

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. November 2006 (16.11.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/120206 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F23N 1/02 (2006.01) F23R 3/34 (2006.01)
F23N 5/00 (2006.01) F02C 9/50 (2006.01)
F23N 5/02 (2006.01) F23R 3/26 (2006.01)
F23N 5/16 (2006.01)

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUER, Andreas [DE/DE]; Friedrich-Karl-Str. 23, 45476 Mülheim (DE). BODE, Siegfried [DE/DE]; Feuerdornweg 45, 45481 Mülheim (DE). DEUKER, Eberhard [DE/DE]; Elly-Heuss-Knapp-Str. 29, 45481 Mülheim (DE). DIEBELS, Andreas [DE/DE]; Gorch-Fock-Str. 24, 46242 Bottrop (DE). HAHNER, Thomas [DE/DE]; Zum Hohen Brühl 35, 40489 Düsseldorf (DE). HESSE, Thomas [DE/DE]; Püttbergeweg 69, 12589 Berlin (DE). KREBS, Werner [DE/DE]; Elly-Heuss-Knapp-Str. 21, 45481 Mülheim (DE). LEPERS, Joachim [DE/DE]; Weissenburgstr. 54, 40476 Düsseldorf (DE). MÜLLER,

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/062183

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Mai 2006 (10.05.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

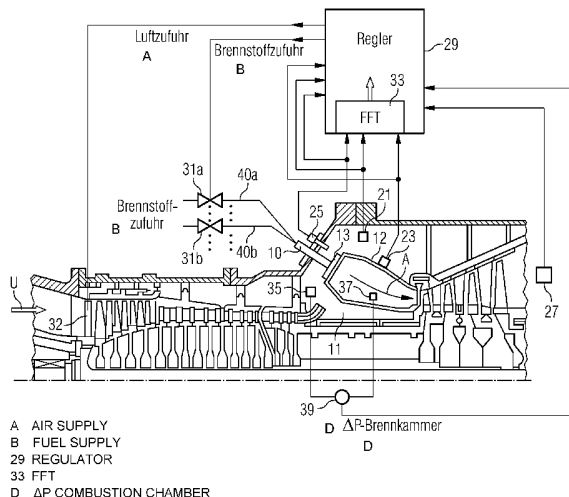
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
05010543.6 13. Mai 2005 (13.05.2005) EP

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR REGULATING THE COURSE OF A GAS TURBINE COMBUSTION CHAMBER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM REGELN DER FAHRLINIE EINER GASTURBINENBRENNKAMMER



(57) Abstract: A regulating device for regulating the course of a gas turbine plant (1) has at least one sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) for sensing a measurement variable and for outputting a measurement signal which represents the measurement variable; at least one adjusting system (31, 32) for influencing air and/or fuel supply to a combustion chamber (12) of the gas turbine plant on the basis of a correcting variable; and a regulator (29) connected to the at least one sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) so as to receive the measurement variable and to the at least one adjusting system (31, 32) for outputting the correcting variable, the regulator (29) being designed to determine the correcting variable on the basis of the measurement variable received and its deviation from a pilot variable. At least one sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) is designed to sense the variation in time of at least one burner or combustion chamber parameter as measurement variable.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Regelvorrichtung zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenanlage (1) zur Verfügung gestellt mit - wenigstens einem Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) zum Erfassen einer Messgröße und zum Ausgeben eines die Messgröße repräsentierenden Messsignals, - wenigstens einer Stelleinrichtung (31, 32) zum Beeinflussen der Luft- und/oder der Brennstoffzufuhr zu einer Brennkammer (12)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/120206 A1



Martin [DE/DE]; Duisburger Str. 424, 45478 Mülheim (DE). **PERNAU, Stefan** [DE/DE]; Wiesbadener Str. 40, 45145 Essen (DE). **PRADE, Bernd** [DE/DE]; Natland 7, 45478 Mülheim (DE). **SCHNEIDER, Peter-Andreas** [DE/DE]; Admiral-Scheer-Str. 9, 48145 Münster (DE). **SIMON, Dieter** [DE/DE]; Papenbuschstr. 154, 45473 Mülheim (DE). **STURM, Berthold** [DE/DE]; Im Galgengrund 10, 33034 Brakel (DE). **THÖLKING, Heinrich** [DE/DE]; Tizianstrasse 33, 49377 Vechta (DE). **WAR-NACK, Dieter** [DE/DE]; Allerstr. 29, 12049 Berlin (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

der Gasturbinenanlage auf der Basis einer Stellgröße und - einem mit dem wenigstens einen Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) zum Empfang der Messgröße und der wenigstens einen Stelleinrichtung (31, 32) zum Ausgeben der Stellgröße verbundenen Regler (29), der zum Ermitteln der Stellgröße auf der Basis der empfangenen Messgröße und deren Abweichung von einer Führungsgröße ausgebildet ist, - wobei wenigstens ein Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) vorhanden ist, der dazu ausgestaltet ist, die zeitliche Änderung wenigstens eines Brenner- oder Brennkammerparameters als Messgröße zu erfassen.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenbrennkammer

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Regelverfahren sowie eine Regelvorrichtung zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenbrennkammer.

Eine Gasturbine ist eine Strömungsmaschine, die in der Regel einen Verdichter, eine Turbine und einen Brennkammerabschnitt umfasst. Im Verdichter wird angesaugte Umgebungsluft verdichtet und die verdichtete Luft schließlich dem Brennkammerabschnitt zugeführt. Im Brennkammerabschnitt ist wenigstens eine Brennkammer mit zumeist mehreren Brennern angeordnet, denen die verdichtete Luft zugeführt wird. Neben der verdichteten Luft wird den Brennern außerdem ein Brennstoff zugeführt, der mit der Luft vermischt und verbrannt wird. Die dabei in der Brennkammer entstehenden heißen Verbrennungsabgase werden der Turbine zugeführt, wo sie entspannen und abkühlen und dabei die Turbine in Rotation versetzen. Auf diese Weise wird thermische Energie der Verbrennungsabgase in mechanische Arbeit umgewandelt, die einerseits zum Antreiben des Verdichters und andererseits zum Antreiben eines Verbrauchers, beispielsweise eines Generators zum Erzeugen von Strom eingesetzt wird.

Bei der Verbrennung in der Brennkammer ist darauf zu achten, dass eine stabile Flamme vorliegt. Instabilitäten der Flamme treten insbesondere aufgrund von resonanten Verbrennungsschwingungen im Verbrennungsabgas auf und können einerseits zu einem erhöhten Schadstoffausstoß führen und andererseits Schwingungen und Vibrationen der Brennkammer verursachen, welche die Lebensdauer der Brennkammer herabsetzen und Wartungsintervalle verkürzen.

Außerdem sind die Brenner üblicherweise außer mit einer Hauptbrennstoffzufuhr auch mit einer sog.

Pilotbrennstoffzufuhr ausgestattet. Über die Pilotbrennstoffzufuhr wird ein im Vergleich zum Hauptbrennstoffmassenstrom geringer Brennstoffmassenstrom zugeführt, um die die Flamme zu stützen. Zudem kann die Flamme durch Beeinflussen des Massenstroms an zugeführtem Pilotbrennstoff bei Bedarf stabilisiert werden.

Die Stabilität der Flamme wird von einer großen Anzahl von Störgrößen beeinflusst. Beispiele für derartige Störgrößen sind die Umgebungstemperatur, die Dichte und der Heizwert des Brennstoffes, aber auch der Bauzustand der Gasturbinenanlage, insbesondere der Brennkammer und der Brenner. Der Einfluss der Störgrößen wird mittels des über den Pilotbrenner zugeführten Brennstoffmassenstroms ausgeglichen. Der Pilotgasmassenstrom darf dabei bestimmte Grenzen nicht unter- bzw. überschreiten, da die Flamme sonst in einen instabilen Bereich überführt werden würde. Um den Pilotgasmassenstrom im stabilen Bereich der Flamme zu halten, findet eine Funktion Anwendung, welche den einzusetzenden Pilotgasmassenstrom in Abhängigkeit von den Störgrößen definiert. Diese Funktion wird auch Pilotgaskurve genannt.

In die Pilotgaskurve geht eine Anzahl an Gasturbinenparametern ein. Diese Parameter variieren von Gasturbinenanlage zu Gasturbinenanlage, selbst dann, wenn diese baugleich sind. Insbesondere sind auch die Umgebungsbedingungen am Aufstellungsort der Gasturbinenanlage zu berücksichtigen. Zudem können die Gasturbinenparameter beim Betrieb einer Gasturbinenanlage mit der Zeit Veränderungen unterworfen sein. Dies führt dazu, dass ein zeitaufwendiges Neueinstellen oder Nacheinstellen der Pilotgaskurve nötig werden kann. Durch den Einstellungsprozess werden hohe Kosten und Stillstandzeiten verursacht.

Hinzukommt noch, dass der Einfluss der Störgrößen auf die Pilotgaskurve quantitativ nur unzureichend bekannt ist. Auf

manche Störgrößen kann überhaupt nicht adäquat reagiert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Regelverfahren und eine Regelvorrichtung zur Verfügung zu stellen, das bzw. die sich vorteilhaft zum Unterbinden von Flammeninstabilitäten einsetzen lässt.

Diese Aufgabe wird durch ein Regelverfahren nach Anspruch 1 bzw. eine Regelvorrichtung nach Anspruch 13 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Im erfindungsgemäßen Regelverfahren zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenanlage wird wenigstens eine Regelgröße erfasst, die erfasste Regelgröße mit einer vorgegebenen Führungsgröße verglichen, auf der Basis des Vergleichs wenigstens eine Stellgröße ermittelt. Die ermittelte Stellgröße wird an wenigstens eine die Luft- und/oder Brennstoffzufuhr zu einer Brennkammer der Gasturbinenanlage beeinflussende Stelleinrichtung ausgegeben. Als wenigstens eine Regelgröße dient hierbei eine Regelgröße, aus welcher sich die Annäherung der Flamme an eine Stabilitätsgrenze ableiten lässt. Als derartige Regelgrößen kommen insbesondere zeitliche Änderungen wenigstens eines Brennerparameters oder eines Brennkammerparameters in Betracht. Insbesondere können als Brennkammerparameter ein Wechseldruck in der Brennkammer und/oder eine Brennkammerbeschleunigung herangezogen werden. Als Brennerparameter kann bspw. ein Wechseldruck an einem Brennerflansch Verwendung finden.

Mit dem erfindungsgemäßen Regelverfahren lässt sich die Flamme stabil halten, ohne dass der Einfluss der Störgrößen auf die Flammenstabilität quantitativ genau bekannt sein muss.

Die Erfindung beruht auf dem folgenden neuen Konzept. Statt wie im Stand der Technik auf die Störgrößen zu schauen, um

die Stabilität der Flamme aufrecht zu erhalten, wird in dem erfindungsgemäßen Regelungsverfahren auf die Brummgrenzen, d.h. die Stabilitätsgrenzen selbst geschaut. Mit anderen Worten, der Pilotgasmassenstrom wird nicht in Abhängigkeit von den detektierten Störgrößen variiert sondern bei Annäherung an eine Brummgrenze geändert. Das Feststellen der Annäherung an eine Brummgrenze erfolgt dabei ohne quantitative Kenntnis der Störgrößen.

Im Stand der Technik ist die quantitative Kenntnis der Störgrößen notwendig, um die Brummgrenzen, die sich mit den Störgrößen verschieben, zu ermitteln und so eine Pilotgaskurve zur Verfügung stellen zu können, die sich für alle Störgrößen innerhalb der Brummgrenzen bewegt. Da wie bereits in der Einleitung ausgeführt der Einfluss der Störgrößen auf die Brummgrenzen selbst bei baugleichen Gasturbinenanlagen beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Umgebungsbedingungen variiert, ist im Stand der Technik ein individuelles Einstellen jeder Gasturbinenanlage nötig.

Im erfindungsgemäßen Verfahren ist dagegen eine quantitative Kenntnis der Beziehung zwischen den Störgrößen und der Lage der Brummgrenzen nicht notwendig, da die Variation der Pilotgasmenge zum Stabilisieren der Flamme direkt davon abhängig gemacht werden kann, ob eine Annäherung an eine Brummgrenze erfolgt oder nicht und eine direkte Detektion einer Annäherung an die Brummgrenzen erfolgt. Daneben wird das Pilotgas auch weiterhin zum Stützen der Flamme herangezogen.

Zum Feststellen der Annäherung an eine Brummgrenze kann die zeitliche Änderung der bereits erwähnten Brennerparameter bzw. Brennkammerparameter herangezogen werden. Besonders geeignet ist hierbei der Wechseldruck an einem Brennerflansch, da dieser früher auf eine Annäherung an eine Brummgrenze reagiert, als der Wechseldruck in der Brennkammer und die Brennkammerbeschleunigung. Grundsätzlich sind jedoch

alle der genannten Brennkammerparameter zum Feststellen einer Annäherung an die Brummgrenze geeignet.

Die genannten Brennerparameter und Brennkammerparameter (zum Beispiel der Wechseldruck, Brennkammerbeschleunigung oder OH-Strahlung) stellen oszillierende Größen dar, die zum Bewerten der Annäherung an eine Flammeninstabilität einer schnellen Fouriertransformation FFT (Fast Fourier Transformation) und/oder gemittelten Autokorrelationen unterzogen werden. Die schnelle Fouriertransformation und oder gemittelten Autokorrelationen stellen ein besonders geeignetes Mittel zum Analysieren zeitlich veränderlicher Größen dar.

Für die Bestimmung der Autokorrelationen werden die oszillierenden analogen Signale für mehrere Frequenzbänder zunächst amplitudengenau gefiltert und anschließend analog-digital gewandelt oder sie werden zunächst analog-digital gewandelt und anschließend amplitudengenau gefiltert. Die Autokorrelationen werden getrennt nach Frequenzbänder in kurzen zeitlichen Abständen auf der Grundlage von 2-8 Periodendauern des Signals bei der jeweiligen mittleren Frequenz dieser Frequenzbänder berechnet. Anschließend werden die Autokorrelationen getrennt nach Frequenzbänder jeweils zusammen mit einer Anzahl von 10-100 angrenzenden, aufeinander folgenden Autokorrelationen aus früheren Zeitschritten für die jeweiligen Frequenzbänder, gemittelt. Gleichzeitig mit der Mittelung der Autokorrelationen für die jeweiligen Frequenzbänder werden ihre Varianzen bestimmt.

Aus diesen Frequenzspektren und/oder gemittelten Autokorrelationen und/oder Varianzen der Autokorrelationen werden jetzt für die einzelnen Frequenzen oder bestimmte Frequenzbänder Transienten gebildet. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer linearen Regressionsrechnung erfolgen. Überschreiten einzelne Transienten oder damit gebildete Kenngrößen einen bestimmten Wert so erfolgt ein Regeleingriff, z.B. Reduzierung der Leistung oder Veränderung der Pilotgasmenge.

Überschreiten Kenngrößen, die aus den Absolutwerten der gemittelten Autokorrelationen sowie ihren Transienten sowie gegebenenfalls zusätzlich aus den Varianzen und den Transienten der Varianzen der Autokorrelation gebildet werden, bestimmte Werte, so erfolgt ein Regeleingriff zum Beispiel eine Reduzierung der Leistung oder Veränderung der Pilotgasmenge. Durch die Auswertung von Transienten lassen sich deutlich größere Vorwarnzeiten erzielen.

Weiterhin können im Regelverfahren neben dem wenigstens einen Brennerparameter und/oder dem wenigstens einen Brennkammerparameter ein oder mehrere Verbrennungsparameter als Regelgrößen erfasst werden. Ein geeigneter Verbrennungsparameter ist beispielsweise der Schadstoffausstoß der Gasturbinenanlage, insbesondere der Stickoxidgehalt (NO_x -Gehalt) und/oder der Kohlenmonoxidgehalt (CO-Gehalt) im Verbrennungsabgas. Ein ebenfalls geeigneter Verbrennungsparameter ist der Druckabfall über die Brennkammer.

Zudem können im erfindungsgemäßen Regelverfahren die Absolutwerte der Brennerparameter und der Brennkammerparameter zur weiteren Unterstützung erfasst werden. In erster Linie wird jedoch auf die zeitliche Änderung der Brennerparameter und der Brennkammerparameter geachtet, um eine Annäherung an die Brummgrenzen festzustellen.

Als Stellgröße kann wenigstens eine Größe ausgegeben werden, welche zu einer Änderung der Gasturbinenleistung führt, und/oder eine Größe, welche eine Änderung der korrigierten Abgastemperatur der Verbrennungsabgase führt. Insbesondere wird jedoch eine Größe als Stellgröße ausgegeben, welche eine Änderung des Pilotgasmassenstroms repräsentiert. Eine Änderung der Gasturbinenleistung oder der korrigierten Abgastemperatur erfolgt in der Regel indirekt über eine Änderung der Absolutwerte der Luft- und Hauptbrennstoffzufuhr

sowie über eine Änderung des Verhältnisses von Luftzufuhr zu Hauptbrennstoffzufuhr. Als Größen, die zu einer Änderung der Gasturbinenleistung oder der korrigierten Abgastemperatur führen, sind daher insbesondere solche Größen anzusehen, welche einzustellende Absolutwerte der Luftzufuhr und/oder der Hauptbrennstoffzufuhr und/oder des Verhältnisses von Luftzufuhr zu Hauptbrennstoffzufuhr repräsentieren. Änderungen der Gasturbinenleistung können bspw. dazu eingesetzt werden, die Gasturbinenanlage im Emissionsbereich zu halten, ohne die eigentliche Fahrlinie der Anlage zu verlassen. Die Änderung des Pilotgasmassenstroms wird hingegen eingesetzt, wenn die Fahrlinie der Gasturbinenanlage verändert werden soll, um das Erreichen der Brummgrenzen zu verhindern. Gegebenenfalls kann dies mit einer Änderung der korrigierten Abgastemperatur und/oder der Gasturbinenleistung kombiniert werden.

Die Verknüpfung zwischen der erfassten Regelgröße und der Führungsgröße einerseits mit der Stellgröße andererseits kann insbesondere auf der Basis einer Fuzzy-Logic erfolgen. Alternativ ist es jedoch auch möglich ein, neuronales Netzwerk oder ein festes Regelgesetz zu verwenden. Die Fuzzy-Logic ermöglicht es insbesondere, Abstufungen in der Reaktion in Abhängigkeit vom Grad der Annäherung an die Brummgrenzen zu realisieren.

Insgesamt ermöglicht das erfindungsgemäße Regelverfahren das Erreichen und Überschreiten der Brummgrenzen zuverlässig zu verhindern. Schnellschlüsse der Gasturbinenanlage, d.h. Schnellabschaltungen der Anlage, aufgrund des Erreichens der Brummgrenzen können so zuverlässig vermieden werden. Außerdem können die Betriebsgrenzen der Gasturbinenanlage besser ausgenutzt werden. Beispielsweise kann ein hoher Stickoxidausstoß aufgrund einer erhöhten Flammeninstabilität vermindert werden, oder es kann eine höhere korrigierte Abgastemperatur (OTC Outlet Temperature Corrected) zur Anwendung kommen, wodurch sich der Wirkungsgrad der

Gasturbinenanlage verbessern lässt. Ebenso ist es möglich, eine Absenkung der korrigierten Abgastemperatur bei Unterschreiten einer bestimmten Verdichtereintrittstemperatur zu vermeiden oder wenigstens zu verringern. Unter der Verdichtereintrittstemperatur ist hierbei die Temperatur der vom Verdichter angesaugten Luft beim Eintritt in den Verdichter zu verstehen.

Eine erfindungsgemäße Regelvorrichtung zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenanlage umfasst:

- Wenigstens einen Sensor zum Erfassen einer Messgröße und zum Ausgeben eines die Messgröße repräsentierenden Messsignals.
- Wenigstens eine Stelleinrichtung zum Beeinflussen der Luftzufuhr und/oder der Brennstoffzufuhr zu einer Brennkammer der Gasturbinenanlage auf der Basis einer Stellgröße.
- Einen mit dem wenigstens einen Sensor zum Empfang der Messgröße und der wenigstens einen Stelleinrichtung zum Ausgeben der Stellgröße verbundenen Regler.

Der Regler ist zum Ermitteln der Stellgröße auf der Basis der empfangenen Messgröße und deren Abweichung von einer Führungsgröße ausgelegt. In der erfindungsgemäßen Regelvorrichtung ist wenigstens ein Sensor vorhanden, der dazu ausgestaltet ist, die zeitliche Änderung eines Brennerparameters oder eines Brennerkammerparameters zu erfassen.

Mit der erfindungsgemäßen Regelvorrichtung kann das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden, wodurch sich die Fahrlinie der Gasturbinenanlage insbesondere durch verbessertes Vermeiden von Flammeninstabilitäten optimieren lässt.

Als Sensor kann hierbei insbesondere ein Sensor zum Erfassen eines Wechseldruckes in der Brennkammer und/oder ein Sensor zum Erfassen eines Wechseldruckes an einem Brennerflansch

und/oder ein Sensor zum Erfassen einer Brennkammerbeschleunigung vorhanden sein. Daneben kann wenigstens ein mit dem Regler verbundener Sensor zum Erfassen eines Verbrennungsparameters, beispielsweise eine Emissionsmessvorrichtung, mit der sich bspw. der Stickoxidgehalt oder der Kohlenmonoxidgehalt des Verbrennungsabgases ermitteln lässt, oder ein Sensor zum Erfassen eines absoluten Wertes eines Brenner- oder Brennkammerparameters vorhanden sein.

Als Stelleinrichtung kann wenigstens ein Brennstoffventil zum Beeinflussen eines in die Brennkammer eingeleiteten Brennstoffmassenstroms dienen. Vorzugsweise sind wenigstens ein Brennstoffventil für eine Hauptbrennstoffleitung und eines für die Pilotbrennstoffleitung vorhanden.

Als Stelleinrichtung kann alternativ oder vorzugsweise zusätzlich zu dem wenigstens einen Brennstoffventil der erste Leitschaufelkranz des Verdichters, also der Leitschaufelkranz, welcher der einströmenden Luft einströmseitig zugewandt ist, dienen. Dieser Leitschaufelkranz weist in der Regel bewegliche Leitschaufeln auf, mit denen der zum Einströmen von Luft zur Verfügung stehende Einströmquerschnitt des Verdichters variiert werden kann.

Wenn ein die zeitliche Änderung eines Brennerparameters oder eines Brennerkammerparameters erfassender Sensor zum Erfassen einer oszillierenden Messgröße ausgebildet ist, kann der Regelvorrichtung eine Fouriertransformationseinheit zugeordnet sein, die zum Durchführen einer schnellen Fouriertransformation ausgebildet ist, und/oder einer Recheneinheit zum Ermitteln gemittelter Autokorrelation um ein geeignetes Mittel zum Analysieren der oszillierenden Messgröße zur Verfügung zu stellen.

Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung

eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren.

FIG 1 zeigt eine Gasturbinenanlage in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht.

FIG 2 zeigt eine erfindungsgemäße Regelvorrichtung in Form eines Blockdiagrammes.

FIG 1 zeigt eine Gasturbinenanlage 1 in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht. Diese umfasst einen Verdichterabschnitt 3, einen Turbinenabschnitt 5 und einen Brennerabschnitt 7. Im Verdichterabschnitt 3 und im Turbinenabschnitt 5 sind Verdichterlaufschaufeln 4 bzw. Turbinenlaufschaufeln 6 auf einer gemeinsamen Welle 8 angeordnet, die auch Turbinenläufer genannt wird. Der Turbinenläufer 8 ist um eine zentrale Achse 9 drehbar gelagert.

Der Brennerabschnitt 7 umfasst eine Anzahl Brenner 10, die in eine Brennkammer 12 münden, welche wiederum in den Turbinenabschnitt 5 mündet. Die Brennkammer 12 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Ringbrennkammer ausgebildet, d.h. sie erstreckt sich ringförmig um den Turbinenläufer 8 herum.

Im Betrieb der Gasturbinenanlage 1 wird über den Verdichter Umgebungsluft U eingesaugt, auf einen höheren Druck verdichtet und in den Brennerabschnitt 7 als sogenannte Verdichterluft ausgegeben. Die Größe des in den Verdichter eintretenden Luftmassenstroms kann durch Einstellen des nutzbaren Verdichtereinströmquerschnittes mittels des ersten Leitschaufelkranzes 32 beeinflusst werden.

Im Brennerabschnitt 7 tritt die Verdichterluft in den Brenner 10 ein und wird mit einem dem Brenner 10 über Brennstoffleitungen 40a, 40b zugeführten Brennstoff vermischt und in der Brennkammer 12 verbrannt. Die Größe der

zugeführten Brennstoffmassenströme lässt sich hierbei über ein oder mehrere Einstellventile 31a, 31b beeinflussen.

Die bei der Verbrennung entstehenden Verbrennungsabgase bilden ein Arbeitsmedium A, welches dem Turbinenabschnitt 5 zugeleitet wird und dort unter Entspannung und Abkühlung Impuls auf die Laufschaufeln 6 überträgt und so den Rotor 8 in Rotation versetzt. Der rotierende Rotor 8 treibt einerseits den Verdichter an und ist andererseits mit einem Verbraucher (nicht dargestellt) gekoppelt, beispielsweise einem elektrischen Generator zum Erzeugen von Strom.

Um Instabilitäten der Flamme in der Brennkammer 12 zu vermeiden, ist die Gasturbinenanlage 1 mit einer Regelvorrichtung zum Regeln der Fahrlinie durch Beeinflussen der Brennstoff- und/oder Luftzufuhr ausgestattet. Diese Vorrichtung ist in Form eines Blockdiagrammes in FIG 2 dargestellt. Die Regelvorrichtung umfasst eine Anzahl von Sensoren 21, 23, 25, 27, 35, 37 welche an verschiedenen Stellen innerhalb und außerhalb der Gasturbinenbrennkammer 12 angeordnet sind. Die Regelvorrichtung umfasst weiter einen Regler 29, mit dem die Sensoren 21, 23, 25, 27, 35, 37 verbunden sind. Außerdem sind Stelleinrichtungen, nämlich die Einstellventile 31 und der Leitschaufelkranz 32, vorhanden, die ebenfalls mit dem Regler 29 in Verbindung stehen und die dazu ausgestaltet sind, die Massenströme der Brennstoffzufuhr sowie der Luftzufuhr zum Brenner 10 einzustellen.

In der Gasturbinenanlage 1 sind insbesondere drei einstellbare Brennstoffmassenströme und ein einstellbarer Luftmassenstrom vorhanden. Wenn beispielsweise ein gasförmiger Brennstoff zum Einsatz kommt, so ist einer der Brennstoffmassenströme ein sogenannter Diffusionsgasmassenstrom zum Betreiben des Brenners im Diffusionsmodus, in welchem das Gas direkt in die in der Brennkammer 12 befindliche Flamme eingedüst wird, ohne vorher mit Luft vermischt zu werden. Ein zweiter Brennstoffmassenstrom ist ein sogenannter

Vormischgasmassenstrom zum Betreiben des Brenners in einem Vormischmodus, d.h. einem Modus, in welchem das zugeführte Gas zuvor mit der Verdichterluft vermischt wird und dieses Gemisch anschließend verbrannt wird. Schließlich ist als weiterer Brennstoffmassenstrom im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Pilotgasmassenstrom vorhanden, welcher u.a. dazu dient, die Flamme zu stützen, wenn der Brenner im Vormischbetrieb betrieben wird.

Mit den Sensoren 21, 23, 25, 27, 35, 37 werden verschiedene Brennkammerparameter und Verbrennungsparameter erfasst und an den Regler 29 in Form von die erfasste Messgröße repräsentierenden Signalen weitergegeben.

Der Sensor 21 ist ein im Brennkammerplenum 11 angeordneter Drucksensor zum Erfassen des Wechseldruckes in der Brennkammer 12, der Sensor 25 ein am Gasturbinengehäuse angeordneter Drucksensor zum Erfassen des Wechseldruckes am Flansch 13 der des Brenners 10 und der Sensor 23 ein Beschleunigungssensor zum Erfassen der Brennkammerbeschleunigung. Dieser ist direkt an der Außenseite der Brennkammerwand angeordnet.

Alle drei erfassten Parameter, nämlich der Wechseldruck in der Brennkammer, der Wechseldruck am Brennerflansch sowie die Brennkammerbeschleunigung sind oszillierende Größen, welche Schwingungen in den Verbrennungsabgasen widerspiegeln. Die Drucksensoren 21 und 25 sowie der Beschleunigungssensor 23 sind daher zur Ausgabe ihrer Messsignale mit einer Fouriertransformationseinheit 33 und/oder Recheneinheit zum Ermitteln einer gemittelten Autokorrelation (nicht gezeigt) des Reglers 29 verbunden, in welcher eine Analyse der Messsignale anhand einer Fouriertransformation und insbesondere anhand einer sog. schnellen Fouriertransformation durchgeführt wird. Daneben sind sie auch direkt mit dem Regler 29, d.h. unter Umgehung der Fouriertransformationseinheit 33, verbunden, um dem Regler 29 auch die Absolutwerte der Messsignale zur Verfügung stellen

zu können. Für die Bestimmung der Autokorrelationen werden die oszillierenden analogen Signale für mehrere Frequenzbänder zunächst amplitudengenau gefiltert und anschließend analog-digital gewandelt oder sie werden zunächst analog-digital gewandelt und anschließend amplitudengenau gefiltert. Die Autokorrelationen werden getrennt nach Frequenzbänder in kurzen zeitlichen Abständen auf der Grundlage von 2-8 Periodendauern des Signals bei der jeweiligen mittleren Frequenz dieser Frequenzbänder berechnet. Anschließend werden die Autokorrelationen getrennt nach Frequenzbänder jeweils zusammen mit einer Anzahl von 10-100 angrenzenden, aufeinander folgenden Autokorrelationen aus früheren Zeitschritten für die jeweiligen Frequenzbänder gemittelt. Gleichzeitig mit der Mittelung der Autokorrelationen für die jeweiligen Frequenzbänder werden ihre Varianzen bestimmt. Aus diesen Frequenzspektren und/oder gemittelten Autokorrelationen und/oder Varianzen der Autokorrelation werden jetzt für die einzelnen Frequenzen oder bestimmte Frequenzbänder Transienten gebildet. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer linearen Regressionsrechnung erfolgen. Überschreiten einzelne Transienten oder damit gebildete Kenngrößen einen bestimmten Wert so erfolgt ein Regeleingriff, z.B. Reduzierung der Leistung oder Veränderung der Pilotgasmenge. Überschreiten Kenngrößen, die aus den Absolutwerten der gemittelten Autokorrelationen sowie ihren Transienten sowie gegebenenfalls zusätzlich aus den Varianzen und den Transienten der Varianzen der Autokorrelationen gebildet werden, bestimmte Werte, so erfolgt ein Regeleingriff zum Beispiel eine Reduzierung der Leistung oder Veränderung der Pilotgasmenge. Durch die Auswertung von Transienten lassen sich deutlich größere Vorwarnzeiten erzielen.

Auf der Basis des Ergebnisses der Fouriertransformation kann der Regler 29 eine Annäherung an die Brummgrenzen der Gasturbinenanlage 1, bei denen bspw. stationäre Schwingungen in den Verbrennungsgasen auftreten, feststellen. Insbesondere kann auf Basis einer Messung des Wechseldruckes am

Brennerflansch 13 nach einer Analyse durch die Fouriertransformationseinheit 33 die Frequenz von Schwingungen im Verbrennungsabgas ermittelt werden. Der Wechseldruck am Brennerflansch 13 eignet sich daher als Frühindikator für eine Annäherung an die Brummgrenzen und als Regelgröße für den Regler zum Regeln der Luft- und/oder Brennstoffzufuhr derart, dass die Flammenstabilität erhalten bleibt.

Die Brennkammerbeschleunigung reagiert später als der Wechseldruck am Brennerflansch 13 auf eine Annäherung an die Brummgrenzen. Sie eignet sich daher insbesondere dazu, die Gasturbinenbrennkammer 12 vor Beschädigungen zu schützen, wenn das Regeln der Luft und/oder Brennstoffzufuhr nicht zu einer ausreichenden Stabilisierung der Flamme führt. So ist die Brennkammerbeschleunigung bspw. ein Indikator für das Auftreten von Beschädigungen an keramischen Hitzeschildelementen, mit denen die Brennkammer 12 zum Schutz ihrer tragenden Struktur vor den heißen Verbrennungsabgasen ausgekleidet ist. Hohe Brennkammerbeschleunigungen können zu Rissen und sogar zu Brüchen in Hitzeschildelementen führen, wodurch diese ihre Schutzfunktion nicht mehr ausreichend erfüllen. Zudem können sich infolge von Brüchen Bruchstücke aus dem Hitzeschild lösen und in den Turbinenabschnitt gelangen, was zu sehr gravierenden Beschädigungen der Turbine führt. Auf der Basis der Brennkammerbeschleunigung kann daher bspw. eine Notabschaltung der Gasturbinenanlage vorgenommen werden, wenn die ermittelten Brennkammerbeschleunigungen anzeigen, dass Risse oder Brüche in den Hitzeschildelementen drohen.

Außer den Wechseldrücken in der Brennkammer 12 und am Brennerflansch 13 sowie der Brennkammerbeschleunigung kann auch der Druckabfall, auch Druckgradient genannt, über die Brennkammer 12 zum Feststellen eines bevorstehenden Brummereignisses herangezogen werden. So sinkt der Druckabfall über die Brennkammer 12 unmittelbar vor dem Brummen ab, was ein drohendes zurückziehen der Flamme in den

Brenner 10 und damit eine Flammeninstabilität anzeigt. Mittels einer geeigneten Sensoranordnung zum Erfassen des Druckgradienten ist daher das Detektieren eines nahen Brummereignisses möglich.

Der Druckabfall über die Brennkammer 12 erfolgt mittels einer sog. Δp -Messung. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Δp -Messung mittels zweier Drucksensoren 35, 37 durchgeführt, von denen der eine 35 im Brennkammerplenum 11 und der andere 37 in der Brennkammer 12 angeordnet ist. Ein mit den beiden Drucksensoren 35, 37 sowie dem Regler 29 verbundener Subtrahierer 39 bildet die Differenz Δp der erfassten Drücke, und gibt diese unter Umgehung der Fouriertransformationseinheit 33 an den Regler 29 weiter.

Der Regler 29 reagiert in erster Linie auf zeitliche Änderungen der von den Sensoren 21, 23, 25 erfassten Messgrößen und weniger auf ihre absoluten Werte. Wenn der Regler 29 nun nach der Analyse der von den Sensoren 21, 23, 25 eingehenden Signale die Annäherung an eine Brummgrenze feststellt, so gibt er ein Stellsignal an die Stellventile 31a, 31b, ... und/oder an den Verdichterleitschaufelkranz 32 aus, welche eine Änderung wenigstens eines Brennstoffmassenstroms und/oder des Luftmassenstromes veranlasst. Insbesondere gibt er in diesem Fall wenigstens ein Stellsignal an das Brennstoffventil in der Zufuhrleitung des Pilotbrennstoffes aus, um über eine Änderung des Pilotbrennstoffmassenstromes die Fahrlinie der Gasturbinenanlage wieder zu optimieren, d.h. von den Brummgrenzen wegzuführen. Hierbei können die korrigierte Abgastemperatur der Gasturbinenanlage sowie deren Leistung über ein Beeinflussen des Hauptbrennstoffmassenstromes und/oder des Luftmassenstromes derart justiert werden, dass der Schadstoffausstoß auf seinem optimalen Werten gehalten bzw. wieder auf diese eingestellt wird.

Außerdem können die Stellventile 31a, 31b, ... bzw. der Leitschaufelkranz 32 auch lediglich auf die den

Brennstoffmassenstrom und/oder auf den Luftmassenstrom einwirken, um über eine Beeinflussung des Pilotgasmassenstromes und/oder der Gasturbinenleistung und/oder der korrigierten Abgastemperatur bspw. den Schadstoffausstoß im vorgesehenen Bereich zu halten, wenn er bspw. aufgrund schwankender Einflussgrößen, etwa einer schwankenden Umgebungstemperatur, variiert, ohne die Fahrlinie der Gasturbinenanlage neu zu optimieren.

Auf erhöhte Schadstoffwerte kann bspw. durch Einwirken auf den Pilotgasmassenstrom reagiert werden. So kann der Pilotgasmassenstrom reduziert werden, wenn die Stickoxidwerte im Abgasstrom hoch sind oder erhöht werden, wenn die Kohlenmonoxidwerte im Abgas hoch sind. Das Erfassen der Schadstoffwerte im Abgas erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel mittels einer Emissionsmessvorrichtung 27, welche im Abgaskanal der Brennkammeranlage angeordnet ist und mit dem Regler 29 unter Umgehung der Fouriertransformationseinheit 33 in Verbindung steht.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel arbeitet der Regler 29 auf der Basis einer Fuzzy-Logic, um ein möglichst abgestuftes Reagieren zu ermöglichen. Er kann jedoch auch mit einem festen Regelgesetz arbeiten, das beispielsweise als funktionaler Zusammenhang des auszugebenden Stellsignals und den eingehenden Messsignalen oder in Form einer die eingehenden Messsignale mit einem ausgehenden Stellsignal verknüpfenden Tabelle vorliegt. Schließlich ist es auch möglich, einen auf einem neuronalen Netzwerk basierenden Regler einzusetzen, wodurch der Regler in die Lage versetzt wird, aus vorangegangenen Reglungseignissen zu lernen.

Patentansprüche

1. Regelverfahren zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenanlage (1) mit den Schritten:
 - Erfassen wenigstens einer Regelgröße;
 - Vergleichen einer erfassten Regelgröße mit einer vorgegebenen Führungsgröße,
 - Ermitteln wenigstens einer Stellgröße auf der Basis des Vergleiches der Regelgröße mit der Führungsgröße und
 - Ausgeben der ermittelten Stellgröße an wenigstens eine die Luft- und/oder die Brennstoffzufuhr zu einer Brennkammer (12) der Gasturbinenanlage (1) beeinflussende Stelleinrichtung (31, 32), wobei als die wenigstens eine Regelgröße eine Regelgröße Verwendung findet, welche die Annäherung der Flamme an eine Stabilitätsgrenze anzeigt.

2. Regelverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Regelgröße die zeitliche Änderung wenigstens eines Brenner- oder Brennkammerparameters erfasst wird.

3. Regelverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Brennerparameter bzw. Brennkammerparameter ein Wechseldruck in der Brennkammer und/oder ein Wechseldruck an einem Brennerflansch und/oder eine Brennkammerbeschleunigung dient bzw. dienen.

4. Regelverfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass neben dem wenigstens einen Brennerparameter bzw. Brennkammerparameter wenigstens ein Verbrennungsparameter als eine Regelgröße erfasst wird.

5. Regelverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Verbrennungsparameter der NO_x-Gehalt im Verbrennungsabgas und/oder CO-Gehalt im Verbrennungsabgas und/oder der Druckabfall über die Brennkammer dient bzw. dienen.

6. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als eine weitere Regelgröße der absolute Wert wenigstens eines Brenner- oder Brennkammerparameters erfasst wird.

7. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Stellgröße wenigstens eine Größe ausgegeben wird, welche zu einer Änderung der Gasturbinenleistung führt, und/oder eine Größe ausgegeben wird, welche zu einer Änderung der korrigierten Temperatur der Verbrennungsabgase führt, und/oder eine Größe ausgegeben wird, welche zu einer Änderung eines Pilotgasmassenstromes führt.

8. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich einer erfassten Regelgröße mit einer Führungsgröße und/oder das Ermitteln der Stellgröße anhand des Vergleiches auf der Basis einer Fuzzy Logik erfolgt.

9. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verknüpfung der der Vergleich einer erfassten Regelgröße mit einer Führungsgröße und/oder das Ermitteln der Stellgröße anhand des Vergleiches mittels eines neuronalen Netzwerkes erfolgt.

10. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich einer erfassten Regelgröße mit einer Führungsgröße und/oder das Ermitteln der Stellgröße anhand des Vergleiches mittels eines festen Regelgesetzes erfolgt.

11. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als zeitlich veränderliche Regelgrößen oszillierende Größen erfasst werden.

12. Regelverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine oszillierende Größe einer schnellen Fouriertransformation und/oder gemittelten Autokorrelation unterzogen wird.

13. Regelverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass Transienten gebildet werden.

14. Regelvorrichtung zum Regeln der Fahrlinie einer Gasturbinenanlage (1) mit

- wenigstens einem Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) zum Erfassen einer Messgröße und zum Ausgeben eines die Messgröße repräsentierenden Messsignals,
- wenigstens einer Stelleinrichtung (31, 32) zum Beeinflussen der Luft- und/oder der Brennstoffzufuhr zu einer Brennkammer (12) der Gasturbinenanlage auf der Basis einer Stellgröße und
- einem mit dem wenigstens einen Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) zum Empfang der Messgröße und der wenigstens einen Stelleinrichtung (31, 32) zum Ausgeben der Stellgröße verbundenen Regler (29), der zum Ermitteln der Stellgröße auf der Basis der empfangenen Messgröße und deren Abweichung von einer Führungsgröße ausgebildet ist,
- wobei wenigstens ein Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) vorhanden ist, der dazu ausgestaltet ist, die zeitliche Änderung wenigstens eines Brenner- oder Brennkammerparameters als Messgröße zu erfassen.

15. Regelvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensor ein Sensor (21) zum Erfassen eines Wechseldruckes in der Brennkammer und/oder ein Sensor (25) zum Erfassen eines Wechseldruckes an einem Brennerflansch (13) und/oder ein Sensor (23) zum Erfassen einer Brennkammerbeschleunigung vorhanden ist bzw. sind.

16. Regelvorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, gekennzeichnet durch wenigstens eine mit dem Regler (29) verbundenen Emissionsmessvorrichtung (27).

17. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, gekennzeichnet durch wenigstens einen mit dem Regler (29) verbundenen Sensor (21, 23, 25, 27, 35, 37) zum Erfassen eines absoluten Wertes wenigstens eines Brennkammerparameters.

18. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass als Stelleinrichtung wenigstens ein Brennstoffventil (31) zum Beeinflussen eines der Verbrennung in einer Brennkammer (12) zugeführten Brennstoffmassenstromes vorhanden ist.

19. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass als Stelleinrichtung ein Verdichterleitschaufelkranz (32) vorhanden ist.

20. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (29) ein auf Fuzzy Logik basierendes Regelungskonzept beinhaltet.

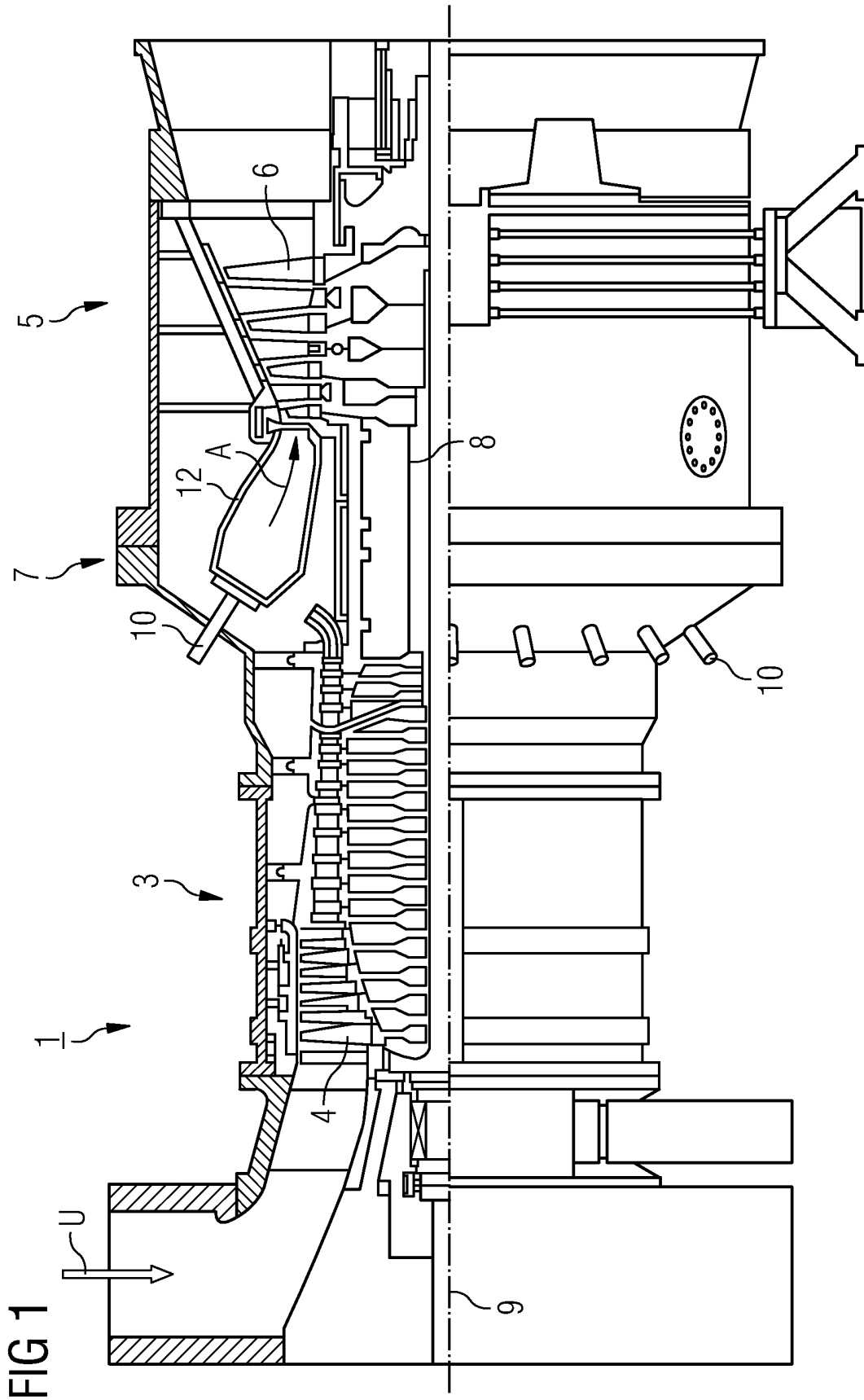
21. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (29) ein auf einem neuronalen Netzwerk basierendes Regelungskonzept beinhaltet.

22. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (29) ein auf einem festen Regelgesetz basierendes Regelungskonzept beinhaltet.

23. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Sensor (21, 23, 25) zum Erfassen einer oszillierende Messgrößen ausgebildet ist.

24. Regelvorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fouriertransformationseinheit (33) vorhanden ist, die zum

Durchführen einer schnellen Fouriertransformation ausgebildet ist und/oder eine Recheneinheit für die Ermittlung der gemittelten Autokorrelationen.



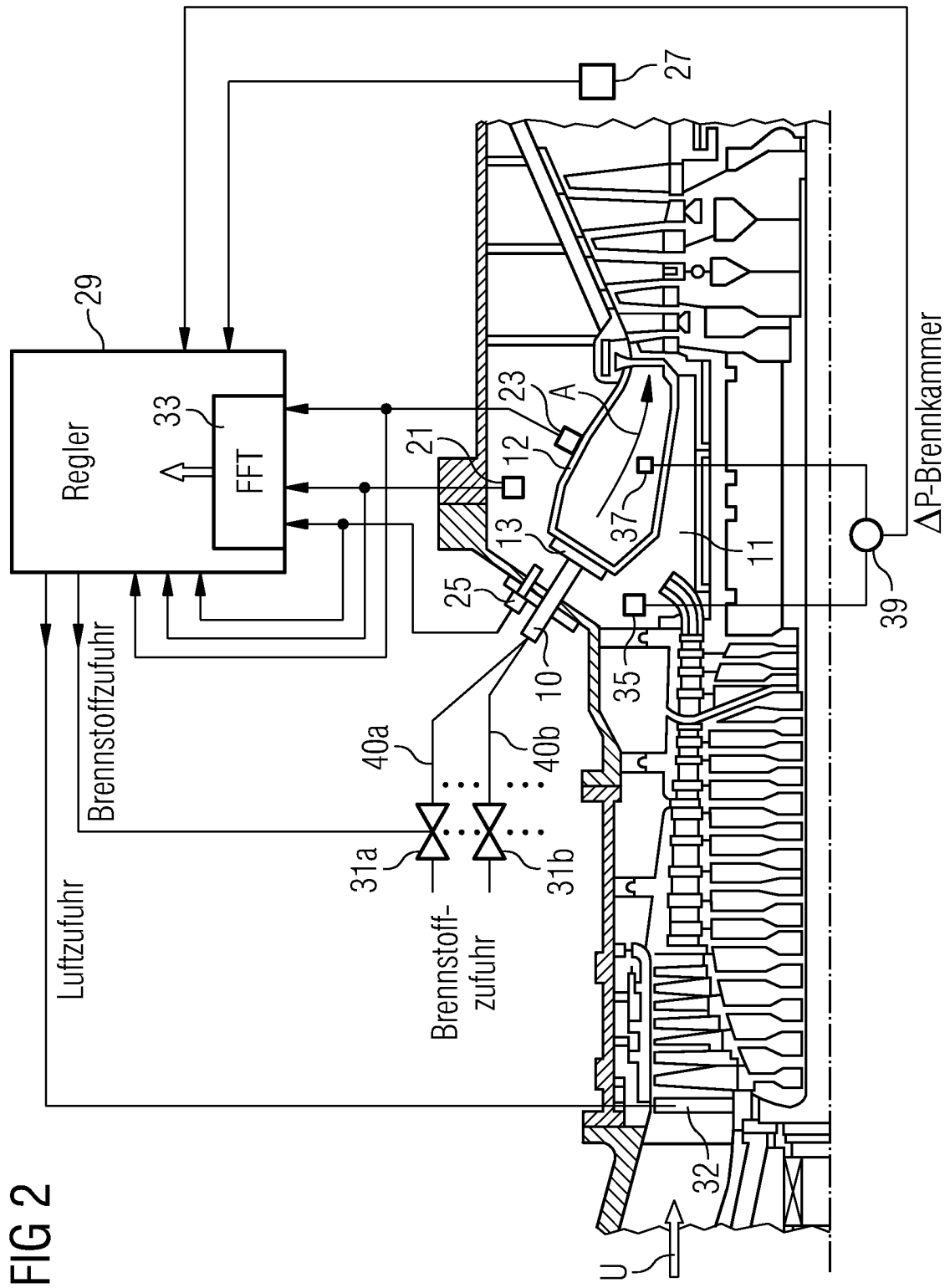


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/062183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER					
INV.	F23N1/02	F23N5/00	F23N5/02	F23N5/16	F23R3/34
	F02C9/50	F23R3/26			

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F23N F23R F02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 286 031 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD) 26 February 2003 (2003-02-26) column 6, line 7 - line 50 column 9, line 5 - column 12, line 36 column 12, line 57 - column 13, line 53 column 15, line 6 - column 16, line 15; figures 1-3,11,12 -----	1-5,7, 10-12, 14,15, 18,19, 22-24
X	EP 0 962 704 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 8 December 1999 (1999-12-08) column 6, line 45 - column 8, line 7 column 8, line 19 - column 9, line 22 column 14, line 14 - line 25; figure 1 ----- -/--	1-3,10, 11,14, 15,18, 22,23

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2006

Date of mailing of the international search report

21/08/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gavriliu, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/062183

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>EP 1 300 566 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD) 9 April 2003 (2003-04-09)</p> <p>column 1, line 7 - line 11 column 1, line 35 - line 42 column 5, line 2 - column 6, line 48 claims 1,2,4,11; figure 1</p>	<p>1-3,6,7, 10,14, 15, 17-19,22</p>
X	<p>US 2004/076218 A1 (TOMLINSON LEROY O ET AL) 22 April 2004 (2004-04-22)</p> <p>page 3, paragraph 35 - page 4, paragraph 45; figure 1</p>	<p>1-5,7, 10,14, 15,18,22</p>
X	<p>US 2004/255594 A1 (BAINO MAKOTO ET AL) 23 December 2004 (2004-12-23)</p> <p>page 2, paragraph 23 - paragraph 28 page 4, paragraph 46 - paragraph 57; figures 1-3</p>	<p>1-4,7, 14,15,18</p>
A	<p>EP 0 677 706 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 18 October 1995 (1995-10-18)</p> <p>column 6, line 47 - line 58 column 10, line 5 - column 11, line 54; figure 3</p>	<p>1,14</p>
A	<p>US 2003/140614 A1 (NEARHOOF CHARLES F ET AL) 31 July 2003 (2003-07-31)</p> <p>page 3, paragraph 21; figure 4</p>	<p>1,14</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/062183

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1286031	A	26-02-2003	CA 2398522 A1	23-02-2003
			CN 1401888 A	12-03-2003
			JP 2003065082 A	05-03-2003
			US 2005262849 A1	01-12-2005
			US 2004011020 A1	22-01-2004
EP 0962704	A	08-12-1999	CA 2273311 A1	29-11-1999
			CN 1244645 A	16-02-2000
			DE 69913032 D1	08-01-2004
			DE 69913032 T2	02-09-2004
			JP 2000002423 A	07-01-2000
			RU 2227837 C2	27-04-2004
			US 6560967 B1	13-05-2003
			US 2004076218	A1
			JP 2002357320 A	13-12-2002
			US 2002106001 A1	08-08-2002
US 2004255594	A1	23-12-2004	AU 2003301572 A1	13-05-2004
			CA 2468242 A1	06-05-2004
			EP 1555407 A1	20-07-2005
			WO 2004038199 A1	06-05-2004
			JP 2004143942 A	20-05-2004
EP 0677706	A	18-10-1995	JP 8004554 A	09-01-1996
US 2003140614	A1	31-07-2003	WO 2004076836 A1	10-09-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/062183

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F23N1/02 F23N5/00 F23N5/02 F23N5/16 F23R3/34
 F02C9/50 F23R3/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F23N F23R F02C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>EP 1 286 031 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD) 26. Februar 2003 (2003-02-26)</p> <p>Spalte 6, Zeile 7 - Zeile 50 Spalte 9, Zeile 5 - Spalte 12, Zeile 36 Spalte 12, Zeile 57 - Spalte 13, Zeile 53 Spalte 15, Zeile 6 - Spalte 16, Zeile 15; Abbildungen 1-3,11,12</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	<p>1-5,7, 10-12, 14,15, 18,19, 22-24</p>

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <ul style="list-style-type: none"> *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 10. August 2006	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/08/2006
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Gavrilu, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

 Internationales Aktenzeichen
 PCT/EP2006/062183

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 962 704 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 8. Dezember 1999 (1999-12-08) Spalte 6, Zeile 45 - Spalte 8, Zeile 7 Spalte 8, Zeile 19 - Spalte 9, Zeile 22 Spalte 14, Zeile 14 - Zeile 25; Abbildung 1 -----	1-3,10, 11,14, 15,18, 22,23
X	EP 1 300 566 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD) 9. April 2003 (2003-04-09) Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 11 Spalte 1, Zeile 35 - Zeile 42 Spalte 5, Zeile 2 - Spalte 6, Zeile 48 Ansprüche 1,2,4,11; Abbildung 1 -----	1-3,6,7, 10,14, 15, 17-19,22
X	US 2004/076218 A1 (TOMLINSON LEROY O ET AL) 22. April 2004 (2004-04-22) Seite 3, Absatz 35 - Seite 4, Absatz 45; Abbildung 1 -----	1-5,7, 10,14, 15,18,22
X	US 2004/255594 A1 (BAINO MAKOTO ET AL) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) Seite 2, Absatz 23 - Absatz 28 Seite 4, Absatz 46 - Absatz 57; Abbildungen 1-3 -----	1-4,7, 14,15,18
A	EP 0 677 706 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 18. Oktober 1995 (1995-10-18) Spalte 6, Zeile 47 - Zeile 58 Spalte 10, Zeile 5 - Spalte 11, Zeile 54; Abbildung 3 -----	1,14
A	US 2003/140614 A1 (NEARHOOF CHARLES F ET AL) 31. Juli 2003 (2003-07-31) Seite 3, Absatz 21; Abbildung 4 -----	1,14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/062183

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1286031	A	26-02-2003	CA	2398522 A1	23-02-2003
			CN	1401888 A	12-03-2003
			JP	2003065082 A	05-03-2003
			US	2005262849 A1	01-12-2005
			US	2004011020 A1	22-01-2004
EP 0962704	A	08-12-1999	CA	2273311 A1	29-11-1999
			CN	1244645 A	16-02-2000
			DE	69913032 D1	08-01-2004
			DE	69913032 T2	02-09-2004
			JP	2000002423 A	07-01-2000
			RU	2227837 C2	27-04-2004
			US	6560967 B1	13-05-2003
EP 1300566	A	09-04-2003	CA	2405472 A1	03-04-2003
			CN	1410712 A	16-04-2003
			JP	2003113721 A	18-04-2003
			US	2003061817 A1	03-04-2003
US 2004076218	A1	22-04-2004	EP	1231369 A2	14-08-2002
			JP	2002357320 A	13-12-2002
			US	2002106001 A1	08-08-2002
US 2004255594	A1	23-12-2004	AU	2003301572 A1	13-05-2004
			CA	2468242 A1	06-05-2004
			EP	1555407 A1	20-07-2005
			WO	2004038199 A1	06-05-2004
			JP	2004143942 A	20-05-2004
EP 0677706	A	18-10-1995	JP	8004554 A	09-01-1996
US 2003140614	A1	31-07-2003	WO	2004076836 A1	10-09-2004