungsparameter-Randwertes; Erzeugen, mit einem Verarbeitungsknoten, der selektiv mit dem ersten Logikknoten gekoppelt ist und mit dem Transferfunktionsberechnungsknoten gekoppelt ist, von Daten, die für mehrere Sätze passiver Steuersplits

stehen, auf der Basis des mindestens einen vorgegebenen Verbrennungsparameter-Randwertes; Auswählen, mit einem Prioritätsauswahlknoten, der mit dem Verarbeitungsknoten gekoppelt ist, eines Satzes passiver Steuersplitdaten aus den mehreren Sätzen aktiver Steuersplits, die einem ausgewählten mindestens einen Verbrennungsparameter-Randwert entsprechen; Senden, mit dem Prioritätsauswahlknoten, der ausgewählten passiven Steuersplitdaten mit dem ersten Logikknoten; und Empfangen und selektives Neusenden, mit dem ersten Logikknoten, der ausgewählten passiven Steuersplitdaten mit dem Transferfunktionsberechnungsknoten und dem Verarbeitungsknoten.

[0014] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Verfahren Folgendes umfasst: Empfangen, mit einem zweiten Logikknoten, der aktiven Steuersplitdaten und der passiven Steuersplitdaten; und Steuern der Gasturbine unter Verwendung der aktiven Steuersplitdaten.

[0015] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Verfahren Folgendes umfasst: Überwachen, mit der Computervorrichtung, mindestens einer Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine; und Übergehen, mit der Computervorrichtung, der Steuerung der Gasturbine vom ersten Verbrennungsmodus zum zweiten Verbrennungsmodus, wenn die überwachte Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

[0016] Jedes oben angesprochene Verfahren kann umfassen, dass das Übergehen, mit der Computervorrichtung, der Steuerung der Gasturbine vom ersten Verbrennungsmodus zum zweiten Verbrennungsmodus Folgendes umfasst: selektives Steuern der Gasturbine unter Verwendung der passiven Steuersplitdaten; Konvertieren des ersten Splitberechnungsmoduls von einem aktiven Steuerungsregime zu einem passiven Steuerungsregime; und Konvertieren des zweiten Splitberechnungsmoduls von einem passiven Steuerungsregime zu einem aktiven Steuerungsregime.

[0017] Gemäss einem weiteren Aspekt wird ein System für den Übergang zwischen Verbrennungsmodi in einer Gasturbine bereitgestellt. Das System enthält eine Computervorrichtung, die einen Prozessor umfasst, und eine computerlesbare Speichervorrichtung, auf der computerlesbare Instruktionen codiert sind, die durch den Prozessor ausgeführt werden können. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor, Daten zu erzeugen, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, ein Modell der Gasturbine zu erzeugen, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, mit einem ersten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung Daten zu erzeugen, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, um sie beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus zu verwenden, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, mit mindestens einem zweiten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung Daten zu erzeugen, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, um sie beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus zu verwenden, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, zwischen Verbrennungsmodi überzugehen, indem aktive Steuersplits, die am Anfang eines Verbrennungsmodenübergangs erfasst werden, und passive Steuersplits, die kontinuierlich während des Verbrennungsmodenübergangs berechnet werden, verwendet werden, wobei die aktiven Steuersplits am Beginn des Übergangs inkrementell so justiert werden, dass sie sich den passiven Steuersplits annähern.

[0018] Die computerausführbaren Instruktionen des Systems können den Prozessor veranlassen, mit dem ersten Splitberechnungsmodul Daten zu erzeugen, die für mehrere Sätze aktiver Steuersplits stehen, die mehreren Verbrennungsparameter-Randwerten entsprechen.

[0019] Die computerausführbaren Instruktionen jedes oben besprochenen Systems können den Prozessor veranlassen, einen Satz aktiver Steuersplitdaten aus den mehreren Sätzen aktiver Steuersplits auszuwählen, die einem ausgewählten mindestens einen Verbrennungsparameter-Randwert entsprechen.

[0020] Die computerausführbaren Instruktionen jedes oben besprochenen Systems können den Prozessor zu Folgendem veranlassen: Empfangen, mit einem zweiten Logikknoten, der aktiven Steuersplitdaten und der passiven Steuersplitdaten; und Steuern des Betriebes der Gasturbine unter Verwendung der aktiven Steuersplitdaten.

[0021] Die computerausführbaren Instruktionen jedes oben besprochenen Systems können den Prozessor zu Folgendem veranlassen: Überwachen mindestens einer Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine; und Übergehen der Steuerung der Gasturbine vom ersten Verbrennungsmodus zum zweiten Verbrennungsmodus, wenn die überwachte Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

[0022] Die computerausführbaren Instruktionen jedes oben besprochenen Systems können den Prozessor zu Folgendem veranlassen: selektives Steuern der Gasturbine unter Verwendung der passiven Steuersplitdaten; Konvertieren des ersten Splitberechnungsmoduls von einem aktiven Steuerungsregime zu einem passiven Steuerungsregime; und Konvertieren des zweiten Splitberechnungsmoduls von einem passiven Steuerungsregime zu einem aktiven Steuerungsregime.

[0023] Die computerausführbaren Instruktionen jedes oben besprochenen Systems können den Prozessor veranlassen, das erste Splitberechnungsmodul so umzukonfigurieren, dass es als einen Eingang einen selbsterzeugten Satz Steuersplitdaten verwendet.

[0024] Die computerausführbaren Instruktionen jedes oben besprochenen Systems können den Prozessor veranlassen, das zweite Splitberechnungsmodul so umzukonfigurieren, dass es als einen Eingang die ursprünglichen Splitdaten verwendet.

[0025] Gemäss einem weiteren Aspekt wird ein Gasturbinensystem bereitgestellt. Das Gasturbinensystem umfasst einen Verdichterabschnitt, eine Brennkammerbaugruppe, die mit dem Verdichterabschnitt gekoppelt ist, einen Turbinenabschnitt, der mit dem Verdichterabschnitt gekoppelt ist, und ein Steuerungsteilsystem. Das Steuerungsteilsystem umfasst einen Prozessor und eine computerlesbare Speichervorrichtung, auf der computerlesbare Instruktionen codiert sind, die durch den Prozessor ausgeführt werden können. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor zum Erzeugen von Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, ein Modell der Gasturbine zu erzeugen, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, mit einem ersten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung Daten zu erzeugen, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, um sie beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus zu verwenden, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, mit mindestens einem zweiten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung Daten zu erzeugen, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, um sie beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus zu verwenden, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird. Die computerlesbaren Instruktionen veranlassen den Prozessor des Weiteren, zwischen Verbrennungsmodi überzugehen, nachdem die Computervorrichtung bestimmt, dass eine Schwelle einer überwachten Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert übertrifft.

[0026] Die computerausführbaren Instruktionen können den Prozessor veranlassen, einen ratenbegrenzten Wechsel zwischen den aktiven Steuersplits und den passiven Steuersplits zu implementieren, wobei die aktiven Steuersplits inkrementell so justiert werden, dass sie sich den passiven Steuersplits annähern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027]

- Fig. 1 ist ein Schaubild eines beispielhaften Gasturbinensystems.
- Fig. 2 ist eine schematische Schnittansicht einer beispielhaften Brennkammer zur Verwendung in dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinensystem.
- Fig. 3 ist ein Kurvendiagramm eines beispielhaften Lastpfades für das in Fig. 1 gezeigte Gasturbinensystem.
- Fig. 4 ist ein Blockschaubild des in Fig. 1 gezeigten Gasturbinensystems, das ein beispielhaftes Steuerungssystem veranschaulicht.
- Fig. 5 ist ein Schaubild von beispielhaften Komponenten, die in dem in Fig. 4 gezeigten Steuerungssystem enthalten sind.
- Fig. 6 ist ein topologisches Schaubild eines beispielhaften Verfahrens für den Übergang zwischen Verbrennungsmodi.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0028] Es ist möglich, dass bestimmte Merkmale verschiedener Ausführungsformen der Offenbarung in einigen Zeichnungen gezeigt sind, in anderen hingegen nicht. Dies dient jedoch allein der einfacheren Darstellung. Gemäss den Prinzipien der Offenbarung kann jedes Merkmal einer Zeichnung in Kombination mit jedem Merkmal einer anderen Zeichnung erwähnt und/oder beansprucht werden.

[0029] Im Sinne des vorliegenden Textes meint «Betriebsbedingungen» einen oder mehrere Zahlenwerte für physikalische Parameter, die während des Betriebes einer Gasturbine wirken, wie zum Beispiel Temperatur und Druck des Abgaskrümmers, Verdichterdruck, Verdichtertemperatur, Turbinenleistung, Kraftstofffluss und Einlasslufttemperatur. Einige Betriebsbedingungen, wie zum Beispiel Temperatur und Druck des Abgaskrümmers, können direkt gemessen werden, beispielsweise über zweckmässig platzierte Sensoren, die mit einer zweckdienlich programmierten Computervorrichtung gekoppelt sind. Andere Betriebsbedingungen, wie zum Beispiel Verbrennungsdruck und -temperatur, können nur schwer mittels direkter Messung zuverlässig gemessen werden, können aber mittels Berechnungen, die durch die Computervorrichtung ausgeführt werden, auf der Basis mathematischer Modelle geschätzt werden, die mit anderen, messbaren Parametern arbeiten.

[0030] Die vorliegende Offenbarung betrifft die Steuerung einer Gasturbine, insbesondere unter Verwendung von Techniken der direkten Verbrennungsrandsteuerung. Techniken der direkten Verbrennungsrandsteuerung umfassen die Verwendung eines Regekreis-Rückkopplungsverfahrens zum Steuern einer Gasturbine unter Verwendung eines oder mehrerer

Sensoren zur Rückkopplung und die Verwendung eines oder mehrerer Aktuatoren zur Steuerung des Gasturbinenbetriebes. Jedoch sind mindestens einige bekannte Gasturbinen in der Lage, in mehreren Verbrennungsmodi zu arbeiten, die verschiedenen Kombinationen von Kraftstoff und/oder Luft entsprechen, die einzelnen Düsen innerhalb der Brennkammern zugeführt werden, und/oder die verschiedenen Kombinationen von Kraftstoff und/oder Luft entsprechen, die verschiedenen Brennkammern innerhalb der Gasturbine zugeführt werden. Jeder Verbrennungsmodus kann die Zuführung von Kraftstoff und Luft in verschiedenen Mengen nicht nur zu jeder Brennkammer innerhalb einer Gasturbine beinhalten, sondern auch in verschiedenen Mengen, einschliesslich kein Kraftstoff und/oder keine Luft, zu jeder Düse innerhalb jeder Brennkammer.

[0031] Wie oben beschrieben, wird die Menge an Kraftstoff und/oder Luft, die einer Düse zugeführt wird, als ein «Split» bezeichnet. Dementsprechend ist bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen die Kombination von Splits, die in einem Verbrennungsmodus (zum Beispiel Modus «X») verwendet werden, eine andere als die Kombination von Splits, die in einem anderen Verbrennungsmodus (zum Beispiel Modus «Y») verwendet werden. Es ist anzumerken, dass das Bestimmen von Splits sowohl vom Verbrennungsbetriebsmodus als auch von der direkten Randsteuerungslogik, die für den jeweiligen Verbrennungsmodus verwendet wird, abhängt.

[0032] Bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen ist es nicht möglich, die Gasturbine über eine im Wesentlichen kontinuierliche direkte Verbrennungsrandsteuerung zu betreiben, während von einem Verbrennungsmodus in einen anderen übergegangen wird. Statt dessen verwaltet ein Steuerungssystem eines Gasturbinensystems einen Satz Pläne von Kraftstoff /Luft-Splits, die mit Verbrennungsreferenzparametern korreliert sind, um ursprüngliche «Soll»-Splits bereitzustellen, die den Düsen einer Gasturbine am Beginn des Betriebes in jedem Verbrennungsmodus, vor der Implementierung oder Wiederaufnahme der direkten Verbrennungsrandsteuerung zugeführt werden. Die vorliegende Offenbarung sieht einen solchen Übergang zwischen Verbrennungsmodi in einem Gasturbinensystem vor, während sich die Gasturbine unter einer im Wesentlichen kontinuierlichen direkten Verbrennungsrandsteuerung befindet.

[0033] Algorithmen zum Bestimmen von Splits, die unter gemessenen oder geschätzten Betriebsbedingungen innerhalb eines Gasturbinensystems zu verwenden sind, sind bekannt. Solche Algorithmen umfassen Funktionen (mitunter als «Transferfunktionen» bezeichnet), die zum Vorhersagen von Parametern verwendet werden, die während der Steuerung von Gasturbinenoperationen verwendet werden, die sich nicht so einfach durch direkte Verfahren messen lassen. Die vorliegende Offenbarung beschreibt ein Verfahren für den Übergang zwischen Verbrennungsmodi in einem Gasturbinensystem mit Hilfe von Splitberechnungen gleichzeitig in zwei separaten Verarbeitungsregimes: a) ein aktives Steuerungsregime; und b) ein passives Steuerungsregime. Ein aktives Steuerungsregime ist als ein Verarbeitungsregime definiert, bei dem das System bestimmt, was die momentanen Splits sind, und diese momentanen Splits verwendet, um idealisierte Steuersplits für eine Echtzeitsteuerung einer Gasturbine in einem bestimmten Verbrennungsmodus, zum Beispiel Modus X, zu erzeugen. Oder anders ausgedrückt: das aktive Steuerungsregime ist das Verarbeitungsregime, das dafür verwendet wird, die Gasturbine zu jenem Zeitpunkt zu steuern. Ein passives Steuerungsregime ist als ein Verarbeitungsregime definiert, bei dem Splits so berechnet werden, als ob das Gasturbinensystem in einem anderen Verbrennungsmodus, zum Beispiel Modus Y, betrieben werden würde, aber die Modus Y-Splits werden unter der Annahme bestimmt, dass die Gasturbine unter den gleichen Betriebsbedingungen arbeitet, unter denen die aktiven Steuerungsregime-Splits berechnet werden. Beim passiven Steuerungsregime verwenden die Transferfunktionen als einen Rückkopplungseingang die Steuersplits, die unter dem passiven Regime berechnet wurden, das zum Steuern der Gasturbine verwendet werden würde, falls die Gasturbine unter Verbrennungsmodus Y betrieben werden würde. Oder anders ausgedrückt: während das Steuerungssystem das aktive Steuerungsregime verwendet, um die Splits bereitzustellen, die für den Turbinenbetrieb in einem Verbrennungsmodus verwendet werden, berechnet das Steuerungssystem gleichzeitig die Splits, die als eine Stabilzustandslösung zum Betreiben des Gasturbinensystems in einem anderen Verbrennungsmodus verwendet werden würden.

[0034] In einem Gasturbinensystem, bei dem zum Beispiel nur zwei Verbrennungsmodi, X und Y, verfügbar sind, wird zu jedem gegebenen Zeitpunkt ein einzelner Verbrennungsmodus (zum Beispiel Modus X) im aktiven Steuerungsregime verwendet, während der andere Verbrennungsmodus (Modus Y) im passiven Steuerungsregime verwendet wird. Wenn zum Beispiel während des Betriebes des Gasturbinensystems im Modus X das Steuerungssystem bestimmt, dass ein Wechsel zum Verbrennungsmodus Y angezeigt ist, so kann das Steuerungssystem direkt Splits implementieren, die einem Stabilzustandsbetrieb im Modus Y entsprechen. Als ein Ergebnis des Übergangs zwischen Verbrennungsmodi wird Verbrennungsmodus X zum passiven Steuerungsregime, und Verbrennungsmodus Y wird zum aktiven Steuerungsregime.

[0035] Genauer gesagt, und wie oben beschrieben, wird — da ein Übergang zwischen Verbrennungsmodi eine endliche Menge an Zeit zur Durchführung erfordert — ein Mechanismus für den Übergang von einem Vor-Übergang-Split zu einem Nach-Übergang-Split bereitgestellt. Ohne einen solchen Mechanismus besteht die Gefahr einer Unterbrechung des reibungslosen Betriebes der Gasturbine, was zu unerwünschten Effekten führen kann, wie zum Beispiel der Unterbrechung der Stromerzeugung durch die Gasturbine oder sogar einer Abschaltung der Gasturbine. In der beispielhaften Ausführungsform kann die Gasturbine unter Verwendung des Vor-Übergang-Splits bis zur Initiierung des Verbrennungsmodenübergangs betrieben werden. In der beispielhaften Ausführungsform könnten die Vor- und Nach-Übergang-Splitwerte statisch bei Initiierung des Verbrennungsmodenübergangs erfasst werden. Nachdem der Verbrennungsmodenübergang initiiert ist, kann ein ratenbegrenzter Wechsel zwischen statisch erfassten Vor- und Nach-Übergang-Splits implementiert werden. Ausserdem könnte der ratenbegrenzte Wechsel auf der Basis mindestens einer ursprünglichen Zahlenwertdifferenz zwischen den Vor- und Nach-Übergang-Splits bestimmt werden. Die Differenz zwischen den Zahlenwerten der

Vor- und Nach-Übergang-Splits kann bei Initiierung des Verbrennungsmodenübergangs erfasst werden. Diese numerische Differenz könnte dann mit einer bestimmten Rate oder über eine bestimmte endliche Zeit auf null bewegt (beispielsweise inkrementell geändert) und zu dem nach dem Übergang berechneten Split addiert werden. Während des Verbrennungsmodenübergangs kann der nach dem Übergang berechnete Split kontinuierlich im passiven Modus berechnet werden, da es nicht erforderlich ist, dass die Gasturbine für diese zweite Splitberechnung im Verbrennungsmodus arbeitet. Sobald die Differenz auf null bewegt wurde und die zugehörigen Messungen vollständig widerspiegeln, dass die Gasturbine in dem neuen Verbrennungsmodus arbeitet, kann der direkte Verbrennungsrandsteuerungsbetrieb der Gasturbine unter Verwendung der zweiten Splitberechnung, die im aktiven Modus arbeitet, wieder aufgenommen werden.

[0036] In den im vorliegenden Text beschriebenen Ausführungsformen werden zwei Verbrennungsmodi beschrieben. In einer alternativen Ausführungsform kann das Steuerungssystem dafür konfiguriert sein, das Gasturbinensystem in einer beliebigen Anzahl von Verbrennungsmodi zu betreiben. In einem solchen System ist der Verbrennungsmodus, der zum Bestimmen von Splits verwendet wird, die tatsächlich den Brennkammern in der Gasturbine zugeführt werden, das aktive Steuerungsregime, während Splits für die anderen Verbrennungsmodi alle unter dem passiven Steuerungsregime berechnet werden.

[0037] Fig. 1 ist eine schematische Illustration eines beispielhaften Gasturbinensystems 101, das eine Gasturbine 100 und ein Steuerungssystem 120 umfasst. Die Gasturbine 100 umfasst eine Verdichterbaugruppe 102 und eine Brennkammerbaugruppe 104. Die Gasturbine 100 umfasst ausserdem einen Turbinenabschnitt 108 und einen gemeinsamen Verdichter/Turbinenrotor 110.

[0038] Während des Betriebes strömt Luft 103 durch die Verdichterbaugruppe 102, so dass verdichtete Luft der Brennkammerbaugruppe 104 zugeführt wird. Kraftstoff 105 wird zu einer (nicht gezeigten) Verbrennungsregion und/oder -zone kanalisiert, die innerhalb der Brennkammerbaugruppe 104 definiert, worin der Kraftstoff mit der Luft vermischt und gezündet wird. Erzeugte Verbrennungsgase werden zum Turbinenabschnitt 108 kanalisiert, worin Wärmeenergie aus dem Gasstrom in mechanische Rotationsenergie umgewandelt wird. Der Turbinenabschnitt 108 ist mit dem Rotor 110 gekoppelt, um sich um eine Achse 106 zu drehen. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst das System 101 eine Last 112, die mit dem Rotor 110 gekoppelt ist. Die Last 112 kann jede Vorrichtung oder jedes System sein, die bzw. das eine Drehantriebskraft von der Gasturbine 100 über den Rotor 110 empfängt, um zu funktionieren. Zum Beispiel kann die Last 112 ein elektrischer Generator sein. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst das Gasturbinensystem 101 ein Steuerungssystem 120, wie weiter unten noch ausführlich beschrieben wird.

[0039] Fig. 2 ist eine schematische geschnittene Endansicht einer Brennkammer 200, die in der Brennkammerbaugruppe 104 der Gasturbine 100 verwendet werden kann, die in Fig. 1 gezeigt ist. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst die Brennkammer 200 fünf Düsen 202–210, die um einen Umfangsrand 214 der Brennkammer 200 herum angeordnet sind. Die Düsen 202–210 umgeben eine mittige Düse 212. In einer alternativen Ausführungsform kann die Brennkammer 200 jede beliebige Anzahl, Anordnung und/oder Konfiguration von Düsen umfassen, die es der Gasturbine 100 erlaubt, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren. Zum Beispiel können einige oder alle der Düsen 202–212 dafür eingerichtet sein, eine einzelne Komponente zuzuführen, einschliesslich beispielsweise Kraftstoff und Luft. Alternativ können einige oder alle der Düsen 202–212 dafür eingerichtet sein, jede beliebige Kombination dieser und/oder anderer Komponenten zuzuführen. Des Weiteren kann die Gasturbine 100 jede beliebige Anzahl von Brennkammern 200 umfassen, die es der Gasturbine 100 erlauben, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren.

[0040] In der beispielhaften Ausführungsform können Kraftstoff 105 und/oder Luft 103 (in Fig. 1 gezeigt) unabhängig zu jeder der Düsen 202–212 kanalisiert werden, so dass die relativen Mengen (oder der «Split») von Kraftstoff und/oder Luft, die zu der Düse 202 kanalisiert werden, andere sein können als der Split von Kraftstoff und/oder Luft, der zu der Düse 204 kanalisiert wird, und der Split von Kraftstoff und/oder Luft, der zu der Düse 206 kanalisiert wird, kann ein anderer sein als einer der Splits, der zu den Düsen 202 oder 204 kanalisiert, und so weiter. Zum Beispiel brauchen die Düsen 208 und 206 während eines Verbrennungsmodus nur Verbrennungsluft zu empfangen, während die übrigen Düsen 202, 204, 210 und 212 nur Kraftstoff oder eine Kombination von Kraftstoff und Luft empfangen. In einem anderen Verbrennungsmodus können alle Düsen 202–212 eine Kombination von Kraftstoff und Luft empfangen. Dies sind nur Beispiele, und die Offenbarung ist nicht darauf beschränkt.

[0041] In der beispielhaften Ausführungsform kann die Gasturbine 100 (in Fig. 1 gezeigt) durch das Steuerungssystem 120 (in Fig. 1 gezeigt) gesteuert werden, um eine Sequenz von Betriebsbedingungen zu durchlaufen, die als ein «Lastpfad» bezeichnet wird. Fig. 3 ist ein Kurvendiagramm 300, das einen beispielhaften verallgemeinerten Lastpfad 301 der Gasturbine 100 (in Fig. 1 gezeigt) zeigt. Der Lastpfad 301 ist in Fig. 3 als ein Diagramm eines Parameters 304 der Gasturbine 100 in Abhängigkeit von einer auf die Gasturbine 100 einwirkenden Last 302 gezeigt. In der beispielhaften Ausführungsform kann der Parameter 304 die Abgastemperatur sein, die in einem (nicht gezeigten) Abgaskrümmer der Gasturbine 100 abgefühlt wird. Dementsprechend kann der Parameter 304 in Abhängigkeit von den verwendeten Masseinheiten einen positiven Wert ungleich null haben, selbst wenn die Gasturbine 100 unter der Last 302 ist, die eine Null-Last ist. In einer alternativen Ausführungsform kann der Parameter 304 irgendein anderes Charakteristikum der Gasturbine 100 sein, das es erlaubt, die Gasturbine 100 wie im vorliegenden Text beschrieben zu steuern.

[0042] In der beispielhaften Ausführungsform steigt der Parameter 304 (Auslassttemperatur) in dem Masse, wie die Last 302 auf die Gasturbine 100 steigt, wie durch die aufsteigende Linie 306 angedeutet ist. Letztendlich erreicht die Gastur-

bine 100 (in Fig. 1 gezeigt) einen Zustand, wo der Parameter 304 einen konstanten Wert hat. Falls der Parameter 304 die Auslasstemperatur ist, so ist der Zustand ein isothermischer Zustand, wie durch eine horizontale Linie 308 angedeutet. Im weiteren Verlauf des Betriebes der Gasturbine 100 kann der Wert des Parameters 304 sinken, wie durch die absteigende Linie 310 angedeutet, bis eine Basislast 312 erreicht ist. Die Basislast 312 kann einen gewünschten Stabilzustand des Betriebes der Gasturbine 100 darstellen. Zum Beispiel kann die Basislast 312 einen Zustand darstellen, in dem die Gasturbine 100 eine Last (d.h. einen Generator) 112 (in Fig. 1 gezeigt) mit einer gewünschten Mindestgeschwindigkeit dreht, um eine erforderliche Mindestmenge an Strom zu erzeugen, die in ein Stromnetz eingespeist werden kann, während sie unter einem bestimmten Verbrennungsmodus arbeitet.

[0043] Bei mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen, zum Beispiel in Turbinensystemen, die in Wärme-Strom-Kombikraftwerken verwendet werden, ist der Lastpfad 301 fixiert. Es kann jedoch wünschenswert sein, es einer Gasturbine 100 zu ermöglichen, einem variablen Lastpfad 301 zu folgen, zum Beispiel in Reaktion auf eine breite Vielzahl von Variablen. Zu solchen Variablen können beispielsweise Variationen der Umgebungsbedingungen, der Gasturbinenbetriebsbedingungen, der externen Lastanforderungen und/oder der Kraftstoffqualität und -Verfügbarkeit gehören. Diese Variablen werden einfach als ein Beispiel genannt, und die Offenbarung ist nicht darauf beschränkt. Wird es der Gasturbine 100 ermöglicht, durch nicht-fixe Lastpfade zu arbeiten, so vergrößert sich die Anzahl der Splitpläne, die im Speicher eines Steuerungssystems 120 verwaltet werden muss, da jeder potenzielle Lastpfad eine andere Kombination von Betriebsbedingungen (wie zum Beispiel Auslasstemperatur) beinhaltet, was erfordern kann, den verschiedenen Düsen 202-212 jeder Brennkammerbaugruppe 104 innerhalb der Gasturbine 100 andere Kombinationen von Kraftstoff/Luft-Splits zuzuführen.

[0044] Fig. 4 ist ein Blockschaubild des Gasturbinensystems 101, das insbesondere das Steuerungssystem 120 zeigt. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst das Steuerungssystem 120 eine Computervorrichtung 305, die mit einem oder mehreren Sensoren 350 gekoppelt ist. Der oder die Sensoren 350 sind mit der Gasturbine 100 gekoppelt, die mit der Last 112 gekoppelt ist. Das Steuerungssystem 120 ist ausserdem mit mehreren (nicht gezeigten) physischen Steuerungsvorrichtungen gekoppelt, wie zum Beispiel Ventilen oder anderen Strömungssteuerungsvorrichtungen, die mit (nicht gezeigten) Quellen von Kraftstoff und Luft in Strömungsverbindung stehen, die der Gasturbine 100 zugeführt werden. In der beispielhaften Ausführungsform sind die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme dafür eingerichtet, unter Verwendung existierender physischer Steuerungsvorrichtungen implementiert zu werden, die in mindestens einigen bekannten Gasturbinensystemen vorhanden sind.

[0045] Die Computervorrichtung 305 wird unter Verwendung bekannter Programmierstechniken dafür konfiguriert, die Gasturbine 100 zu steuern und den Übergang zwischen Verbrennungsmodi zu bewerkstelligen, während die Gasturbine 100 unter aktiver direkter Verbrennungsrandsteuerung steht. Die Computervorrichtung 305 umfasst eine Speichervorrichtung 314 und einen Prozessor 315, die mit der Speichervorrichtung 314 wirkverbunden sind, um Instruktionen auszuführen. Der Prozessor 315 kann eine oder mehrere Verarbeitungseinheiten (beispielsweise in einer Mehrkern-Konfiguration) umfassen. In einigen Ausführungsformen werden in der Speichervorrichtung 314 ausführbare Instruktionen gespeichert. Die Computervorrichtung 305 kann dafür konfiguriert werden, durch Programmieren des Prozessors 315 einen oder mehrere im vorliegenden Text beschriebene betriebliche Prozesse auszuführen. Zum Beispiel kann der Prozessor 315 programmiert werden, indem eine Operation als eine oder mehrere ausführbare Instruktionen codiert und die ausführbaren Instruktionen in der Speichervorrichtung 314 bereitgestellt werden.

[0046] Im Sinne des vorliegenden Textes ist der Begriff «Prozessor» nicht nur auf jene integrierten Schaltkreise beschränkt, die der Fachmann als einen Computer bezeichnet, sondern meint im allgemeinen Sinne einen Mikrocontroller, einen Mikrocomputer, einen programmierbaren Logik-Controller (PLC), einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis und sonstige programmierbare Schaltkreise, und diese Begriffe werden im vorliegenden Text synonym verwendet. In den im vorliegenden Text beschriebenen Ausführungsformen kann «Speicher» beispielsweise ein computerlesbares Medium, wie zum Beispiel ein Direktzugriffsspeicher (RAM), und ein computerlesbares nicht-flüchtiges Medium, wie zum Beispiel ein Flash-Speicher, sein. Alternativ können auch eine Floppy-Disk, ein Compact Disc-Read Only Memory (CD-ROM), eine Magnet-optische Disk (MOD) und/oder eine Digital Versatile Disk (DVD) verwendet werden. Ausserdem können in den im vorliegenden Text beschriebenen Ausführungsformen weitere Eingangskanäle Computerperipheriegeräte sein, die mit einer Benutzerschnittstelle verbunden sind, wie zum Beispiel einer Maus und einer Tastatur. Alternativ können auch andere Computerperipheriegeräte verwendet werden, wie zum Beispiel ein Scanner. Des Weiteren können in der beispielhaften Ausführungsform weitere Ausgangskanäle beispielsweise ein Benutzerschnittstellenmonitor sein.

[0047] Die Speichervorrichtung 314 kann dafür eingerichtet sein, betriebliche Messungen zu speichern, wie zum Beispiel Echtzeittemperatur und Temperaturverlauf und Masseströmungswerte, und/oder sonstige andere Arten von Daten. In einigen Ausführungsformen entfernt oder «spült» der Prozessor 315 Daten auf der Basis ihres Alters aus der Speichervorrichtung 314. Zum Beispiel kann der Prozessor 315 zuvor aufgezeichnete und gespeicherte Daten überschreiben, die mit einer späteren Zeit und/oder einem späteren Ereignis verknüpft sind. Ausserdem oder alternativ kann der Prozessor 315 Daten entfernen, die ein vorgegebenes Zeitintervall überschreiten. Ausserdem umfasst die Speichervorrichtung 314 beispielsweise genügend Daten, Algorithmen und Befehle, um die Ausführung von Transferfunktionsberechnungen für einen oder mehrere Verbrennungsmodi der Gasturbine 100 (in Fig. 1 gezeigt), wie im vorliegenden Text beschrieben, zu ermöglichen.

[0048] Im Sinne des vorliegenden Textes meint der Begriff «Echtzeit» eine Zeit des Eintretens der zugehörigen Ereignisse und/oder die Zeit der Messung und Erfassung zuvor festgelegter Daten und/oder die Zeit zum Verarbeiten der Daten

und/oder die Zeit einer Systemreaktion auf die Ereignisse und die Umgebung. In den im vorliegenden Text beschriebenen Ausführungsformen können diese Aktivitäten und Ereignisse im Wesentlichen augenblicklich eintreten.

[0049] In einigen Ausführungsformen umfasst die Computervorrichtung 305 eine Präsentationsschnittstelle 320, die mit dem Prozessor 315 gekoppelt ist. Die Präsentationsschnittstelle 320 präsentiert einem Benutzer 325 Informationen, wie zum Beispiel eine Benutzerschnittstelle und/oder einen Alarm. In einer Ausführungsform umfasst die Präsentationsschnittstelle 320 einen (nicht gezeigten) Anzeigeadapter, der mit einer (nicht gezeigten) Anzeigevorrichtung gekoppelt ist, wie zum Beispiel einer Kathodenstrahlröhre (CRT), einer Flüssigkristallanzeige (LCD), einer organischen LED (OLED)-Anzeige und/oder einer «Electronic Ink»-Anzeige. In einigen Ausführungsformen umfasst die Präsentationsschnittstelle 320 eine oder mehrere Anzeigevorrichtungen.

[0050] In einigen Ausführungsformen umfasst die Computervorrichtung 305 eine Benutzereingabeschnittstelle 330. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Benutzereingabeschnittstelle 330 mit dem Prozessor 315 gekoppelt und empfängt Eingaben vom Benutzer 325. Die Benutzereingabeschnittstelle 330 kann zum Beispiel eine Tastatur, eine Zeigevorrichtung, eine Maus, einen Stift, ein berührungsempfindliches Paneel (beispielsweise ein Touchpad oder einen Berührungsbildschirm) und/oder eine Audioeingangsschnittstelle (einschliesslich beispielsweise ein Mikrofon) umfassen. Eine einzelne Komponente, wie zum Beispiel ein Berührungsbildschirm, kann sowohl als eine Anzeigevorrichtung als auch als Präsentationsschnittstelle 320 und Benutzereingabeschnittstelle 330 fungieren.

[0051] Eine Kommunikationsschnittstelle 335 ist mit dem Prozessor 315 gekoppelt und dafür konfiguriert, kommunikativ mit einer oder mehreren anderen Vorrichtungen gekoppelt zu werden, wie zum Beispiel einem Sensor, einem Aktuator oder einer weiteren Computervorrichtung 305, und Eingabe- und Ausgabeoperationen mit Bezug auf solche Vorrichtungen auszuführen. Zum Beispiel kann die Kommunikationsschnittstelle 335 einen leitungsgebundenen Netzwerkadapter, einen drahtlosen Netzwerkadapter, einen Mobiltelekommunikationsadapter, einen seriellen Kommunikationsadapter und/oder einen parallelen Kommunikationsadapter umfassen. Die Kommunikationsschnittstelle 335 kann Daten von einer oder mehreren räumlich abgesetzten Vorrichtungen empfangen und/oder Daten an eine oder mehrere räumlich abgesetzte Vorrichtungen senden. Zum Beispiel kann eine Kommunikationsschnittstelle 335 einer Computervorrichtung 305 einen Alarm an die Kommunikationsschnittstelle 335 einer anderen Computervorrichtung 305 senden.

[0052] Die Präsentationsschnittstelle 320 und/oder die Kommunikationsschnittstelle 335 sind beide in der Lage, Informationen bereitzustellen, die zur Verwendung mit den im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren geeignet sind (beispielsweise an den Nutzer 325 oder andere Vorrichtungen). Dementsprechend können die Präsentationsschnittstelle 320 und die Kommunikationsschnittstelle 335 als Ausgabevorrichtungen bezeichnet werden. Gleichermassen sind die Benutzereingabeschnittstelle 330 und die Kommunikationsschnittstelle 335 in der Lage, Informationen zu empfangen, die zur Verwendung mit den im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren geeignet sind, und können als Eingabevorrichtungen bezeichnet werden.

[0053] Um die im vorliegenden Text beschriebenen Funktionen auszuführen, umfasst das Steuerungssystem 120 mehrere Funktionskomponenten oder -module innerhalb der Computervorrichtung 305 (in Fig. 4 gezeigt). In der beispielhaften Ausführungsform haben diese Funktionskomponenten oder -module die Form einer geeigneten Programmierung, die in der Speichervorrichtung 314 gespeichert ist und unter Verwendung der Computervorrichtung 305 ausgeführt wird. Fig. 5 ist ein Schaubild 500 mindestens einiger Funktionskomponenten, die innerhalb des (in Fig. 4 gezeigten) Steuerungssystems 120 enthalten sind. Zum Beispiel kann eine Datenbank 502 beim Steuern des Betriebes der Gasturbine 100 (in Fig. 1 gezeigt) verwendet werden. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst das Steuerungssystem 120 eine beliebige Anzahl und Art von Datenbanken 502, die es dem Steuerungssystem 120 ermöglichen, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren. Die Datenbank 502 ist mit mehreren separaten Modulen innerhalb der Computervorrichtung 305 gekoppelt, die bestimmte Aufgaben ausführen, wie weiter unten noch ausführlich beschrieben wird. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Datenbank 502 in mehrere Sektionen geteilt, einschliesslich beispielsweise einen Referenzdatenabschnitt 504 und einen Planungsdatenabschnitt 506. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst die Datenbank 502 eine beliebige Anzahl und Art von Sektionen, die es dem Steuerungssystem 120 ermöglichen, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren. Die Sektionen 504 und 506 können miteinander verbunden sein, um Informationen abzurufen, die mit den unten beschriebenen Operationen und Komponenten zusammenhängen. Zum Beispiel kann der Referenzdatenabschnitt 504 verschiedenen Referenzzahlenwerte umfassen, wie zum Beispiel Referenz-Abgaskrümmerauslasstemperaturen, die verwendet werden, um zu bestimmen, wann eine Verschiebung von einem Verbrennungsmodus zu einem anderen Verbrennungsmodus verlangt wird. Der Planungsdatenabschnitt 506 kann Pläne von Kraftstoff/Luft-Verhältnissen (im vorliegenden Text auch als «Splits» bezeichnet) umfassen, die zum Definieren von Mengen an Kraftstoff und Luft verwendet werden, die zum Beispiel jeder der Kraftstoff/Luft-Düsen 202-212 (in Fig. 2 gezeigte) zugeführt werden.

[0054] Das Steuerungssystem 120 (in Fig. 5 gezeigt) kann weitere Funktionskomponenten umfassen, einschliesslich beispielsweise ein Kraftstoffsystemmodellmodul 508, ein Gasturbinenmodellmodul 510, ein erstes («Modus X») Splitberechnungsmodul 512, ein zweites («Modus Y») Splitberechnungsmodul 514 und ein allgemeines Verarbeitungsmodul 516. Das Kraftstoffsystemmodellmodul 508 bestimmt ursprüngliche Splits, die der Brennkammerbaugruppe 104 der Gasturbine 100 zuzuführen sind, vor der Implementierung des Turbinenbetriebes unter einer direkten Verbrennungsrandsteuerung. Das Modul 508 bestimmt die ursprünglichen Splits auf der Basis eines oder mehrerer Ist-Echtzeitparameter der Gasturbine 100. In der beispielhaften Ausführungsform übermitteln ein oder mehrere Sensoren (nicht gezeigt), wie zum Beispiel

Druckdifferenzsignalwandler, Daten an die Computervorrichtung 305, die für einen Druck innerhalb eines (nicht gezeigten) Abgaskrümmers der Gasturbine 100 stehen. Anhand der Druckdaten greift das Modul 508 auf einen Split-Plan (nicht gezeigt) zurück, der zum Beispiel in der Speichervorrichtung 314 (in Fig. 4 gezeigt) gespeichert ist, um zweckmässige Splits zu bestimmen, die der Brennkammerbaugruppe 104 zuzuführen sind. Diese Splits können letztendlich die Befehlssignale beeinflussen, die an verschiedene (nicht gezeigte) Gasturbinenaktuatoren gesendet werden, wie zum Beispiel Befehlssignale an Gassteuerungsventile.

[0055] Das Gasturbinenmodellmodul 510 entwickelt und aktualisiert kontinuierlich ein mathematisches Modell der Gasturbine 100 während des Turbinenbetriebes. Das Modul 510 empfängt Eingangssignale 736 von verschiedenen Sensoren 440, die Werte darstellen wie zum Beispiel Abgaskrümmertemperatur, Verdichterdruck, Verdichtertemperatur, Leistungsabgabe der Last 112 (in Fig. 1 gezeigt), wie zum Beispiel die Generatorleistung, Kraftstofffluss und Einlasslufttemperatur. Die Sensoren 440 können die gleichen Sensoren sein wie die in Fig. 4 gezeigten Sensoren 350. Unter Verwendung dieser Werte erzeugt das Modul 510 geschätzte Zahlenwerte für momentane Betriebsbedingungen innerhalb der Gasturbine 100, die auf andere Weise möglicherweise nicht beobachtbar sind, einschliesslich beispielsweise geschätzte Emissionen, Gasturbinendynamik und Temperaturen und Drücke an Stellen innerhalb der Gasturbine 100, wo keine Sensoren platziert werden können und zuverlässig arbeiten können, wie zum Beispiel Brennkammertemperaturen und -drücke.

[0056] Das Splitberechnungsmodul 512 präsentiert eine Reihe mathematischer Prozesse und Berechnungen, die zur Erzeugung von Daten führen, die einem Satz Splits entsprechen, der einem ersten Verbrennungsmodus entspricht. In der beispielhaften Ausführungsform kann der erste Verbrennungsmodus ein beliebiger gewünschter Verbrennungsmodus sein, zum Beispiel Modus X, der mit einem Satz Kraftstoff- und Luftsplits verknüpft sein kann, die einem ersten Lastzustand entsprechen. Genauer gesagt, ist das Modul 512, wie im vorliegenden Text beschrieben, praktisch in der Lage, Splits zu berechnen, die mehreren Parameterrändern entsprechen, die mit Verbrennungsmodus X verknüpft sind, in dem die Gasturbine 100 arbeiten kann. Jedoch wird, wie weiter unten noch ausführlich beschrieben wird, nur ein einziger Satz Splits, die mindestens einem vorgegebenen Verbrennungsparameterrand von Verbrennungsmodus X entsprechen, durch das Steuerungssystem 120 als ein ultimativer Ausgang des Moduls 512 ausgewählt. Das Splitberechnungsmodul 514 präsentiert eine Reihe mathematischer Prozesse und Berechnungen, die zur Erzeugung eines Satzes Splits führen, die einem zweiten Verbrennungsmodus entsprechen, der in der beispielhaften Ausführungsform ein beliebiger anderer Modus sein kann als der Modus, den das Steuerungssystem 120 als den Ausgang von Modul 512 ausgewählt hat, zum Beispiel Modus Y, der mit einem Satz Kraftstoff- und Luftsplits verknüpft sein kann, die einem zweiten Lastzustand entsprechen. Das Modul 514 ist gleichermassen in der Lage, Splits zu berechnen, die den mehreren Parameterrändern entsprechen, die mit dem Verbrennungsmodus Y verknüpft sind, in dem die Gasturbine 100 arbeiten kann.

[0057] Wie oben im vorliegenden Text beschrieben, ist je nachdem, welches der Module 512 und 514 im «aktiven Steuerungsregime» arbeitet und welches im «passiven Steuerungsregime» arbeitet, der Ausgang eines der Module 512 ein Satz Splits (als «Steuersplits» bezeichnet), die praktisch zum Steuern der Strömung von Kraftstoff, Luft usw. innerhalb der Gasturbine 100 verwendet werden, während der Ausgang des anderen der Module 514 (ebenfalls «Steuersplits») als eine Rückkopplung verwendet werden, so dass das Modul, das sich im passiven Steuerungsregime befindet, kontinuierlich Splits erzeugt, die für die vorherrschenden Betriebsbedingungen innerhalb der Gasturbine 100 aktuell oder «valide» sind.

[0058] In der beispielhaften Ausführungsform umfasst das Steuerungssystem 120 zwei Splitberechnungsmodulare 512 und 514. In einer alternativen Ausführungsform kann das Steuerungssystem 120 jede beliebige Anzahl von Splitberechnungsmodulen umfassen, die es dem Gasturbinensystem 101 ermöglichen, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren. Darüber hinaus kann das Steuerungssystem 120 eine beliebige Anzahl und Art anderer Module umfassen, die erforderlich sein können, um es dem Steuerungssystem 120 zu ermöglichen, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren. Ausserdem kann jedes der im vorliegenden Text beschriebenen Module weitere Funktionskomponenten in sich umfassen. Zum Beispiel umfasst in der beispielhaften Ausführungsform jedes der Module 512 und 514 weitere Funktionskomponenten in sich, einschliesslich eines ersten Logikknotens, eines Transferfunktionsberechnungsknotens, eines Verarbeitungsknotens und eines Prioritätsauswahlknotens, wie weiter unten noch ausführlich beschrieben wird.

[0059] Fig. 6 ist ein topologisches Schaubild 700, das den Informationsfluss zwischen den Modulen 508, 510, 512, 514 und 516 während einer direkten Verbrennungsrandsteuerung der Gasturbine 100 (in Fig. 1 gezeigt) veranschaulicht und insbesondere zeigt, wie Übergänge zwischen Verbrennungsmodi aktiviert werden, während die Gasturbine 100 unter einer direkten Verbrennungsrandsteuerung arbeitet. Das Steuerungssystem 120 empfängt über das Modul 508, über einen oder mehrere Sensoren 702, wie zum Beispiel Abgaskrümmersdruckdifferenzsignalwandler, Signale 704, die einen Echtzeitdruck innerhalb eines (nicht gezeigten) Abgaskrümmers der Gasturbine 100 darstellen. Nach dem Konvertieren der Signale zu einem Druckwert bestimmt das Steuerungssystem 120 anhand eines (nicht gezeigten) Split-Plans, der in der Speichervorrichtung 314 (in Fig. 3 gezeigt) gespeichert ist, einen Satz ursprünglicher Splits. In der beispielhaften Ausführungsform kann das Steuerungssystem 120 in der Speichervorrichtung 314 ursprüngliche Splitpläne speichern, die jedem Verbrennungsmodus entsprechen, in dem die Gasturbine 100 arbeiten kann. In einer anderen Alternative kann das Steuerungssystem 120 einen Split-Plan zur Verwendung verwalten, der einfach Splits mit bestimmten Druckwerten ungeachtet des Verbrennungsmodus korreliert. In einer weiteren Alternative kann das Steuerungssystem 120 jeden beliebigen Split-Plan verwenden, aus dem ursprüngliche Splits abgeleitet werden können und der es dem Gasturbinensystem 101 ermöglicht, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren. Das Steuerungssystem 120 überträgt

ein Datensignal 706, das den ursprünglichen Splits entspricht, gleichzeitig zu den Modulen 512 und 514. In der in Fig. 6 gezeigten beispielhaften Ausführungsform befindet sich die Gasturbine unter Modus X-Steuerung, entweder als Standardeinstellung (wie zum Beispiel während des Hochfahrens), oder indem Modus X zuvor durch das Steuerungssystem 120 ausgewählt wurde.

[0060] Wie zuvor beschrieben, umfasst jedes der Module 512 und 514 des Weiteren einen ersten Logikknoten, einen Transferfunktionsberechnungsknoten, einen Verarbeitungsknoten und einen Prioritätsauswahlknoten. Genauer gesagt, umfasst das Modul 512 einen Logikknoten 710, mindestens einen Transfer-funktionsberechnungsknoten 714, mindestens einen Verarbeitungsknoten 716 und einen Prioritätsauswahlknoten 726. Gleichermassen umfasst das Modul 514 einen Logikknoten 738, mindestens einen Transferfunktionsberechnungsknoten 746, mindestens einen Verarbeitungsknoten 748 und einen Prioritätsauswahlknoten 756. In der beispielhaften Ausführungsform führen die jeweiligen Knoten innerhalb der Module 512 und 514 ähnliche Arten von Berechnungen aus, wie oben beschrieben wurde. Jedoch werden die innerhalb des Moduls 512 ausgeführten Berechnungen auf Splits innerhalb des Verbrennungsmodus X konzentriert, während die innerhalb des Moduls 514 ausgeführten Berechnungen auf Splits innerhalb des Verbrennungsmodus Y konzentriert werden.

[0061] Zum Beispiel ist das Steuerungssystem 120 in Fig. 6 so konfiguriert, dass Modul 512 im aktiven Steuerungsregime im Verbrennungsmodus X arbeitet und Modul 514 im passiven Steuerungsregime im Verbrennungsmodus Y arbeitet. Dementsprechend konfiguriert in Modul 512 das Modusentscheidungssignal 708 (das beispielsweise über das Modul 516 implementiert wird) den Knoten 710 so, dass das Datensignal 706, das durch das Steuerungssystem 120 vom Modul 508 übertragen wird, über den Link 712 als ein Eingang zum Knoten 714 übertragen wird. Im Gegensatz dazu, weil das Modul 514 im passiven Steuerungsregime arbeitet, konfiguriert das Modusentscheidungssignal 708 den Knoten 738 so, dass er ein Signal 760 empfängt, das ein Ausgang des Knotens 756 ist, und es über den Link 742 als ein Eingangssignal 744 zum Knoten 746 sendet.

[0062] Knoten 714 und 746 stellen Abschnitte des Steuerungssystems 120 dar, die zweckmässig programmiert sind, um als Eingänge Signale zu empfangen, die Splits entsprechen. Die Knoten 714 und 746 empfangen zusätzlich als Eingänge Signale 715 bzw. 750, die vom Modul 510 gesendet werden. Wie zuvor beschrieben, erzeugt das Modul 510 ein mathematisches Modell der Gasturbine 100. Dementsprechend dient das Modul 510 als ein «mathematischer» Sensor, der Daten erzeugt, die momentane Echtzeit-Betriebsbedingungen darstellen, die innerhalb der Gasturbine 100 vorherrschen. Jeder der Knoten 714 und 746 stellt eine Reihe mathematischer Prozesse und/oder Berechnungen dar, die zur Erzeugung von Daten führen, die einem Satz präzidierter Betriebsparameter für die Gasturbine 100 entsprechen, die wiederum dafür verwendet werden können, Splits zu berechnen, die Verbrennungsmodi entsprechen. Diese Daten sind in Ausgangssignalen 720, 752 verkörpert, die von Knoten 714 bzw. 746 gesendet werden. Jedes der Module 512 und 514 verarbeitet seine jeweiligen Eingänge und erzeugt mehrere Sätze von Splits, die als Ausgangssignale 728 bzw. 760 verkörpert sind, wobei jeder Satz Splits einem potenziellen Verbrennungsmodus der Gasturbine 100 entspricht.

[0063] Wenn das Modul 512 im aktiven Steuerungsregime arbeitet, wie in Fig. 6 gezeigt, so empfängt der Verarbeitungsknoten 716 als Eingänge das ursprüngliche Splitsignal 718, ein oder mehrere Signale 720, die vom Knoten 714 übertragen werden, und eine äquivalente Anzahl von Referenzsignalen 722, die beispielsweise aus der Speichervorrichtung 314 (in Fig. 2 gezeigt) abgerufen werden. Das Referenzsignal 722 umfasst Daten, die Sollzahlenwerte für verschiedene Parameter darstellen, die zuvor als steuernde Parameter für Verbrennungsoperationen festgelegt wurden. Wenn das Modul 514 im passiven Steuerungsregime arbeitet, wie in Fig. 6 gezeigt, so empfängt der Verarbeitungsknoten 748 als Eingänge das Steuersplitsignal 744, ein oder mehrere Signale 752, die vom Knoten 746 übertragen wurden, und eine äquivalente Anzahl von Referenzsignalen 754. In der beispielhaften Ausführungsform kann das Referenzsignal 754 mit dem Referenzsignal 722 identisch sein. Das heisst, es versteht sich, dass «Signale» 720, 722, 724, 752, 754 und 758 in einer Ausführungsform jeweils eine Gruppe oder einen Satz Signale darstellen, und nicht ein einzelnes Signal.

[0064] Die Knoten 716 und 748 erzeugen, unter Verwendung ihrer jeweiligen Eingänge, wie oben beschrieben, mehrere Sätze von Splits, wobei jeder Satz einem vorgegebenen Verbrennungsparameterrand des Verbrennungsmodus X bzw. Y entspricht, die der Gasturbine 100 zur Verfügung stehen. Dementsprechend erzeugen die Knoten 716 und 748 Ausgangssignale 724 bzw. 758, die jeweils Daten umfassen, die jedem der Sätze von Splits entsprechen, die durch die Knoten 716 bzw. 748 erzeugt wurden. Die Prioritätsauswahlknoten 726 und 756 empfangen jeweilige Signale 724 und 758 und wenden eine Auswahllogik an, um als Ausgänge Signale einzugrenzen, die Daten umfassen, die bestimmten Verbrennungsparameterrändern für Verbrennungsmodi X und Y entsprechen, die das Steuerungssystem 120 zur Anwendung bestimmt hat und die den aktiven und passiven Steuerungsregimes entsprechen. Wenn wir zum Beispiel annehmen, dass in der beispielhaften Ausführungsform das Steuerungssystem 120 bestimmt hat, dass die Gasturbine 100 im Modus X als' dem aktiven Steuerungsregime arbeiten soll, wobei ein bestimmter Verbrennungsparameterrand A der steuernde Parameter ist, so grenzt der Prioritätsauswahlknoten 726 aus dem Signal 724 - Daten, die Modus X entsprechen - Verbrennungsparameterrand A-Splits ein und überträgt diese Daten als Ausgangssignal 728, die sowohl zum Modul 516 als auch zum ersten Logikknoten 710 gesendet werden. Dementsprechend veranlasst das Steuerungssystem 120, wenn sich das Modul 514 im passiven Steuerungsregime befindet, wie durch das Steuerungssystem 120 bestimmt, den Prioritätsauswahlknoten 756, aus dem Signal 758 - Daten, die einem Verbrennungsmodus Y entsprechen - den Verbrennungsparameterrand B auszuwählen (der gegebenenfalls der gleiche steuernde Verbrennungsparameterrand sein kann, der in der aktiven Steuerung verwendet wird) und überträgt diese Daten als Ausgangssignal 760. Das Signal 760 wird sowohl zum Modul 516 als auch zum ersten Logikknoten 738 übertragen. Dementsprechend bestimmt jedes Modul 512 und 514 kontinuierlich eine

Stabilzustandslösung für einen Satz Splits, die in den Signalen 728 und 760 verkörpert sind, um sie an die Gasturbine 100 über das Signal 734 zu übermitteln, das vom Modul 516 übertragen wird, das einem anderen Verbrennungsmodus und/oder einem anderen steuernden Verbrennungsparameterrand entspricht, wobei das Signal 728 aktiv die Gasturbine 100 steuert, und das Signal 760 passiv ist und verfügbar ist, um an die Gasturbine 100 übermittelt und verwendet zu werden, wenn das Steuerungssystem 120 bestimmt, dass ein Übergang zwischen Verbrennungsmodi verlangt wird. Genauer gesagt, dient das Signal 760 als eine Vorhersage valider Stabilzustands-Splits für den «Ziel»-Verbrennungsmodus, in den übergegangen werden soll.

[0065] In der beispielhaften Ausführungsform sind Knoten 716 und 748 als einzelne oder individuelle Knoten veranschaulicht. In einer (nicht gezeigten) alternativen Ausführungsform kann jeder Knoten 716, 748 durch mehrere Knoten ersetzt werden, deren Signale zu Prioritätsauswahlknoten 726 bzw. 756 kanalisiert werden, wobei die mehreren Knoten verschiedene steuernde Verbrennungsparameterränder für einen einzelnen gemeinsamen Verbrennungsmodus darstellen.

[0066] Wie zuvor beschrieben, steuern Splitberechnungen, die über das Modul 512 ausgeführt werden, aktiv Splits im Vor-Übergangs-Verbrennungsmodus, so dass die momentanen Messungen, die für eine direkte Randsteuerung verwendet werden, oder die als Eingänge in die Modelle verwendet werden, um direkte Randschätzungen zu erzeugen, vor dem Verbrennungsmodenübergang valide sind. Wie zuvor beschrieben, steuern die über das Modul 514 berechneten Splits nicht, wenigstens anfänglich, wie im vorliegenden Text beschrieben, die Gasturbine vor dem Modusübergang, und verwenden somit als einen Eingang einen selbsterzeugten Satz Steuersplitdaten. Splitberechnungen, die über das Modul 514 ausgeführt werden, verwenden den ausgegebenen Split als einen Eingang in eine oder mehrere Transferfunktionen, welche die erforderlichen Splitberechnungseingänge modellieren. In dieser Konfiguration führt das Modul 514 eine Iteration aus, um eine Schätzung des gewünschten Splits zu bestimmen, als ob die Gasturbine 100 im zweiten Verbrennungsmodus arbeiten würde. Das System 120 ist dafür konfiguriert, die oben erwähnten Berechnungen so auszuführen, dass sie vor dem Verbrennungsmodenübergang auf eine endgültige Lösung konvergieren, so dass die über das Modul 514 ausgeführte Splitberechnung dafür verwendet werden kann, den gewünschten endgültigen Nach-Übergang-Split kurz vor der Initiierung des Verbrennungsübergangs zu bestimmen.

[0067] In der beispielhaften Ausführungsform kann das Entscheidungssignal 732 durch das System 120 erzeugt und an das Verarbeitungsmodul 516 gesendet werden, um Bestimmungen durch das Steuerungssystem 120 zu implementieren, wann ein Übergang von einem Verbrennungsmodus zu einem anderen verlangt wird. Zum Beispiel kann das Steuerungssystem 120 ein vorgegebenes Modusübergangskriterium oder einen vorgegebenen Satz Kriterien überwachen, zum Beispiel einen Betriebsparameter, wie zum Beispiel die Abgaskrümmeremperatur. Wenn eine vorgegebene Schwelle des Betriebsparameters überschritten wird (entweder nach oben oder nach unten), so erzeugt das Steuerungssystem 120 ein Signal 732, das durch das Modul 516 empfangen wird, um, wie in Fig. 6 gezeigt, einen Wechsel zwischen Verbrennungsmodi durch Beenden des Sendens des Signals 728 an die Gasturbine 100 zu veranlassen, und stattdessen das Signal 760 an die Gasturbine 100 zu senden. Die Links 712 und 742 werden so geschaltet, dass der Knoten 710 als Eingang das Signal 728 zum Senden an den Knoten 714 empfängt, und der Knoten 738 empfängt als Eingang das Datensignal 706 zum Senden an den Knoten 746. In der beispielhaften Ausführungsform ist das Steuerungssystem 120 dafür konfiguriert, einen reibungslosen Übergang zwischen den aktiven Splits des Signals 728 und den zuvor passiven Splits des Signals 760 zu bewirken. Das Ausgangssignal 760 des Moduls 514, beim Arbeiten im passiven Steuerungsregime, stellt einen Satz Splits bereit, der als die ursprünglichen Splits oder «Landepunkt» für die Initiierung der aktiven Steuerung während eines Umschaltens vom Verbrennungsmodus X (zuvor aktiv über das Modul 512 gesteuert) zum Verbrennungsmodus Y (zuvor passiv über das Modul 514 gesteuert) dient.

[0068] Genauer gesagt, kann, wie zuvor beschrieben, ohne einen Mechanismus zum Herbeiführen des gesteuerten physikalischen Übergangs zwischen Verbrennungsmodi der Betrieb der Gasturbine 100 beeinträchtigt werden. In einer beispielhaften Ausführungsform kann der Betrieb der Gasturbine 100 unter Verwendung von Vor-Übergang-Splits fortgesetzt werden, die durch das Modul 512 erzeugt werden, bis ein Verbrennungsmodenübergang initiiert wird, beispielsweise von Modus X zu Modus Y. Nachdem das System 120 bestimmt, dass die Bedingungen für einen Verbrennungsmodenübergang erfüllt sind, könnten die Vor- und Nach-Übergangssplit-Werte vor der Initiierung des Verbrennungsmodenübergangs statisch erfasst werden. Das System 120 initiiert einen Verbrennungsmodenübergang durch Implementieren eines ratenbegrenzten Wechsels zwischen den statischen Vor- und Nach-Übergang-Splits. In einer beispielhaften Ausführungsform kann das System 120 dafür konfiguriert sein, beispielsweise über das Modul 516 den ratenbegrenzten Wechsel auf der Basis einer oder mehrerer ursprünglicher Zahlenwertdifferenzen zwischen einem oder mehreren entsprechenden Paaren der Vor- und Nach-Übergang-Splits zu berechnen. Die Differenzen zwischen den Zahlenwerten der entsprechenden Paare der Vor- und Nach-Übergang-Splits können bei Initiierung des Verbrennungsmodenübergangs erfasst werden. Diese Zahlendifferenz (oder -differenzen) könnten dann mit einer bestimmten Rate oder über eine bestimmte endliche Zeit auf null bewegt (beispielsweise inkrementell geändert) und zu dem nach dem Übergang berechneten Split addiert werden. Während des Verbrennungsmodenübergangs kann der nach dem Übergang berechnete Split kontinuierlich im passiven Modus berechnet werden, da es nicht erforderlich ist, dass die Gasturbine 100 für die Berechnung der Splits des passiven Regimes im Verbrennungsmodus arbeitet. Nachdem die Differenz auf null bewegt wurde und die zugehörigen Messungen vollständig den Betrieb der Gasturbine 100 im neuen Verbrennungsmodus Y widerspiegeln, kann der direkte Verbrennungsrandsteuerungsbetrieb der Gasturbine 100 unter Verwendung von Splits wieder aufgenommen werden, die über das Modul 514 berechnet wurden, nun aber im Betrieb des aktiven Modus. Die oben beschriebenen Aktionen für den

Übergang zwischen Verbrennungsmodi sind nur beispielhaft, und in anderen Ausführungsformen können andere Aktionen und Berechnungen vorgenommen werden, um es dem System zu ermöglichen, in der im vorliegenden Text beschriebenen Weise zu funktionieren.

[0069] In der beispielhaften Ausführungsform wird das Steuerungssystem 120 als das Übergehen zwischen zwei Verbrennungsmodi, X und Y, beschrieben. In einer alternativen Ausführungsform kann das Steuerungssystem 120 in der Lage sein, zwischen jeder gewünschten Anzahl von Verbrennungsmodi überzugehen. Dementsprechend würde in einer solchen Ausführungsform das Steuerungssystem 120 so viele Verbrennungsübergangsmodule umfassen, wie es Verbrennungsmodi gibt, die der Gasturbine 100 zur Verfügung stehen. Die bei 710 und 738 gezeigten Modusauswahllogikfunktionen können durch das Verarbeitungsmodul 516 ausgeführt werden. Die oben beschriebenen Operationen können während jeder beliebigen Phase des Betriebes der Gasturbine 100 stattfinden, einschliesslich während des Anfahrens, des stabilen Betriebszustands und des Herunterfahrens der Turbine.

[0070] Durch Bereitstellen mindestens zweier Module 512 und 514 kann das Steuerungssystem 120 kontinuierlich bestimmen, welche zweckmässigen Splits für Übergänge zwischen mindestens zwei Verbrennungsmodi implementiert werden sollten, falls das Steuerungssystem 120 bestimmt, dass ein Wechsel des Verbrennungsmodus zu irgend einem Zeitpunkt während eines direkten Verbrennungsrandsteuerungsbetriebes der Gasturbine 100 verlangt wird. Dementsprechend muss das Steuerungssystem 120 keine umfangreichen Splitpläne aufrufen, die anderenfalls entwickelt und in der (in Fig. 4 gezeigten) Speichervorrichtung 314 verwaltet werden müssten. Ausserdem erlaubt die Verwendung einer direkten Randsteuerung in aktiver Form während des Verbrennungsmodenübergangs eine zuverlässigere Steuerung von Splits, um das Überschreiten von Verbrennungsparameter-Grenzwerten zu verhindern.

[0071] Die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme beseitigen mindestens einige der Nachteile bekannter Gasturbinensysteme. Zum Beispiel ermöglichen die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme Übergänge zwischen Verbrennungsmodi unter reduzierter Zuhilfenahme vorgegebener Splitpläne. Ausserdem ermöglichen die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme den Betrieb von Gasturbinenbrennkammern über einen weiteren Bereich von Betriebsbedingungen und Lastpfaden, anstatt darauf beschränkt zu sein, entlang einer begrenzten Anzahl fester vorgegebener Lastpfade zu arbeiten. Die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme ermöglichen des Weiteren die Verwendung einer direkten Verbrennungsrandsteuerung in mehreren Brennkammerbetriebsmodi mit weniger Unterbrechungen im aktiven direkten Verbrennungsrandsteuerungsbetrieb. Genauer gesagt, erlauben die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme zuverlässige Übergänge zwischen Verbrennungsmodi, während sich die Gasturbine weiterhin unter aktiver Steuerung befindet. Ausserdem ermöglichen die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme verbesserte Übergänge zwischen Verbrennungsmodi ohne Ergänzungen und/oder Modifizierungen existierender Gasturbinensteuerungshardware.

[0072] Es versteht sich, dass die oben besprochenen Ausführungsformen, die in konkreter Ausführlichkeit beschrieben wurden, lediglich beispielhafte oder mögliche Ausführungsformen sind und dass es viele weitere Kombinationen, Ergänzungen oder Alternativen gibt, die enthalten sein können.

[0073] Ausserdem sind die konkreten Benennungen der Komponenten, die Grossschreibung von Begriffen, die Attribute, Datenstrukturen oder beliebige andere Programmierungen oder strukturelle Aspekte weder obligatorisch noch signifikant, und die Mechanismen, welche die Offenbarung oder ihre Merkmale implementieren, können auch andere Namen, Formate oder Protokolle haben. Des Weiteren kann das System über eine Kombination von Hardware und Software, wie beschrieben, oder vollständig in Hardware-Elementen implementiert werden. Ausserdem ist die konkrete Teilung der Funktionalität zwischen den verschiedenen im vorliegenden Text beschriebenen Systemkomponenten lediglich beispielhaft und nicht obligatorisch; Funktionen, die durch eine einzelne Systemkomponente ausgeführt werden, können statt dessen durch mehrere Komponenten ausgeführt werden, und Funktionen, die durch mehrere Komponenten ausgeführt werden, können statt dessen durch eine einzelne Komponente ausgeführt werden. Verschiedene Implementierungen der hier beschriebenen Systeme und Techniken können in digitalen elektronischen Schaltungen, integrierten Schaltungen, speziell gestalteten ASICs (anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreisen), Computerhardware, Firmware, Software und/oder Kombinationen davon realisiert werden. Diese verschiedenen Implementierungen können eine Implementierung in einem oder mehreren Computerprogrammen umfassen, die in einem programmierbaren System ausgeführt und/oder interpretiert werden können, einschliesslich mindestens einem programmierbaren Prozessor, der ein Spezial- oder ein Allzweckprozessor sein kann, der so gekoppelt ist, dass er Daten und Instruktionen von einem Speichersystem, mindestens einer Eingabevorrichtung und mindestens einer Ausgabevorrichtung empfangen und an diese senden kann.

[0074] Diese Computerprogramme (auch als Programme, Software, Software-Anwendungen oder Code bekannt) umfassen Maschineninstruktionen für einen programmierbaren Prozessor und können in einer höheren prozeduralen und/oder objektorientierten Programmiersprache und/oder in Assembly-/Maschinensprache implementiert werden. Im Sinne des vorliegenden Textes meinen die Begriffe «maschinenlesbares Medium» und «computerlesbares Medium» beliebige Computerprogrammprodukte, Vorrichtungen und/oder Geräte (beispielsweise magnetische Disks, optische Disks, Speicher, programmierbare Logikvorrichtungen (PLDs)), die verwendet werden, um Maschineninstruktionen und/oder Daten an einen programmierbaren Prozessor zu übermitteln, einschliesslich eines maschinenlesbaren Mediums, das Maschineninstruktionen als ein maschinenlesbares Signal empfängt. Der Begriff «maschinenlesbares Medium» meint jedes Medium oder Signal, das verwendet wird, um Maschineninstruktionen und/oder Daten an einen programmierbaren Prozessor

zu übermitteln. Das «maschinenlesbare Medium» und das «computerlesbare Medium» enthalten jedoch keine transitorischen Signale.

[0075] Ausserdem erfordern die in den Figuren gezeigten Logikflüsse nicht die konkret gezeigte Reihenfolge oder sequenzielle Abfolge, um wünschenswerte Ergebnisse zu erreichen. Ausserdem können weitere Schritte zu den beschriebenen Flüssen hinzugefügt oder von diesen weggelassen werden, und weitere Komponenten können zu den beschriebenen Systemen hinzugefügt oder von diesen weggelassen werden. Dementsprechend liegen auch andere Ausführungsformen innerhalb des Schutzzumfangs der folgenden Ansprüche.

[0076] Einige Abschnitte der obigen Beschreibung präsentieren Merkmale anhand von Algorithmen und symbolischen Darstellungen von Operationen an Informationen. Diese algorithmischen Beschreibungen und Darstellungen können vom Datenverarbeitungsfachmann dafür verwendet werden, den Wesensgehalt seiner Arbeit am effektivsten anderen Fachleuten zu vermitteln. Diese Operationen sind zwar funktional oder logisch beschrieben, doch es versteht sich, dass sie durch Computerprogramme implementiert werden. Des Weiteren hat es sich gelegentlich als zweckmässig erwiesen, diese Anordnungen von Operationen als Module zu bezeichnen oder ihnen Funktionsbezeichnungen zu geben, ohne dass die Allgemeingültigkeit verloren geht.

[0077] Sofern aus der obigen Besprechung nicht eindeutig etwas anderes hervorgeht, versteht es sich, dass sich während der gesamten Beschreibung Besprechungen, in denen Begriffe wie zum Beispiel «Verarbeitung» oder «Computerberechnung» oder «Berechnen» oder «Bestimmen» oder «Anzeigen» oder «Bereitstellen» oder dergleichen verwendet werden, auf die Aktion und auf Prozesse eines Computersystems oder einer ähnlichen elektronischen Computervorrichtung beziehen, die Daten handhabt und umwandelt, die als physikalische (elektronische) Quantitäten innerhalb der Computersystemspeicher oder -register oder anderer derartiger Informationsspeicher-, -übertragungs- oder -anzeigevorrichtungen dargestellt werden.

[0078] Die im vorliegenden Text beschriebenen Verfahren und Systeme können durch eine Computervorrichtung in Kommunikation mit einer Speichervorrichtung unter Verwendung von Computerprogrammierungs- oder -ingenieurstechniken implementiert werden, wie zum Beispiel Computersoftware, Firmware, Hardware oder beliebigen Kombination oder Teilmengen davon, wobei die technischen Effekte erreicht werden, indem mindestens eine der folgenden Aktionen ausgeführt wird: a) Erzeugen von Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten; b) Erzeugen eines Modells der Gasturbine, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen; c) Erzeugen von Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Split-daten verwendet werden; und d) Erzeugen von Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird.

[0079] Die technischen Effekte können auch durch mittels Durchführen mindestens einen der folgenden Aktionen erreicht werden: a) Erzeugen von Daten, die für mehrere Sätze aktiver Steuersplits stehen, die mehreren Verbrennungsparameter-Randwerten entsprechen; b) Auswählen von Daten, die für einen Satz aktiver Steuersplits stehen, die mindestens einem der Verbrennungsparameter-Randwerte entsprechen; c) Empfangen und selektives Neusenden der ursprüngliche Splitdaten; d) Erzeugen, mit einem Transferfunktionsberechnungsknoten, von Daten, die für einen Satz präzidierter Betriebsparameter stehen, zur Verwendung beim Berechnen eines oder mehrerer Splits auf der Basis mindestens eines Verbrennungsparameter-Randwert; e) Erzeugen von Daten, die für mehrere Sätze aktiver Steuersplits stehen, auf der Basis des mindestens einen ersten Verbrennungsparameter-Randwertes; f) Auswählen eines Satzes aktiver Steuersplitdaten aus den mehreren Sätzen aktiver Steuersplits, die einem ausgewählten mindestens einen Verbrennungsparameter-Randwert entsprechen; g) Senden der ausgewählten aktiven Steuersplitdaten zu der Gasturbine und dem ersten Logikknoten; und h) übergehen zwischen Verbrennungsmodi, nachdem die Computervorrichtung bestimmt, dass eine Schwelle einer überwachten Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert übertrifft.

[0080] Die technischen Effekte können auch mittels Durchführen mindestens einer der folgenden Aktionen erreicht werden: a) Implementieren eines ratenbegrenzten Wechsels zwischen statischen Vor- und Nach-Übergang-Splits; b) Berechnen des ratenbegrenzten Wechsels auf der Basis einer oder mehrerer ursprünglicher Zahlenwertdifferenzen zwischen einem oder mehreren entsprechenden Paaren der Vor- und Nach-Übergang-Splits; c) Erfassen der Differenzen zwischen den Zahlenwerten der entsprechenden Paare der Vor- und Nach-Übergang-Splits bei Initiierung eines Verbrennungsmodenübergang; 1) Bewegen (beispielsweise inkrementelles Verändern) der Differenz auf null mit einer bestimmten Rate oder über eine bestimmte endliche Zeit und Addieren der bewegten Differenz zu dem nach dem Übergang berechneten Split; d) kontinuierliches Berechnen des Nach-Übergangs-Splits im passiven Verbrennungsmodus; und e) Wiederaufnehmen des direkten Verbrennungsrandsteuerungsbetriebes, nachdem die Differenz auf null bewegt wurde und die zugehörigen Messungen vollständig den Betrieb der Gasturbine im neuen Verbrennungsmodus reflektieren, der nun der aktive Modus ist.

[0081] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zum Offenbaren des beanspruchten Gegenstandes, einschliesslich des besten Modus, und auch zu dem Zweck, es einem Fachmann zu ermöglichen, den beanspruchten Gegenstand zu praktizieren, einschliesslich der Herstellung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und der Ausführung jeglicher hierin aufgenommenen Verfahren. Der patentfähige Schutzzumfang des im vorliegenden Text beschrie-

benen Gegenstandes wird durch die Ansprüche definiert und kann auch andere Beispiele umfassen, die dem Fachmann einfallen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzzumfang der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich nicht vom Wortlaut der Ansprüche unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente umfassen, die sich nur unwesentlich vom Wortlaut der Ansprüche unterscheiden.

[0082] Es werden ein Verfahren und ein System 120 zum Übergehen zwischen Verbrennungsmodi in einer Gasturbine bereitgestellt. Ein Prozessor erzeugt Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten. Ein Gasturbinenmodellmodul 510 erzeugt Daten, die für mindestens eine Turbinenbetriebsbedingung stehen. Ein erstes Splitberechnungsmodul 512 erzeugt Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Steuerung der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden. Ein zweites Splitberechnungsmodul 514 erzeugt Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Steuerung der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus. Der Übergang zwischen Verbrennungsmodi kann unter Verwendung mindestens eines der aktiven Steuersplits und der passiven Steuersplits bewerkstelligt werden.

Bezugszeichenliste

[0083]

- 100 Gasturbine
- 101 System
- 102 Verdichterbaugruppe
- 103 Luft
- 104 Brennkammerbaugruppe
- 105 Kraftstoff
- 106 Achse
- 108 Turbinenabschnitt
- 110 Rotor
- 112 Last
- 120 Steuerungssystem
- 200 Brennkammer
- 202 Düse
- 204 Düse
- 206 Düse
- 208 Düse
- 210 Düse
- 212 Düse
- 214 Umfangsrand
- 300 Kurvendiagramm
- 301 Lastpfad
- 302 Last
- 304 Parameter
- 305 Computervorrichtung
- 306 Schräge Linie
- 308 Horizontale Linie

310	Nach unten geneigte Linie
312	Basislast
314	Speichervorrichtung
315	Prozessor
320	Präsentationsschnittstelle
325	Benutzer
330	Benutzereingabeschnittstelle
335	Kommunikationsschnittstelle
350	Sensor
440	Sensor
500	Schaubild
502	Datenbank
504	Referenzdatenabschnitt
506	Planungsdatenabschnitt
508	Kraftstoffsystemmodul
510	Gasturbinenmodellmodul
512	Splittberechnungsmodul
514	Splittberechnungsmodul
516	Allgemeines Verarbeitungsmodul
700	Topologisches Schaubild
702	Sensor
704	Signal
706	Signal
708	Modusauswahllogik
710	Logikknoten
712	Link
714	Transferfunktionsberechnungsknoten
715	Signal
716	Verarbeitungsknoten
718	Ursprüngliches Splitsignal
720	Ausgangssignal
722	Referenzsignal
724	Ausgangssignal
726	Prioritätsauswahlknoten
728	Ausgangssignal
732	Logikknoten

- 734 Signal
- 736 Eingangssignal
- 738 Erster Logikknoten
- 742 Link
- 744 Steuersplitsignal
- 746 Transferfunktionsberechnungsknoten
- 748 Verarbeitungsknoten
- 750 Signal
- 750 Ausgangssignal
- 752 Ausgangssignal
- 754 Referenzsignal
- 756 Prioritätsauswahlknoten
- 758 Ausgangssignal
- 760 Ausgangssignal

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verwendung beim Übergehen zwischen Verbrennungsmodi in einer Gasturbine, wobei das Verfahren unter Verwendung einer Computervorrichtung implementiert wird, die einen Prozessor umfasst, der mit einer Speichervorrichtung gekoppelt ist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
 - Erzeugen, mit der Computervorrichtung, von Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten;
 - Erzeugen, mit der Computervorrichtung, eines Modells der Gasturbine, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen;
 - Erzeugen, mit einem ersten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden; und
 - Erzeugen, mit mindestens einem zweiten Splitberechnungsmodul innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird.
2. System (101) für den Übergang zwischen Verbrennungsmodi in einer Gasturbine (100), wobei das System Folgendes umfasst:
 - eine Computervorrichtung (305), die einen Prozessor (315) umfasst, und
 - eine computerlesbare Speichervorrichtung (314), auf der computerlesbare Instruktionen codiert sind, die durch den Prozessor ausgeführt werden können, um Funktionen auszuführen, die Folgendes umfassen:
 - Erzeugen von Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, zum Zuführen von Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer (200) in der Gasturbine;
 - Erzeugen eines Modells der Gasturbine, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen;
 - Erzeugen, mit einem ersten Splitberechnungsmodul (512) innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden; und
 - Erzeugen, mit mindestens einem zweiten Splitberechnungsmodul (514) innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird; und
 - Übergehen zwischen Verbrennungsmodi unter Verwendung aktiver Steuersplits, die am Anfang eines Verbrennungsmodenübergangs erfasst werden, und passiver Steuersplits, die kontinuierlich während des Verbrennungsmodenübergangs berechnet werden, wobei die aktiven Steuersplits am Beginn des Übergangs inkrementell so justiert werden, dass sie sich den passiven Steuersplits annähern.

3. System (101) nach Anspruch 2, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) veranlassen, mit dem ersten Splitberechnungsmodul Daten zu erzeugen, die für mehrere Sätze aktiver Steuersplits stehen, die mehreren Verbrennungsparameter-Randwerten entsprechen; und/oder wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) veranlassen, einen Satz aktiver Steuersplitdaten aus den mehreren Sätzen aktiver Steuersplits auszuwählen, die einem ausgewählten mindestens einen Verbrennungsparameter-Randwert entsprechen.
4. System (101) nach Anspruch 2, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) zu Folgendem veranlassen:
Empfangen, mit einem Logikknoten (516), der aktiven Steuersplitdaten und der passiven Steuersplitdaten und Steuern des Betriebes der Gasturbine unter Verwendung der aktiven Steuersplitdaten.
5. System (101) nach Anspruch 4, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) zu Folgendem veranlassen:
Überwachen mindestens einer Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine und Übergehen der Steuerung der Gasturbine vom ersten Verbrennungsmodus zum zweiten Verbrennungsmodus, wenn die überwachte Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.
6. System (101) nach Anspruch 5, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) zu Folgendem veranlassen:
selektives Steuern der Gasturbine unter Verwendung der passiven Steuersplitdaten;
Konvertieren des ersten Splitberechnungsmoduls von einem aktiven Steuerungsregime zu einem passiven Steuerungsregime und
Konvertieren des zweiten Splitberechnungsmoduls von einem passiven Steuerungsregime zu einem aktiven Steuerungsregime.
7. System (101) nach Anspruch 6, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) veranlassen, das erste Splitberechnungsmodul (512) so umzukonfigurieren, dass als ein Eingang ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird.
8. System (101) nach Anspruch 6, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) veranlassen, das zweite Splitberechnungsmodul (514) so umzukonfigurieren, dass als ein Eingang die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden.
9. Gasturbinensystem (101), wobei das System Folgendes umfasst:
einen Verdichterabschnitt (102);
eine Brennkammerbaugruppe (104), die mit dem Verdichterabschnitt gekoppelt ist;
einen Turbinenabschnitt (108), der mit dem Verdichterabschnitt gekoppelt ist, und
ein Steuerungsteilsystem (120), wobei das Steuerungsteilsystem Folgendes umfasst:
eine Computervorrichtung (305), die einen Prozessor (315) umfasst; und
eine computerlesbare Speichervorrichtung (314), auf der computerlesbare Instruktionen codiert sind, die durch den Prozessor ausgeführt werden können, um Funktionen auszuführen, die Folgendes umfassen:
Erzeugen von Daten, die für einen ursprünglichen Satz Splits stehen, um Kraftstoff und/oder Luft zu mindestens einer Brennkammer in der Gasturbine zu leiten;
Erzeugen eines Modells der Gasturbine, wobei das Gasturbinenmodell als einen Ausgang Daten erzeugt, die für mindestens eine Betriebsbedingung innerhalb der Gasturbine stehen;
Erzeugen, mit einem ersten Splitberechnungsmodul (512) innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz aktiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in einem ersten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe die ursprünglichen Splitdaten verwendet werden;
Erzeugen, mit mindestens einem zweiten Splitberechnungsmodul (514) innerhalb der Computervorrichtung, von Daten, die für mindestens einen Satz passiver Steuersplits stehen, zur Verwendung beim Steuern der Gasturbine in mindestens einem zweiten Verbrennungsmodus, wobei als eine Eingabe ein selbsterzeugter Satz Steuersplitdaten verwendet wird; und
Übergehen zwischen Verbrennungsmodi, nachdem die Computervorrichtung bestimmt, dass eine Schwelle einer überwachten Betriebsbedingung einen vorgegebenen Schwellenwert übertrifft.
10. Gasturbinensystem (101) nach Anspruch 9, wobei die computerausführbaren Instruktionen den Prozessor (315) veranlassen, einen ratenbegrenzten Wechsel zwischen den aktiven Steuersplits und den passiven Steuersplits zu implementieren, wobei die aktiven Steuersplits inkrementell so justiert werden, dass sie sich den passiven Steuersplits annähern.

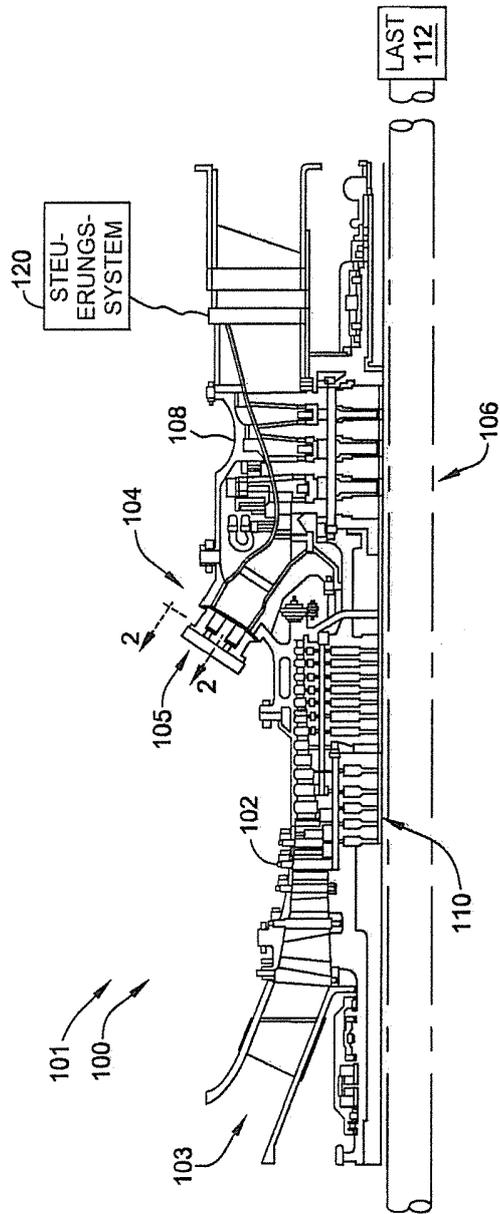


FIG. 1

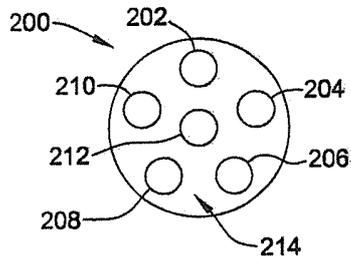


FIG. 2

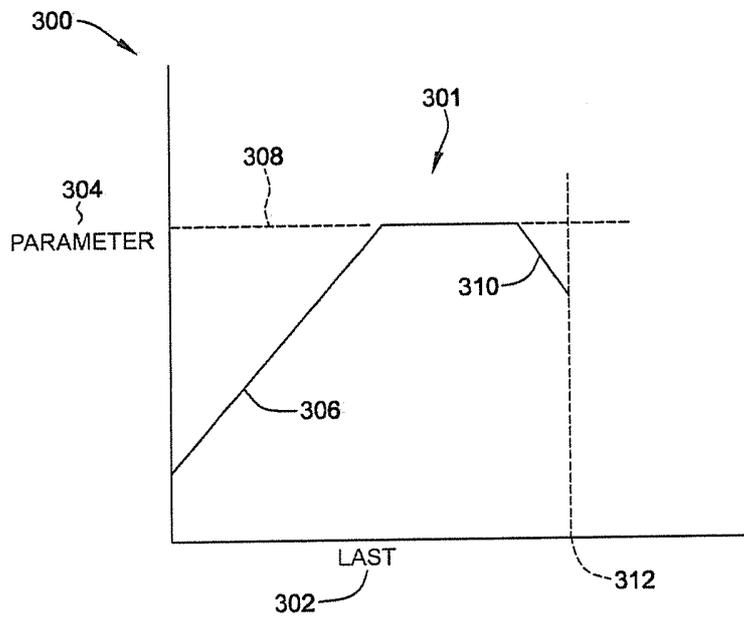


FIG. 3

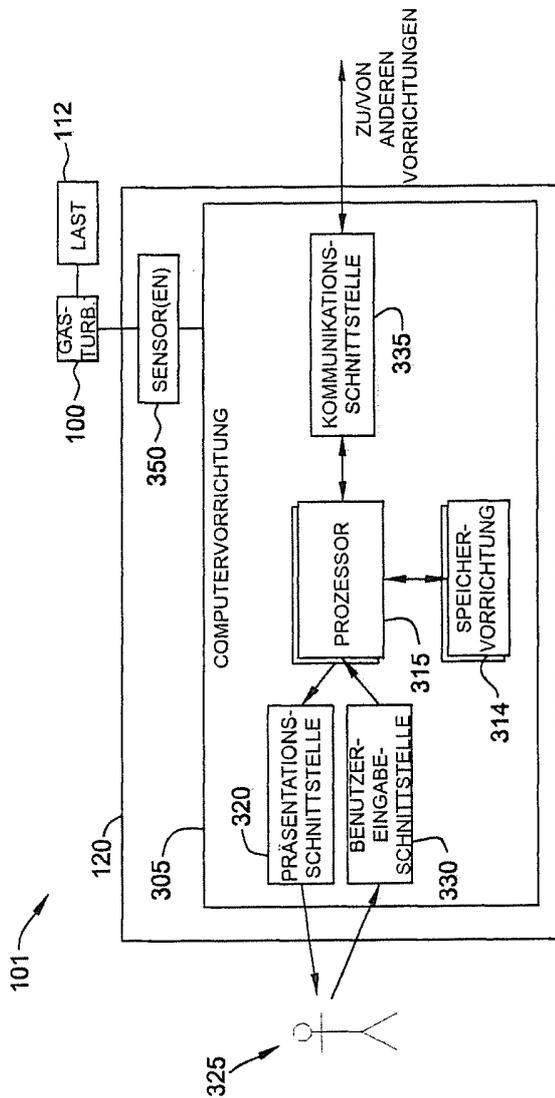


FIG. 4

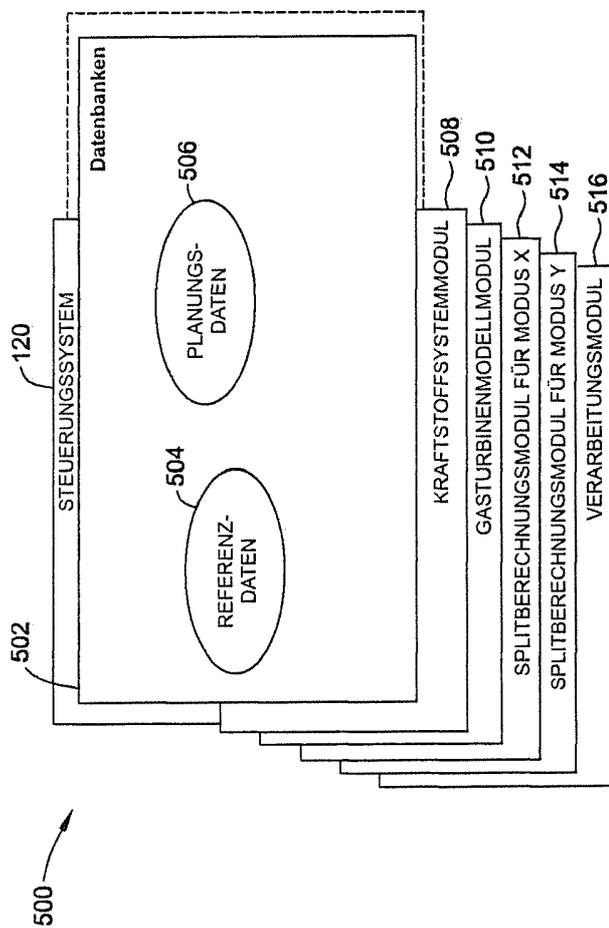


FIG. 5

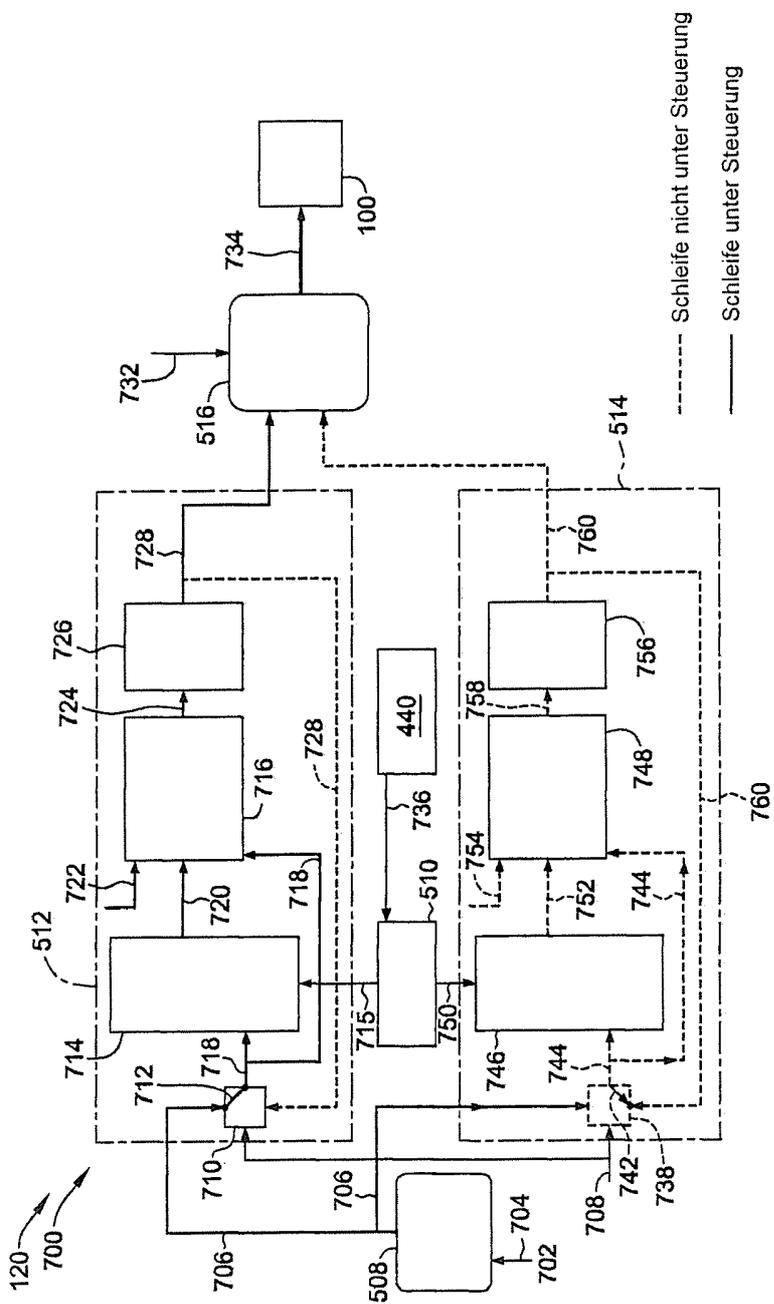


FIG. 6