



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

703 218 A1

(51) Int. Cl.: **F01K** 23/10 (2006.01)
F02C 3/34 (2006.01)
F02C 9/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00841/10

(71) Anmelder:
ALSTOM Technology Ltd, Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden (CH)

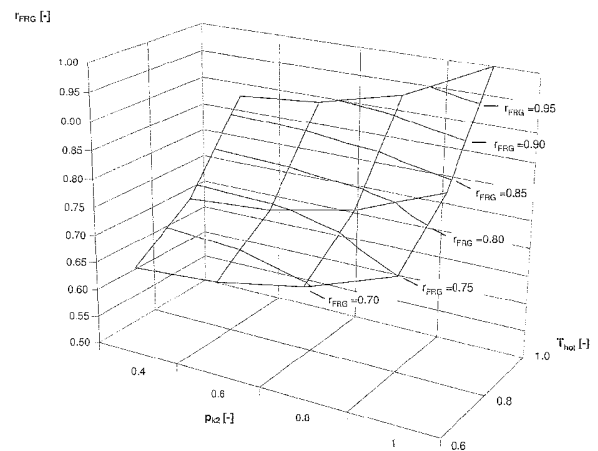
(22) Anmeldedatum: 26.05.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.11.2011

(72) Erfinder:
Jaan Hellat, 5406 Baden-Rütihof (CH)
Jürgen Hoffmann, 5417 Untersiggenthal (CH)

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk mit Rauchgasrezirkulation sowie Kraftwerk.**

(57) Die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betrieb eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerks (CCPP) mit Rauchgasrezirkulation, um die NO_x-Emissionen zu verringern und/oder die CO₂-Konzentration in den Rauchgasen zu erhöhen, um die CO₂-Abscheidung aus den Rauchgasen zu erleichtern, sowie ein Kraftwerk, das für einen Betrieb gemäss diesem Verfahren ausgelegt ist, bereitzustellen. Zu diesem Zweck wird die Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) in Abhängigkeit vom Verbrennungsdruck (P_{K2}) und/oder von der Heissgastemperatur (T_{not}) gesteuert. Neben dem Verfahren ist ein Kraftwerk, das für einen Betrieb entsprechend diesem Verfahren bestimmt ist, Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Ferner wird das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft zu den Gasturbinen-Einlassgasen oder zu der Brennkammer vorgeschlagen, um die Funktionsfähigkeit zu verbessern.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerks mit Rauchgasrezirkulation sowie ein Kraftwerk zur Ausführung solch eines Verfahrens.

STAND DER TECHNIK

[0002] In den letzten Jahren ist offensichtlich geworden, dass die Erzeugung von Treibhausgasen zu einer globalen Erwärmung führt, und dass eine weitere Erhöhung der Produktion von Treibhausgasen die globale Erwärmung beschleunigen wird. CO₂ (Kohlendioxid) wurde als ein hauptsächliches Treibhausgas identifiziert, und es wird angenommen, dass NO_x als ein indirektes Treibhausgas wesentlich zu dem Treibhauseffekt beiträgt, indem es Ozon in der Troposphäre erzeugt. Daher werden CCS (Carbon Capture and Storage, CO₂-Abscheidung und -Speicherung) und die Reduzierung von NO_x-Emissionen als potentiell wichtigste Mittel zur Reduzierung und Steuerung der globalen Erwärmung betrachtet.

[0003] Die Verringerung der NO_x-Emissionen erfolgt entweder durch katalytische Reinigung der Rauchgase (Abgase) oder vorzugsweise durch Verringerung der NO_x-Produktion während der Verbrennung.

[0004] Es werden Kraftwerke mit immer höheren Heissgastemperaturen angestrebt, um die Wirkungsgrade von Kraftwerken zu erhöhen. Bei höheren Verbrennungstemperaturen nehmen jedoch die NO_x-Emissionen zu. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wurde eine Rauchgasrezirkulation vorgeschlagen.

[0005] CCS ist als der Prozess der Abscheidung, der Kompression, des Transportes und der Speicherung von CO₂ definiert. Abscheidung ist als ein Prozess definiert, bei dem CO₂ entweder nach der Verbrennung eines kohlenstoffbasierten Brennstoffes aus den Rauchgasen entfernt wird oder das Entfernen und die Verarbeitung von Kohlenstoff vor der Verbrennung erfolgen. Die Regeneration irgendwelcher Absorptionsmittel, Adsorptionsmittel oder anderer Mittel zum Entfernen von CO₂ aus einem Rauchgas oder Rauchgasstrom wird als ein Bestandteil des Abscheidungsprozesses betrachtet.

[0006] Die Backend-CO₂-Abscheidung oder Abscheidung' nach der Verbrennung ist eine kommerziell vielversprechende Technologie für mit fossilen Brennstoffen betriebene Kraftwerke, darunter CCPP (Combined Cycle Power Plants, Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke). Bei der Abscheidung nach der Verbrennung wird das CO₂ aus einem Rauchgas entfernt. Das verbleibende Rauchgas wird in die Atmosphäre freigesetzt, und das CO₂ wird für den Transport und die Speicherung komprimiert. Es sind verschiedene Technologien bekannt, um CO₂ aus einem Rauchgas zu entfernen, wie etwa Absorption, Adsorption, Membrantrennung und Tieftemperaturzerlegung. Kraftwerke mit Abscheidung nach der Verbrennung sind Gegenstand dieser Erfindung.

[0007] Alle bekannten Technologien für die CO₂-Abscheidung erfordern relativ grosse Energiemengen. Aufgrund der relativ niedrigen CO₂-Konzentration von nur etwa 4 % in den Rauchgasen eines herkömmlichen CCPP ist das CO₂-Abscheidungssystem (auch CO₂-Abscheidungsanlage oder CO₂-Abscheidungs-ausrüstung genannt) für ein herkömmliches CCPP kosten- und energieaufwendiger pro kg abgeschiedenes CO₂, als diejenigen für andere Typen von fossilen Kraftwerken, wie Kohlekraftwerke, welche eine vergleichsweise höhere CO₂-Konzentration aufweisen.

[0008] Die CO₂-Konzentration im Rauchgas eines CCPP hängt von der Brennstoffzusammensetzung, dem Gasturbinentyp und der Last ab und kann in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Gasturbine erheblich variieren. Diese Schwankung der CO₂-Konzentration kann sich nachteilig auf die Leistung, den Wirkungsgrad und die Funktionsfähigkeit des CO₂-Abscheidungssystems auswirken.

[0009] Zur Erhöhung der CO₂-Konzentration in den Rauchgasen eines CCPP sind zwei Grundkonzepte bekannt. Das eine besteht in der Rezirkulation (Rückführung) von Rauchgasen, wie sie zum Beispiel von O. Bolland und S. Saether in «NEW CONCEPTS FOR NATURAL GAS FIRED POWER PLANTS WHICH SIMPLIFY THE RECOVERY OF CARBON DIOXIDE» (Energy Convers. Mgmt, Bd. 33, Nr. 5-8, S. 467-475, 1992) beschrieben wurde. Ein anderes Konzept ist die Reihenschaltung von Kraftwerken, wobei das Rauchgas eines ersten CCPP abgekühlt und als Einlassgas für ein zweites CCPP genutzt wird, um ein Rauchgas mit erhöhtem CO₂-Gehalt in dem Rauchgas des zweiten CCPP zu erhalten. Eine solche Anordnung ist zum Beispiel in der Patentschrift US 2008 0 060 346 beschrieben. Diese Verfahren verringern die Gesamtmenge des Rauchgases, das in die Umgebung freigesetzt wird, und erhöhen die CO₂-Konzentration, und sie verringern dadurch die erforderliche Durchflusskapazität eines Absorbers, den Energieverbrauch des Abscheidungssystems und den Kapitalaufwand für das Abscheidungssystem und erhöhen den Wirkungsgrad des CO₂-Abscheidungssystems. Die Rauchgasrezirkulation verringert jedoch den Sauerstoffgehalt in den Einlassgasen der Gasturbine und beeinträchtigt die Verbrennung. Neben positiven Auswirkungen auf die NO_x-Emissionen kann der verringerte Sauerstoffgehalt zu einer unvollständigen Verbrennung führen und hohe CO-Emissionen zur Folge haben, was in hohem Masse unerwünscht ist.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Betriebsverfahren mit niedrigen CO-Emissionen und niedrigen NO_x-Emissionen für ein Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (CCPP), das mindestens eine Gasturbine mit Rauchgasrezirkulation, einen Wärmerückgewinnungs-Dampferzeuger (Heat Recovery Steam Generator, HRSG) und eine Dampfturbine aufweist, sowie ein Kraftwerk, das dafür ausgelegt ist, gemäss diesem Verfahren betrieben zu werden, bereitzustellen.

[0011] Eine Aufgabe ist es, eine hohe Rauchgasrezirkulationsrate zu ermöglichen, bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer stabilen, sauberen Verbrennung, und ein flexibles Betriebsverfahren für einen Betrieb mit Rauchgasrezirkulation bereitzustellen.

[0012] Das Wesen der Erfindung besteht in der Nutzung der Erkenntnis, dass eine Verbrennung von CO, anders ausgedrückt, eine Reaktion von CO mit Sauerstoff zur Bildung von CO₂, durch einen hohen Verbrennungsdruck erleichtert wird. Um von diesem Effekt zu profitieren, wird ein Betriebsverfahren vorgeschlagen, bei welchem die Rauchgasrezirkulationsrate eine Funktion des Verbrennungsdruckes ist. Die Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} ist als das Verhältnis des Rauchgasmassenstroms von der Gasturbine, welcher zum Kompressoreinlass zurückgeführt wird, zum Gesamt-Rauchgasmassenstrom der Gasturbine definiert. In Kombination mit der NO_x-reduzierenden Wirkung einer Rauchgasrezirkulation ermöglicht dies ein Betriebsverfahren, welches sowohl zu niedrigen NO_x- als auch zu niedrigen CO-Emissionen führt.

[0013] Ein anderer Faktor, der die CO-Emissionen beeinflusst, ist die Verbrennungstemperatur oder Heissgastemperatur. Bei einem verfeinerten Ansatz wird die Rückführrate als eine Funktion des Verbrennungsdruckes und der Heissgastemperatur angegeben.

[0014] Anstelle des Verbrennungsdruckes kann der Kompressoraustrittsdruck oder ein anderer Druck, welcher proportional zum Brennkammerdruck ist, wie zum Beispiel ein geeigneter Kühlluftdruck, verwendet werden. Typischerweise wird der Kompressoraustrittsdruck verwendet, da er leicht gemessen werden kann. Ferner ist die Kompressoraustrittstemperatur proportional zum Druckverhältnis und kann daher ebenfalls verwendet werden. Wenn die Kompressoraustrittstemperatur verwendet wird, sollte sie typischerweise entsprechend der Umgebungstemperatur korrigiert werden.

[0015] Bei einer Ausführungsform wird ein Steuerungsband vorgeschlagen, welches eine zulässige Rauchgasrezirkulationsrate als eine Funktion des Verbrennungsdruckes und/oder der Heissgastemperatur angibt. Ein Zielwert für die Rauchgasrezirkulationsrate wird als eine Funktion des Verbrennungsdruckes und/oder der Heissgastemperatur berechnet. Die Ist-Rauchgasrezirkulationsrate wird um einen Feineinstellungswert korrigiert, welcher die Rauchgasrezirkulationsrate in Abhängigkeit von den CO-Emissionen anpasst. Die CO-Emissionen werden für dieses Steuerungsverfahren online gemessen.

[0016] Bei einer Ausführungsform wird eine Zweipunktregelung verwendet, um die Rauchgasrezirkulationsrate anzupassen: Sobald sich die CO-Emissionen über einen ersten Schwellwert erhöhen, wird die Rückführrate verringert. Sobald die CO₂-Emissionen unter einen zweiten Schwellwert absinken, wird die Rückführrate erhöht. Anstelle von Schwellwerten kann auch eine Korrekturfunktion der Rückführrate verwendet werden, mit welcher die erforderliche Korrektur der Rauchgasrezirkulationsrate berechnet wird. Die Korrekturfunktion liefert den Korrekturwert zwischen der auf der Basis des Verbrennungsdruckes berechneten Ziel-Rückführrate und der Ist-Rückführrate, der anzuwenden ist, um die CO-Emissionen auf das gewünschte Niveau zu bringen. Typischerweise kann eine einfache Proportionalsteuerung für die Korrektur verwendet werden, welche einen Korrekturwert liefert, der proportional zu der Differenz zwischen CO-Emissionen und einem Zielwert der CO-Emissionen ist. Bei einer weiteren Ausführungsform sind die Schwellwerte oder Korrekturfunktionen auch von der relativen Last des CCPP abhängig.

[0017] Als eine Alternative wird eine Rückführrate als Funktion der gemessenen Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen der Rauchgase vorgeschlagen. Analog wie bei der Steuerung in Abhängigkeit von der CO-Emission kann eine Zweipunktregelung verwendet werden. Alternativ dazu, und ebenfalls analog zur CO-Steuerung, kann auch eine Korrekturfunktion der Rückführrate verwendet werden, welche von den Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen abhängt. Die Korrekturfunktion liefert den Korrekturwert zwischen der auf der Basis des Verbrennungsdruckes berechneten Ziel-Rückführrate und der Ist-Rückführrate, der anzuwenden ist, um die Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen auf das gewünschte Niveau zu bringen. Typischerweise kann eine einfache Proportionalsteuerung für die Korrektur verwendet werden, welche einen Korrekturwert liefert, der proportional zu der Differenz zwischen Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und einem Zielwert der CO-Emissionen ist. Bei einer weiteren Ausführungsform sind die Schwellwerte oder Korrekturfunktionen auch von der relativen Last des CCPP abhängig.

[0018] Ferner hat die in dem Einlassgas des Kompressors verbleibende Ist-O₂-konzentration einen wesentlichen Einfluss auf den Verbrennungsprozess und kann verwendet werden, um die Rauchgasrezirkulationsrate anzupassen. Anstatt die O₂-Konzentration in der Einlassluft als Steuerungsparameter zu verwenden, ist die Verwendung der O₂- und/oder CO₂-Konzentration in anderen Gasströmen möglich, welche eine Schätzung der O₂-Konzentration im Rauchgas am Brennkammereinlass gestatten. Zum Beispiel kann die CO₂-Konzentration im Rauchgas der Turbine verwendet werden. Ferner kann die Restsauerstoffkonzentration in den zurückgeführten Rauchgasen oder die Sauerstoffkonzentration in den Kühlluftströmen verwendet werden. Die Verwendung einer Kombination dieser Konzentrationen ist ebenfalls möglich.

[0019] Die optimalen Zielwerte für diese Parameter hängen von der speziellen Ausführung des Kraftwerks ab und sind eine Funktion der Umgebungsbedingungen und der Anlagenlast. Ihr Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad hängt von den Betriebsbedingungen des Kraftwerks ab.

[0020] Die erforderliche O₂-Konzentration hängt von dem Verbrennungsdruck und der Temperatur ab. Daher kann die erforderliche O₂-Konzentration auch als Funktion des Verbrennungsdruckes und/oder der Heissgastemperatur berechnet werden. Auf der Basis dieser erforderlichen O₂-Konzentration kann die Rauchgasrückführrate so geregelt werden, dass das Einlassfluid der Gasturbine die erforderliche O₂-Konzentration aufweist.

[0021] Die maximale Rückführrate ist oft durch die Sauerstoffkonzentration begrenzt, die für eine stabile, vollständige Verbrennung erforderlich ist. Eine stabile, vollständige Verbrennung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Emissionen von CO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen (Unburned Hydrocarbons, UHC) unter dem erforderlichen Niveau bleiben, das für Emissionen von CO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen festgelegt wurde und welches in der Größenordnung eines ppm oder einstelliger ppm-Zahlen liegt, und dass die Verbrennungspulsationen innerhalb der normalen Auslegungswerte bleiben. Emissionswerte werden typischerweise durch Garantiewerte vorgeschrieben. Die Auslegungswerte für die Pulsation hängen von der Gasturbine, dem Betriebspunkt und der Bauart der Brennkammer sowie von der Pulsationsfrequenz ab. Sie sollten deutlich unter 10 % des Brennkammerdruckes bleiben. Typischerweise bleiben sie unter 1 oder 2 % des Brennkammerdruckes. Bei einer Ausführungsform wird die Rückführrate in Abhängigkeit von der Pulsation angepasst oder feinabgestimmt. Zum Beispiel wird ein Zielwert für die Rückführrate auf der Basis des Kompressoraustrittsdruckes oder des Druckverhältnisses des Kompressors berechnet. Er wird für hohe Verbrennungspulsationen reduziert oder bei sehr niedrigen Verbrennungspulsationen erhöht. Diese Anpassungen werden typischerweise nur innerhalb einer Bandbreite um den druckabhängigen Zielwert herum zugelassen und vorgenommen.

[0022] Um die betriebliche Flexibilität zu erhöhen und um eine höhere Rückführrate zu ermöglichen, zwecks weiterer Erhöhung der CO₂-Konzentration in den Rauchgasen bei Grundlast und Teillast, wird bei einer weiteren Ausführungsform eine Sauerstoffanreicherung der Einlassgase des Kompressors vorgeschlagen. Hierzu wird den Kompressoreinlassgasen der Gasturbine Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherte Luft beigemischt. Bei einer Ausführungsform ist die Beimischung von Sauerstoff umgekehrt proportional zum Kompressoraustrittsdruck.

[0023] In erster Näherung ist der spezifische Energieverbrauch von Abscheidungssystemen zur CO₂-Konzentration der Rauchgase proportional. In diesem Zusammenhang ist der spezifische Energieverbrauch eines Abscheidungssystems als die Energie definiert, die benötigt wird, um eine Masseneinheit CO₂ aus Rauchgas zu entfernen. Da die CO₂-Konzentration in den Rauchgasen proportional zur Rückführrate ist, besteht ein Optimierungsziel in einer hohen Rückführrate.

[0024] Die höhere Rückführrate erhöht nicht nur die CO₂-Konzentration, sondern führt auch zu einer Verringerung der Rauchgasmasse und des Volumenstroms, der das CO₂-Abscheidungssystem passiert. Der geringere Strom bewirkt auch eine Verringerung des Druckabfalls des Systems, was sich vorteilhaft auf die Gesamtleistung auswirkt bzw. die Verwendung einer kleineren, kostengünstigeren Ausrüstung ermöglicht. Bei Grundlast unter Auslegungsbedingungen ist die Rauchgasrezirkulationsrate maximal. Sie ist durch die minimale Sauerstoffkonzentration begrenzt, die für den Betrieb der Gasturbine erforderlich ist. Typische Rückführraten liegen in der Größenordnung von 30% bis 50% für Grundlastbetrieb.

[0025] Bei Teillastbetrieb der Gasturbine ist die CO₂-Konzentration in Rauchgasen herkömmlicher Gasturbinen niedriger als bei Grundlastbetrieb, und der Sauerstoffverbrauch für die Verbrennung verringert sich.

[0026] Um die Unterschiede in der CO₂-Produktion zu berücksichtigen, wird bei einer anderen Ausführungsform ein Ziel-CO₂- oder Ziel-Restsauerstoffgehalt als Funktion des Verbrennungsdruckes verwendet.

[0027] Ein Erlöschen oder teilweises Erlöschen der Flamme (Flame-Quenching), welches bei Teillast auftreten kann, hängt auch von den Kühlluftmassenströmen und Kühllufttemperaturen ab. Bei den meisten Konstruktionen von Gasturbinen sind die Temperaturen und Massenströme der Kühlluft von den Bedingungen am Kompressoreinlass und der Position variabler Eintrittsleitschaufeln abhängig. Daher wird die Verwendung einer zusätzlichen Funktion vorgeschlagen, welche den Einfluss^a der Einlassbedingungen und/oder der Position der variablen Eintrittsleitschaufeln auf die erforderliche minimale Sauerstoffkonzentration berücksichtigt. Die Rückführrate wird dementsprechend korrigiert; z.B. kann die Rückführrate für eine niedrige Kühllufttemperatur verringert werden, wenn die Löschwirkung von Kühlluft auf die Flamme hoch ist, und die Rückführrate wird für eine hohe Kühllufttemperatur erhöht, wenn die Löschwirkung von Kühlluft geringer ist.

[0028] Eine Kombination der oben beschriebenen Steuerungsverfahren ist denkbar. Insbesondere kann eine vom Verbrennungsdruck abhängige Rückführrate oder eine vom Verbrennungsdruck abhängige Funktion der Ziel-Sauerstoffkonzentration am Einlass mit einer auf der Messung von Verbrennungsparametern wie CO-Emissionen und/oder Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und/oder Pulsationen basierenden Korrektur kombiniert werden.

[0029] Die Rauchgasrezirkulationsrate kann in Kombination mit dem Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereichertem Gas auf einen optimalen Wert erhöht werden, bei welchem die Sauerstoffkonzentration auf einer solchen Höhe gehalten wird, dass sie den erforderlichen minimalen Wert hat, wobei die optimalen thermodynamischen und ökonomischen Kenndaten des Kraftwerkes angestrebt werden. Das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft^a kann angewendet werden, sofern es bei Abwägung zwischen dem mit einer Luftzerlegungsanlage (Air Separation Unit, ASU) verbundenen Aufwand und den Vorteilen aufgrund von verringerten Emissionen als gerechtfertigt erscheint.

[0030] Bei einer Ausführungsform wird das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft zu den Kompressoreinlassgasen durchgeführt, um die Sauerstoffkonzentration am Einlass zu steuern. Die Ziel-Sauerstoffkonzentration am Kompressoreinlass ist zum Beispiel als eine Funktion des Verbrennungsdruckes gegeben.

[0031] Bei einer weiteren Ausführungsform erfolgt das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft zu den Kompressoreinlassgasen in Abhängigkeit von CO oder von unverbrannten Kohlenwasserstoffen. Sobald die Emissionen von CO und/oder unverbrannten Kohlenwasserstoffen einen ersten Schwellwert überschreiten, wird die Beimischung von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft erhöht. Sobald sie unter einem zweiten Schwellwert

liegen, wird die Beimischung verringert. Anstelle von Schwellwerten kann auch eine Korrekturfunktion der Beimischung verwendet werden, welche von den Emissionen von CO und/oder unverbrannten Kohlenwasserstoffen abhängt. Bei einer weiteren Ausführungsform sind die Schwellwerte oder Korrekturfunktionen auch von der relativen Last des CCGT abhängig.

[0032] Flammen- oder Brennkammerpulsationen, welche typischerweise zunehmen, wenn die Verbrennung unvollständig ist, können ebenfalls gemessen werden und in analoger Weise als ein Steuerungsparameter für das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft verwendet werden. Bei einer Ausführungsform wird eine Zweipunktregelung verwendet, um die Rauchgasrezirkulationsrate anzupassen: Sobald sich der Pulsationspegel über einen ersten Schwellwert erhöht, wird die Beimischung erhöht. Sobald die Pulsationen unter einen zweiten Schwellwert absinken, wird die Beimischung verringert. In Abhängigkeit von der Brennkammer kann ein spezifisches Pulsationsfrequenzband für die pulsationsabhängige Steuerung des Beimischens verwendet werden. Anstelle von Schwellwerten kann auch eine Korrekturfunktion der Rückführrate verwendet werden, welche vom Pulsationspegel abhängt. Typischerweise kann eine einfache Proportionalsteuerung für die Korrektur verwendet werden, welche einen Korrekturwert für die Rauchgasrezirkulationsrate liefert, der proportional zu der Differenz zwischen gemessener Pulsation und einem Ziel-Pulsationswert ist.

[0033] Für ein Steuerungsverfahren, welches die Brennkammerpulsationen als Steuerungsparameter verwendet, muss mindestens eine entsprechende Pulsationsmessvorrichtung an die Brennkammer angeschlossen werden.

[0034] Für ein Steuerungsverfahren, welches die CO-Emissionen oder Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen als einen Steuerungsparameter verwendet, muss mindestens eine entsprechende Messvorrichtung stromabwärts der Gasturbine installiert werden.

[0035] Bei einer weiteren Ausführungsform ist die Steuerung der Rückführrate mit einer Steuerung der Beimischung von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft kombiniert. Es sind verschiedene Möglichkeiten denkbar, um diese Steuerungsverfahren zu kombinieren.

[0036] Zum Beispiel kann eine Rückführrate als eine Funktion des Druckes angegeben werden, um NO_x zu minimieren und/oder den Durchfluss in dem CO₂-Abscheidungssystem zu optimieren, und die Beimischung kann verwendet werden, um die stabile, vollständige Verbrennung zu steuern. In einem zweiten Beispiel wird die Beimischung von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft auf einem konstanten Niveau gehalten, das durch die Grösse der Luftzerlegungsanlage (ASU) bedingt ist, und die Rückführrate wird verwendet, um die stabile, vollständige Verbrennung zu steuern.

[0037] Ferner wird der Rauchgasstrom bei verminderter Last kleiner. Eine Erhöhung der Rückführrate, kombiniert mit einem geringeren Rauchgasmassenstrom der Gasturbine, kann zu einer erheblichen Verminderung des Rauchgasmassenstroms führen, welcher das Kraftwerk verlässt. Der Rauchgasstrom, welcher der CO₂-Abscheidungsanlage zugeführt wird, ist daher bei einem Betrieb mit CO₂-Abscheidung entsprechend geringer. Es sollten jedoch, je nach Ausführung, ein optimaler Massenstrom oder eine optimale Strömungsgeschwindigkeit in dem CO₂-Abscheidungssystem aufrechterhalten werden. Dieser optimale Strom kann die Rückführrate begrenzen. Je nach Ausführung des CO₂-Abscheidungssystems kann daher eine Verringerung der Rückführrate bei niedrigen Lasten erforderlich sein, um den optimalen Strom durch das CO₂-Abscheidungssystem aufrechtzuerhalten. Je nach Ausführung der CO₂-Abscheidungsanlage kann der Wirkungsgrad der Abscheidungsanlage nahezu unabhängig vom Durchfluss sein, ohne einen ausgeprägten maximalen Wirkungsgrad bei einer bestimmten Durchflussmenge. Jedoch ist typischerweise trotzdem eine Begrenzung durch eine minimale Durchflussmenge vorhanden, unterhalb von der Instabilitäten des Stroms auftreten können, welche zu Schwingungen in dem CO₂-Abscheidungssystem führen können. In diesem Falle wird die Steuerung vereinfacht, um die minimale Durchflussmenge sicherzustellen.

[0038] Während des Grundlastbetriebs verringert sich die Kraftwerksleistung typischerweise mit zunehmender Gasturbineinlasstemperatur. Die Ziel-Rückkühltemperatur ist daher typischerweise so niedrig wie möglich. Sie ist normalerweise durch die Kapazität des Rückkühlers begrenzt. Nur wenn eine grosse Niedrigtemperatur-Wärmesenke zur Verfügung steht, z.B. eine niedrige Umgebungstemperatur und/oder Kühlwasser mit niedriger Temperatur, oder wenn eine Vereisungsgefahr oder andere Betriebsparameter des Kraftwerks den Betrieb einschränken könnten, könnte die Rückkühltemperatur auf eine höhere Zieltemperatur geregelt werden.

[0039] Bei Teillast, wenn die Gesamt-Massenströme kleiner sind, verringert sich typischerweise auch der Gesamt-Massenstrom der Rezirkulation, und der Rückkühler verfügt typischerweise über die Kapazität, auf eine niedrigere Temperatur zu kühlen als bei Grundlast. Bei den meisten Kraftwerksausführungen kann jedoch eine Erhöhung der Kompressoreinlasstemperatur der Gasturbine den Teillastwirkungsgrad bei einem bestimmten Lastsollwert erhöhen.

[0040] Typischerweise ist der Wirkungsgrad eines CCGT proportional zur Last. Bei einem Betrieb mit einer feststehenden absoluten Last erhöht sich die relative Last mit zunehmender Einlasstemperatur der Gasturbine. Die Verbesserung des Wirkungsgrades infolge der Erhöhung ist grösser als die negative Auswirkung auf den Wirkungsgrad, welche durch eine Erhöhung der Einlasstemperatur verursacht werden könnte.

[0041] Die Austrittstemperatur des Rückkühlers, welcher die zurückgeführten Rauchgase kühlt, und somit die Rückkühltemperatur kann bei Teillast erhöht werden, um die höhere Kompressoreinlasstemperatur der Gasturbine zu realisieren, solange die Kompressoreinlasstemperatur innerhalb der Betriebsgrenzwerte der Gasturbine bleibt. Daher wird eine von der Last und der Rückführrate abhängige Rückkühltemperatur vorgeschlagen. In Abhängigkeit von der Rückführrate wird

die Rückkühltemperatur so gesteuert, dass nach dem Mischen von Umgebungsluft mit den rückgekühlten Rauchgasen die Einlasstemperatur erzielt wird, welche zu dem besten Wirkungsgrad bei der jeweiligen Leistungsabgabe führt.

[0042] Im Falle eines Kraftwerks mit CO₂-Abscheidung muss die Temperatur der Rauchgase, die nach Kühlung der CO₂-Abscheidungsanlage zugeführt werden, ebenfalls für das CO₂-Abscheidungssystem optimiert werden, unter Berücksichtigung der Einschränkungen des Kühlers.

[0043] Das CO₂-Abscheidungssystem selbst kann aus mehr als einer Abscheidungsstrecke bestehen. Um den Teillastbetrieb zu optimieren, kann es vorteilhaft sein, mindestens eine Abscheidungsstrecke stillzulegen. Infolgedessen kann die optimale Rückführrate eine Funktion der aktiven Abscheidungsstrecken werden. Die Integration des Betriebs des Abscheidungssystems mit dem Betrieb des CCPP ist für den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks vorteilhaft.

[0044] In einem ersten Steuerungsschritt wird die Anzahl der aktiven Abscheidungsstrecken an die Kraftwerkslast angepasst. In einem zweiten Schritt wird die Rückführrate angepasst, um den Wirkungsgrad des Kraftwerks bei der spezifischen Last und mit der spezifischen Anzahl von aktiven Abscheidungsstrecken zu optimieren. Hierzu werden zwei alternative Optimierungsstrategien vorgeschlagen. Entweder wird die Rückführrate verwendet, um die CO₂-Konzentration in den Rauchgasen auf das optimale Niveau für die aktiven Strecken des Abscheidungssystems zu regeln, oder sie wird verwendet, um die Strömungsgeschwindigkeit in den Abscheidungsstrecken auf der optimalen Geschwindigkeit zu halten.

[0045] Neben dem Verfahren ist ein Kraftwerk, das für einen Betrieb entsprechend diesem Verfahren bestimmt ist, Bestandteil der Erfindung. Ein für einen optimierten Betrieb ausgelegtes Kraftwerk weist mindestens eine Gasturbine, ein Rauchgasrezirkulationssystem mit einem Rauchgaskanal, welcher einen ersten Teilstrom der durchströmenden Gase zu dem Kompressoreinlass-Gasstrom leitet, mindestens ein Steuerungsorgan, um das Rückführverhältnis zu steuern, einen Rückkühler mit Temperaturregelung, um die Rezirkulations-Rauchgase zu kühlen, mindestens eine Verbrennungsdruck-Messvorrichtung und mindestens eine CO₂- und/oder Sauerstoffkonzentrations-Messvorrichtung auf. Anstelle der Verbrennungsdruck-Messvorrichtung kann eine Kompressorausstrittsdruck-Messvorrichtung oder Kompressorausstrittstemperatur-Messvorrichtung verwendet werden.

[0046] Typischerweise weist ein Rezirkulationssystem eine Rauchgasrezirkulationsleitung oder einen Rauchgasrezirkulationskanal, ein Steuerungsorgan, um die Rückführrate zu steuern, und einen Rezirkulations-Rauchgaskühler auf. Für die Rezirkulation wird der Rauchgasstrom stromabwärts des Wärmerückgewinnungs-Dampferzeugers (HRSG) in mindestens zwei Teilströme aufgeteilt. Ein erster Teilstrom wird über eine Rauchgasrezirkulationsleitung zum Einlass der Gasturbine zurückgeführt, und ein zweiter Teilstrom wird dem Schornstein zugeführt, zur Freisetzung in die Umgebung. Im Falle von CCS (CO₂-Abscheidung und -Speicherung) wird der zweite Teilstrom dem Schornstein über das CO₂-Abscheidungssystem zugeführt. Im Falle von CCS kann eine Umgehung um das CO₂-Abscheidungssystem vorgesehen werden, um die betriebliche Flexibilität zu erhöhen. Dies ermöglicht es, eine beliebige Kombination von Rückführrate, Rauchgasstrom zur CO₂-Abscheidungsanlage und direktem Rauchgasstrom zum Schornstein zu wählen.

[0047] Um die Rückführrate zu steuern, kann der Abgasstrom und/oder Rückführstrom durch mindestens ein Steuerorgan gesteuert werden. Dies kann zum Beispiel ein steuerbarer Dämpfer sein, oder ein fester Stromteiler, der mit einem Steuerorgan in einer der Rauchgasleitungen stromabwärts des Stromteilers oder in beiden kombiniert ist.

[0048] Wie oben erwähnt, muss der erste Teilstrom, welcher zurückgeführt wird, typischerweise durch einen Rückkühler weiter gekühlt werden, bevor er zur Wiedereinspeisung in den Kompressor der Gasturbine mit Umgebungsluft gemischt wird. Bei einer Ausführungsform ist das Steuerorgan, zum Beispiel eine Klappe oder ein Ventil, zur Steuerung der Rückführrate stromabwärts dieses Rückkühlers installiert, um die Wärmebelastung dieses Steuerorgans zu reduzieren.

[0049] Bei einer weiteren Ausführungsform ist ein Gebläse in den Rückführleitungen und/oder den Abgasleitungen installiert. Das Gebläse kann vorteilhaft sein, um die Anlagengrösse zu verringern, da der zulässige Druckabfall erhöht wird. Praktische Anlagengrößen können nur mit einem ausreichenden Druckabfall am Abscheidungssystem und an den Rückführleitungen realisiert werden. Einschränkungen, die durch die Ausführung der Gasturbine und des HRSG bedingt sind, können überwunden werden.

[0050] Die Gebläse sind typischerweise stromabwärts der Kühler angeordnet, was ihren Stromverbrauch sowie die Wärmebelastung, der sie standhalten müssen, verringert. Ferner arbeiten sie bei einer stabilen Rauchgastemperatur und bei kleineren Volumenströmen, verglichen mit einer Ausführung, bei welcher die Gebläse stromaufwärts der Kühler angeordnet sind.

[0051] Ferner wird, um den Stromverbrauch des Gebläses zu minimieren, eine variable Drehzahlregelung vorgeschlagen. Somit kann das Gebläse verwendet werden, um die Rückführrate zu steuern. Variable Dämpfer, Klappen oder Steuerventile, welche von Natur aus einen Druckabfall verursachen, können vermieden werden. Daher kann der Gesamtdruckabfall des Systems durch die Verwendung von Gebläsen mit variabler Drehzahl verringert werden. Alternativ dazu ist auch ein Gebläse mit regelbaren Laufschaufel- oder Leitschaufelwinkeln vorstellbar. In Abhängigkeit von der Ausführung und den Drücken in dem Rauchgas- und Rezirkulationssystem können Druckverstärker anstelle von Gebläsen verwendet werden.

[0052] Um eine kontinuierliche Anreicherung der Kompressoreinlassgase bzw. Brennkammereinlassgase mit Sauerstoff zu ermöglichen, weist eine Ausführungsform des Kraftwerks eine Luftzerlegungsanlage oder eine membranbasierte Sauerstoffanreicherungsanlage, um den benötigten Sauerstoff herzustellen, auf.

[0053] Die oben beschriebene Gasturbine kann eine Gasturbine mit einfacher Verbrennung oder eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, wie sie zum Beispiel aus EP 0 620 363 B1 oder EP 0 718 470 A2 bekannt ist, sein. Um die günstigen Auswirkungen eines hohen Verbrennungsdruckes auf die CO-Emissionen sicherzustellen, sollte die Gasturbine mit sequentieller Verbrennung so ausgeführt sein, dass der Druck in der zweiten Brennkammer bei Vollastbetrieb über 15 bar (a) beträgt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0054] Die Erfindung, ihre Natur sowie ihre Vorteile werden im Folgenden anhand der beigegebenen Zeichnungen ausführlicher beschrieben. Es wird auf die Zeichnungen Bezug genommen.

- Fig. 1 zeigt schematisch ein CCPP mit Rauchgasrezirkulation und Gebläsen mit variabler Drehzahl.
- Fig. 2 zeigt schematisch ein CCPP mit einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, Rauchgasrezirkulation und Gebläsen mit variabler Drehzahl.
- Fig. 3 zeigt schematisch ein CCPP mit Backend-CO₂-Absorption, welches Rauchgasrezirkulation und Gebläse mit variabler Drehzahl aufweist.
- Fig. 4 zeigt schematisch ein Beispiel der Rauchgasrezirkulationsrate als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes und der Heissgastemperatur.
- Fig. 5 zeigt schematisch ein Beispiel der Ziel-Rauchgasrezirkulationsrate als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes mit zulässiger Bandbreite für die Anpassung der Rauchgasrezirkulationsrate für eine gegebene Heissgastemperatur.
- Fig. 6 zeigt schematisch ein Beispiel der Ziel-Rauchgasrezirkulationsrate als Funktion der Heissgastemperatur und die zulässige Bandbreite für die Anpassung der Rauchgasrezirkulationsrate für einen gegebenen Kompressoraustrittsdruck.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0055] Ein Kraftwerk für die Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens weist ein herkömmliches CCPP sowie Ausrüstung für die Rauchgasrezirkulation auf.

[0056] Eine typische Anordnung mit Rauchgasrezirkulation ist in Fig. 1 dargestellt. Einer Turbine 6, welche einen ersten Generator 25 antreibt, werden Kompressoreinlassgas 3 und Brennstoff 5 zugeführt. Das Kompressoreinlassgas 3 ist ein Gemisch von Umgebungsluft 2 und Rauchgas, welches über eine Rauchgasrezirkulationsleitung zurückgeführt wird. Das Kompressoreinlassgas 3 wird in einem Kompressor 1 komprimiert. Das komprimierte Gas wird zur Verbrennung des Brennstoffes 5 in einer Brennkammer 4 verwendet, und die druckbeaufschlagten Heissgase dehnen sich in einer Turbine 7 aus. Diese gibt hauptsächlich elektrischen Strom und heisse Rauchgase 8 ab.

[0057] Die heissen Rauchgase 8 der Gasturbine strömen durch einen Wärmerückgewinnungs-Dampferzeuger (HRSG) 9, welcher Frischdampf 30 für eine Dampfturbine 13 erzeugt. Die Dampfturbine 13 ist entweder in einer Einwellenkonfiguration mit der Gasturbine 6 und einem ersten Generator 25 angeordnet, oder sie ist in einer Mehrwellenkonfiguration angeordnet, um einen zweiten Generator 26 anzutreiben. Der Dampf, welcher die Dampfturbine 13 verlässt, wird einem Kondensator 14 zugeführt und zu dem HRSG zurückgeführt. Der Dampfzyklus ist vereinfacht und schematisch ohne unterschiedliche Dampfdruckniveaus, Speisewasserpumpen usw. dargestellt, da diese nicht Gegenstand der Erfindung sind.

[0058] Ein erster Teilstrom 21 der Rauchgase von dem HRSG 19 wird zum Einlass des Kompressors 1 der Gasturbine 6 zurückgeführt, wo er mit Umgebungsluft 2 gemischt wird. Der erste Teilstrom 21 wird im Rezirkulations-Rauchgaskühler 27 gekühlt, bevor er mit der Umgebungsluft 2 gemischt wird.

[0059] Ein zweiter Teilstrom 20 der Rauchgase von dem HRSG 19 wird durch den Dämpfer 29 dem Schornstein 32 zugeführt. Um den Rauchgasstrom zu verbessern und die Rückführrate zu steuern, ist ein zu dem Schornstein 32 gerichtetes Rauchgasgebläse mit variabler Drehzahl 10 zwischen dem Rauchgaskühler 23 und dem Schornstein 32 installiert. Ferner ist ein Rauchgasgebläse mit variabler Drehzahl zur Rezirkulation 11 stromabwärts des Rezirkulations-Rauchgaskühlers 27 vor dem Mischen des zurückgeführten ersten Teilstroms 21 der Rauchgase mit der Umgebungsluft 2 installiert.

[0060] Fig. 2 zeigt schematisch ein CCPP mit einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, Rauchgasrezirkulation und Gebläsen mit variabler Drehzahl. Anstelle einer einzigen Brennkammer 4 mit einer Turbine 7 weist die Gasturbine mit sequentieller Verbrennung eine Brennkammer 7 auf, der eine Hochdruckturbine 33 folgt. Die teilweise expandierten Gase, welche die Hochdruckturbine verlassen, werden in der zweiten Brennkammer 34 erwärmt, bevor sie in der Niederdruckturbine 35 weiter expandiert werden.

[0061] Eine typische Anordnung mit Abscheidung nach der Verbrennung und Rauchgasrezirkulation ist in Fig. 3 dargestellt. Zusätzlich zu dem in Fig. 1 dargestellten CCPP weist das Kraftwerk von Fig. 3 ein CO₂-Abscheidungssystem auf.

Die heissen Rauchgase 8 der Gasturbine strömen durch einen HRSG 9, welcher Frischdampf 30 für eine Dampfturbine 13 erzeugt. Die Dampfturbine 13 ist entweder in einer Einwellenkonfiguration mit der Gasturbine 6 und einem ersten Generator 25 angeordnet, oder sie ist in einer Mehrwellenkonfiguration angeordnet, um einen zweiten Generator 26 anzutreiben. Ferner wird Dampf aus der Dampfturbine 13 abgezogen und über eine Dampfleitung 15 dem CO₂-Abscheidungssystem 18 zugeführt. Der Dampf wird zu dem Dampfzyklus mit verringerter Temperatur oder als ein Kondensat über die Rücklaufleitung 17 zurückgeführt und wird wieder in den Dampfzyklus eingespeist. Der Dampfzyklus ist vereinfacht und schematisch ohne unterschiedliche Dampfdruckniveaus, Speisewasserpumpen usw. dargestellt, da diese nicht Gegenstand der Erfindung sind.

[0062] Ein erster Teilstrom 21 der Rauchgase von dem HRSG 19 wird zum Einlass des Kompressors 1 der Gasturbine 6 zurückgeführt, wo er mit Umgebungsluft 2 gemischt wird. Der erste Teilstrom 21 wird im Rezirkulations-Rauchgaskühler 27 gekühlt, bevor er mit der Umgebungsluft 2 gemischt wird.

[0063] Ein zweiter Teilstrom 20 der Rauchgase von dem HRSG 19 wird durch den Dämpfer 29 dem CO₂-Abscheidungssystem 18 zugeführt. Der Rauchgaskühler 23 stromaufwärts des CO₂-Abscheidungssystems 18 kühlt diesen zweiten Teilstrom 20. Um den Rauchgasstrom zu verbessern und die Rückführrate zu steuern, ist ein zu dem CO₂-Abscheidungssystem gerichtetes Rauchgasgebläse mit variabler Drehzahl 10 zwischen dem Rauchgaskühler 23 und dem CO₂-Abscheidungssystem 18 installiert, und ein Rauchgasgebläse mit variabler Drehzahl zur Rezirkulation 11 ist stromabwärts des Rezirkulations-Rauchgaskühlers 27 vor dem Mischen des zurückgeführten ersten Teilstroms 21 der Rauchgase mit der Umgebungsluft 2 installiert.

[0064] Das CO₂-abgereicherte Rauchgas 22 wird aus dem CO₂-Abscheidungssystem 18 über einen Schornstein 32 in die Umgebung freigesetzt. Falls das CO₂-Abscheidungssystem 18 nicht in Betrieb ist, kann es über die Rauchgas-Umgehungsleitung 24 umgangen werden.

[0065] Während des normalen Betriebs wird das abgeschiedene CO₂ in einem CO₂-Kompressor komprimiert, und das komprimierte CO₂ wird zur Speicherung oder weiteren Behandlung weitergeleitet.

[0066] Es werden Messvorrichtungen zur Messung der Sauerstoff- und/oder CO₂-Konzentration vorgeschlagen, um die Sauerstoffkonzentration der verschiedenen Gasströme besser zu steuern.

[0067] Durch Steuerung des Rezirkulationsmassenstroms, Steuerung der Temperatur nach dem Rezirkulationsrauchgas-Rückkühler 27 und Berücksichtigung der Temperatur der Umgebungsluft und des Einlassmassenstroms des Kompressors 1 kann die Einlasstemperatur des Kompressors 1 gesteuert werden.

[0068] Bei Grundlast ist die Rückkühltemperatur typischerweise durch die Kapazität des Rezirkulationsrauchgas-Rückkühlers 27 begrenzt und hängt von der verfügbaren Wärmesenke ab. Im Falle eines Kühlwasserkühlers mit 'Kühlwasser aus einem Fluss oder aus dem Meer diktiert die Wassertemperatur die mögliche Rückkühltemperatur. Im Falle eines Luftkühlers liegt die minimale Rückkühltemperatur typischerweise 5 bis 10 °C über der Umgebungstemperatur. Je nach der Rückführrate ist der Temperaturanstieg bei der Kompressoreinlasstemperatur geringer.

[0069] Falls eine spezifische Teillast-Leistungsabgabe von dem CCPP gefordert wird, wird die Turbineneinlasstemperatur oder Heissgastemperatur verringert, und die variablen Einlassleitschaukeln sind entsprechend dem Bedienkonzept geschlossen, bis die Zielleistung erreicht ist. Beides führt zu einer Verringerung des Kraftwerkswirkungsgrades, welche zu der relativen Verringerung der Last proportional ist. Durch Steuerung der Kompressoreinlasstemperatur kann die Grundlastleistung des Kraftwerks gesteuert werden. Insbesondere führt eine Erhöhung der Kompressoreinlasstemperatur zu einer Verringerung der Grundlastleistung. Infolgedessen könnte die oben erwähnte spezifische Leistungsabgabe bei Grundlast oder bei einer erhöhten relativen Leistung erreicht werden. Solange die Verbesserung des Wirkungsgrades infolge des Betriebs bei erhöhter relativer Last grösser ist als die Verschlechterung des Wirkungsgrades aufgrund des Betriebs bei einer erhöhten Einlasstemperatur, kann die Erhöhung der Kompressoreinlasstemperatur den Gesamtwirkungsgrad erhöhen. Für jeden Lastsollwert kann eine kraftwerksspezifische optimale Kompressoreinlasstemperatur bestimmt werden. Auf der Basis der optimalen Kompressoreinlasstemperatur, der Temperatur der Umgebungsluft 2 und der lastspezifischen Gasturbinen-Rückführrate r_{GT} kann eine optimale Rückkühltemperatur T_{recool} bestimmt werden. Bei Grundlast ist diese durch die Kühlkapazität des Rückkühlers begrenzt. Bei niedrigeren Lasten kann die Rückkühltemperatur T_{recool} erhöht werden, bis das Gemisch von Umgebungsluft und rückgeköhlten Rauchgasen die zulässige maximale Kompressoreinlasstemperatur erreicht. In diesem Beispiel ist die maximale zulässige Kompressoreinlasstemperatur ein fester Wert. Da sich jedoch die Gasturbinen-Rückführrate in Abhängigkeit von der Last ändert, ändert sich die Rückkühltemperatur T_{recool} , die erforderlich ist, um die konstante Mischungstemperatur zu erreichen, ebenfalls mit der Last.

[0070] In Abhängigkeit von der Ausführung der Gasturbine 6 ist die zulässige maximale Kompressoreinlasstemperatur nicht konstant. Dies könnte zum Beispiel der Fall sein, wenn die Kompressorendtemperatur oder eine Kühlluft-Abblastemperatur aus dem mittleren Kompressor der begrenzende Faktor ist. Im Ergebnis würde man eine andere Begrenzungsfunktion für die Rückkühltemperatur T_{recool} erhalten.

[0071] Bei einer weiter verfeinerten Ausführungsform kann zum Beispiel der Einfluss von Umgebungsdruck, Feuchtigkeit und Einlass-/Auslass-Druckabfall ebenfalls berücksichtigt werden, um die lastspezifische optimale Kompressoreinlasstemperatur und die entsprechende optimale Rückkühltemperatur zu bestimmen.

[0072] Fig. 4 zeigt schematisch ein Beispiel der Rauchgasrezirkulationsrate als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes und der Heissgastemperatur. Der Kompressoraustrittsdruck p_{k2} ist bezüglich des Kompressoraustrittsdruckes bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert, die Heissgastemperatur T_{hot} ist bezüglich der Heissgastemperatur bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert, und die Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} ist bezüglich der Rauchgasrezirkulationsrate bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert. Bei Volllast sind der normierte Kompressoraustrittsdruck p_{k2} , die normierte Heissgastemperatur T_{k2} und die normierte Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} gleich eins. Die Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} ist für einen niedrigeren Kompressoraustrittsdruck p_{k2} und für eine niedrigere Heissgastemperatur T_{hot} niedriger.

[0073] Im Falle einer Gasturbine 6 mit sequentieller Verbrennung ist die Rauchgasrezirkulationsrate eine Funktion der Heissgastemperaturen der ersten Brennkammer 4 und der zweiten Brennkammer 34. Dies führt zu einer Kurvenschar, welche hier nicht dargestellt ist. Typischerweise wird die Heissgastemperatur der ersten Brennkammer in einem weiten Lastbereich bis hinunter zu einer relativen Last von ungefähr 50%, z.B. Betriebslast relativ zur Volllast, nahezu konstant gehalten. Daher kann diese Kurvenschar vereinfacht werden, und die Heissgastemperatur der zweiten Brennkammer kann verwendet werden, um die Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} zu bestimmen.

[0074] Die Heissgastemperatur ist typischerweise als die durchschnittliche Heissgastemperatur der in eine Turbine einströmenden Heissgase definiert. Anstelle der Heissgastemperatur kann auch die so genannte Turbineneinlasstemperatur TIT verwendet werden, welche eine theoretische Mischungstemperatur der Heissgase mit der Kühlluft der Turbine ist.

[0075] Fig. 5 zeigt schematisch ein Beispiel der Ziel-Rauchgasrezirkulationsrate r_T als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes p_{k2} mit einem zulässigen Bereich für die Anpassung der Rauchgasrezirkulationsrate für eine gegebene Heissgastemperatur T_{hot} . Der Kompressoraustrittsdruck p_{k2} ist bezüglich des Kompressoraustrittsdruckes bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert. Die Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} sowie die Ziel-, die minimale und die maximale Rauchgasrezirkulationsrate r_T , r_{min} und r_{max} sind bezüglich der Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert. In diesem Beispiel wird die Ziel-Rauchgasrezirkulationsrate in einem offenen Regelkreis als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes p_{k2} bestimmt. Die Ist-Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} wird mit einer Regelung im geschlossenen Kreis innerhalb des zulässigen Bereiches zwischen der minimalen Rauchgasrezirkulationsrate r_{min} und der maximalen Rauchgasrezirkulationsrate r_{max} angepasst, die für den jeweiligen Kompressoraustrittsdruck p_{k2} gegeben sind.

[0076] Für die Anpassung der Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} im geschlossenen Kreis wird zum Beispiel der CO-Gehalt in den Rauchgasen oder die Brennkammerpulsation verwendet.

[0077] Die in Fig. 5 dargestellte Funktion gilt für eine bestimmte Heissgastemperatur T_{hot} . In Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen und der Ausführung der Gasturbine kann der Einfluss der Heissgastemperaturen vernachlässigt werden, und dies ist einfach eine Funktion des Kompressoraustrittsdruckes p_{k2} , die verwendet werden kann, um die Rückführrate r_{FRG} für alle Betriebsbedingungen zu steuern, ohne die Heissgastemperatur T_{hot} zu berücksichtigen.

[0078] Fig. 6 zeigt schematisch ein Beispiel der Ziel-Rauchgasrezirkulationsrate r_T als Funktion der Heissgastemperatur T_{hot} und die zulässige Bandbreite für die Anpassung der Rauchgasrezirkulationsrate für einen gegebenen Kompressoraustrittsdruck p_{k2} .

[0079] Die Heissgastemperatur T_{hot} ist bezüglich der Heissgastemperatur T_{hot} bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert. Die Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} sowie die Ziel-, die minimale und die maximale Rauchgasrezirkulationsrate r_T , r_{min} und r_{max} sind bezüglich der Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} bei Volllast unter Auslegungsbedingungen normiert. In diesem Beispiel wird die Ziel-Rauchgasrezirkulationsrate in einem offenen Regelkreis als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes p_{k2} bestimmt. Die Ist-Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} wird mit einer Regelung im geschlossenen Kreis innerhalb des zulässigen Bereiches zwischen der minimalen Rauchgasrezirkulationsrate r_{min} und der maximalen Rauchgasrezirkulationsrate r_{max} angepasst, die für den jeweiligen Kompressoraustrittsdruck p_{k2} gegeben sind.

[0080] Als Eingangsvariable für die Anpassung der Rauchgasrezirkulationsrate r_{FRG} im geschlossenen Kreis wird zum Beispiel der CO-Gehalt in den Rauchgasen oder die Brennkammerpulsation verwendet. Bei einer Ausführungsform ist die Anpassung proportional zur Abweichung des CO-Gehaltes der Rauchgase und/oder der Brennkammerpulsation von einem Zielwert.

[0081] Um die betriebliche Flexibilität noch weiter zu erhöhen und die Einschränkungen für die Rückführrate bei Teillast und Grundlast zu überwinden, wird für eine weitere Ausführungsform eine Anreicherung der Einlassgase der Gasturbine mit Sauerstoff vorgeschlagen.

[0082] Bei manchen Verbrennungssystemen wird eine Stufung in radialer Richtung angewendet, um die Flammstabilität und das Pulsationsverhalten der Verbrennung zu verbessern. Eine Stufung erhöht typischerweise die lokalen Heissgastemperaturen, was höhere NOx zur Folge hat, und ist daher begrenzt. Bei dem vorgeschlagenen Betriebsverfahren reduziert jedoch die Rauchgasrezirkulation die NOx-Emissionen und ermöglicht daher eine Stufung in einem anderen Betriebsbereich. Um von diesem vergrößerten Betriebsfenster zu profitieren, wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei welchem das Stufungsverhältnis eine Funktion des Verbrennungsdruckes und/oder der Rauchgasrezirkulationsrate ist. Das Stufungsverhältnis kann zum Beispiel definiert sein als der maximale Brennstoffdurchsatz zu einem Brenner oder einer Gruppe von Brennern mit erhöhtem Brennstoffdurchsatz, dividiert durch den mittleren Brennstoffdurchsatz pro Brenner.

Analog zum Rauchgasrezirkulationsverhältnis als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes P_{k2} , das in Fig. 5 dargestellt ist, wird eine Steuerung der Brennerstufung in Abhängigkeit vom Kompressoraustrittsdruck p_{k2} vorgeschlagen.

[0083] Als andere Massnahme zur Verbesserung der Flammstabilität und des Pulsationsverhaltens der Verbrennung ist eine Pilotierung mit einer Diffusionsflamme bekannt. Eine Pilotierung erhöht ebenfalls typischerweise die lokalen Heissgastemperaturen, was höhere NO_x zur Folge hat, und ist daher begrenzt. Bei dem vorgeschlagenen Betriebsverfahren reduziert jedoch die Rauchgasrezirkulation die NO_x-Emissionen und ermöglicht daher eine Pilotierung in einem anderen Betriebsbereich. Um von diesem vergrösserten Betriebsfenster zu profitieren, wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei welchem der Pilotbrennstoff-Durchsatz eine Funktion des Verbrennungsdruckes und/oder der Rauchgasrezirkulationsrate ist. Analog zum Rauchgasrückführverhältnis, welches in Fig. 5 als Funktion des Kompressoraustrittsdruckes p_{k2} dargestellt ist, wird eine Steuerung des Pilotbrennstoff-Durchsatzes in Abhängigkeit vom Kompressoraustrittsdruck p_{k2} vorgeschlagen.

[0084] Die oben beschriebenen und in den Zeichnungen dargestellten beispielhaften Ausführungsformen offenbaren dem Fachmann Ausführungsformen, welche sich von den beispielhaften Ausführungsformen unterscheiden und welche im Schutzbereich der Erfindung enthalten sind. Zum Beispiel könnte ein flüssiger Brennstoff anstelle des Brenngases 5 in der Gasturbine verbrannt werden.

[0085] Um ein Steuerungsverfahren zu realisieren, welches die Emissionen von CO oder unverbrannten Kohlenwasserstoffen als Steuerungsparameter verwendet, muss eine Messvorrichtung für die Emissionen von CO oder unverbrannten Kohlenwasserstoffen stromabwärts der Gasturbine 6 installiert werden. Sie kann zum Beispiel an der Stelle installiert werden, an der sich die Messvorrichtungen 37 für den CO₂- und/oder O₂-Gehalt der Gasturbinenrauchgase befinden, oder an der Stelle, an der sich die Messvorrichtungen 38 entsprechenden Messvorrichtungen für den CO₂- und/oder O₂-Gehalt der Rauchgase des HRSG befinden. Es könnte sich auch um eine kombinierte Messvorrichtung handeln.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0086]

- 1 Kompressor
- 2 Umgebungsluft
- 3 Kompressoreinlassgas
- 4 Brennkammer
- 5 Brenngas für Gasturbine
- 6 Gasturbine GT
- 7 Turbine
- 8 Heisse Rauchgase von Gasturbine
- 9 HRSG (Heat Recovery Steam Generator, Wärmerückgewinnungs-Dampferzeuger)
- 10 Rauchgasgebläse für zweiten Teilstrom (zum CO₂-Abscheidungssystem)
- 11 Rauchgasgebläse für ersten Teilstrom (Rauchgasrezirkulation)
- 12 Umgehungs-klappe oder -ventil
- 13 Dampfturbine
- 14 Kondensator
- 15 Dampfen-tnähme für CO₂-Abscheidung
- 16 Speisewasser
- 17 Kondensatrücklaufleitung
- 18 CO₂-Abscheidungssystem
- 19 Rauchgas vom HRSG
- 20 Zweiter Teilstrom (Rauchgasleitung zum CO₂-Abscheidungssystem)
- 21 Erster Teilstrom (Rauchgasrezirkulation)

22	CO ₂ -abgereichertes Rauchgas
23	Rauchgaskühler (für zweiten Teilstrom)
24	Rauchgas-Umgehungsleitung zum Schornstein
25	Erster Generator
26	Zweiter Generator
27	Rückkühler für Rezirkulations-Rauchgas (für ersten Teilstrom)
28	Messvorrichtung für Kompressoraustrittsdruck oder Kompressoraustrittstemperatur
29	Rauchgasteiler
30	Frischdampf
31	Abgeschiedenes CO ₂
32	Schornstein
33	Hochdruckturbine
34	Zweite Brennkammer
35	Niederdruckturbine
36	Messvorrichtungen für CO ₂ - und/oder O ₂ -Gehalt der Einlassluft
37	Messvorrichtungen für CO ₂ - und/oder O ₂ -Gehalt der Gasturbinenrauchgase
38	Messvorrichtungen für CO ₂ - und/oder O ₂ -Gehalt der Rauchgase des HRSG
CCPP	Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (Combined Cycle Power Plant)
r_{GT}	Gasturbinen-Rückführrate
r_T	Ziel-Rückführrate
r_{min}	Minimale Rückführrate
r_{max}	Maximale Rückführrate
T_{hot}	Heissgastemperatur

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerks (Combined Cycle Power Plant, CCPP), welches eine Gasturbine (6) und einen Wärmerückgewinnungs-Dampferzeuger (Heat Recovery Steam Generator, HRSG) aufweist, mit einem Rauchgasrezirkulationssystem, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) der Rauchgase, die durch das Rauchgasrezirkulationssystem in die Kompressoreinlassluft (3) der Gasturbine (6) zurückgeführt werden, in Abhängigkeit vom Verbrennungsdruck und/oder von der Heissgastemperatur (T_{hot}) gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherte Luft den Kompressoreinlassgasen (3) eines Gasturbinenkompressors (1) der Gasturbine (6) und/oder der Brennkammer (4) der Gasturbine (6) beigemischt wird, um eine höhere Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) zu ermöglichen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ziel-Sauerstoffkonzentration in dem Kompressoreinlassgas (3) als eine Funktion des Verbrennungsdruckes der Gasturbine (6) gegeben ist, und dass die Sauerstoffkonzentration in der Einlassluft durch Änderung der Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) und/oder Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) und/oder das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft in Abhängigkeit von gemessenen Emissionen von CO und/oder unverbrannten Kohlenwasserstoffen angepasst wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) und/oder das Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft in Abhängigkeit von den gemessenen Brennkammerpulsationen angepasst wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) über einem minimalen Wert gehalten wird, um einen erforderlichen minimalen Durchsatz durch ein CO₂-Abscheidungssystem (18) sicherzustellen.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkühltemperatur ($T_{re-cool}$) in Abhängigkeit vom Verbrennungsdruck und/oder von der Kompressoraustrittstemperatur (T_{k2}) gesteuert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkühltemperatur ($T_{re-cool}$) in Abhängigkeit vom Verbrennungsdruck und/oder von der Kompressoraustrittstemperatur (T_{k2}) sowie von der Rückführrate gesteuert wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ziel-Kompressoreinlass-temperatur der Gasturbine (6) als Funktion der relativen Last gegeben ist und dass die Kompressoreinlasstemperatur durch Anpassen der Rückkühltemperatur ($T_{re-cool}$) gesteuert wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauchgasrezirkulationsrate (r_{FRG}) mit Hilfe eines Rauchgasgebläses mit variabler Drehzahl für die Rezirkulation (11) und/oder mit Hilfe eines zu dem Schornstein (32) gerichteten Rauchgasgebläses mit variabler Drehzahl (10) gesteuert wird.
11. Kraftwerk (1), das für einen Betrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, dass es Folgendes aufweist: eine Gasturbine (6), einen Wärmerückgewinnungs-Dampferzeuger (9), eine Dampfturbine (13), eine Rauchgasrückführleitung mit einem Rezirkulationsrauchgas-Rückkühler (27), mindestens eine Kompressoraustrittsdruck- und/oder Kompressoraustrittstemperatur-Messvorrichtung und mindestens eine Sauerstoff- und/oder CO₂-Messvorrichtung (36) zwischen dem Mischpunkt von zurückgeführtem Rauchgas und Umgebungsluft und dem Kompressor (1) der Gasturbine (6) und/oder mindestens eine Sauerstoff- und/oder CO₂-Messvorrichtung (37, 38) und/oder mindestens eine Messvorrichtung für CO und/oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe stromabwärts der Gasturbine (6).
12. Kraftwerk (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Gasturbine (6) mit einem Auslegungs-Druckverhältnis des Kompressors aufweist, das grösser als 26 ist.
13. Kraftwerk (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Gasturbine (6) mit sequentieller Verbrennung mit einem Auslegungsdruck der zweiten Brennkammer (34) aufweist, der grösser als 15 bar (a) ist.
14. Kraftwerk (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Rauchgasgebläse mit variabler Drehzahl für die Rezirkulation (11) und/oder ein CO₂-Abscheidungssystem (18) und ein zu dem CO₂-Abscheidungssystem gerichtetes Rauchgasgebläse mit variabler Drehzahl (10) für die zu dem CO₂-Abscheidungssystem (18) gerichteten Rauchgase zur Steuerung der Rückführrate aufweist.
15. Kraftwerk (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Luftzerlegungsanlage oder eine membranbasierte Sauerstoffanreicherungsanlage zum Beimischen von Sauerstoff oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft zu den Kompressoreinlassgasen (3) des Kompressors (1) und/oder der Brennkammer (4, 34) aufweist.

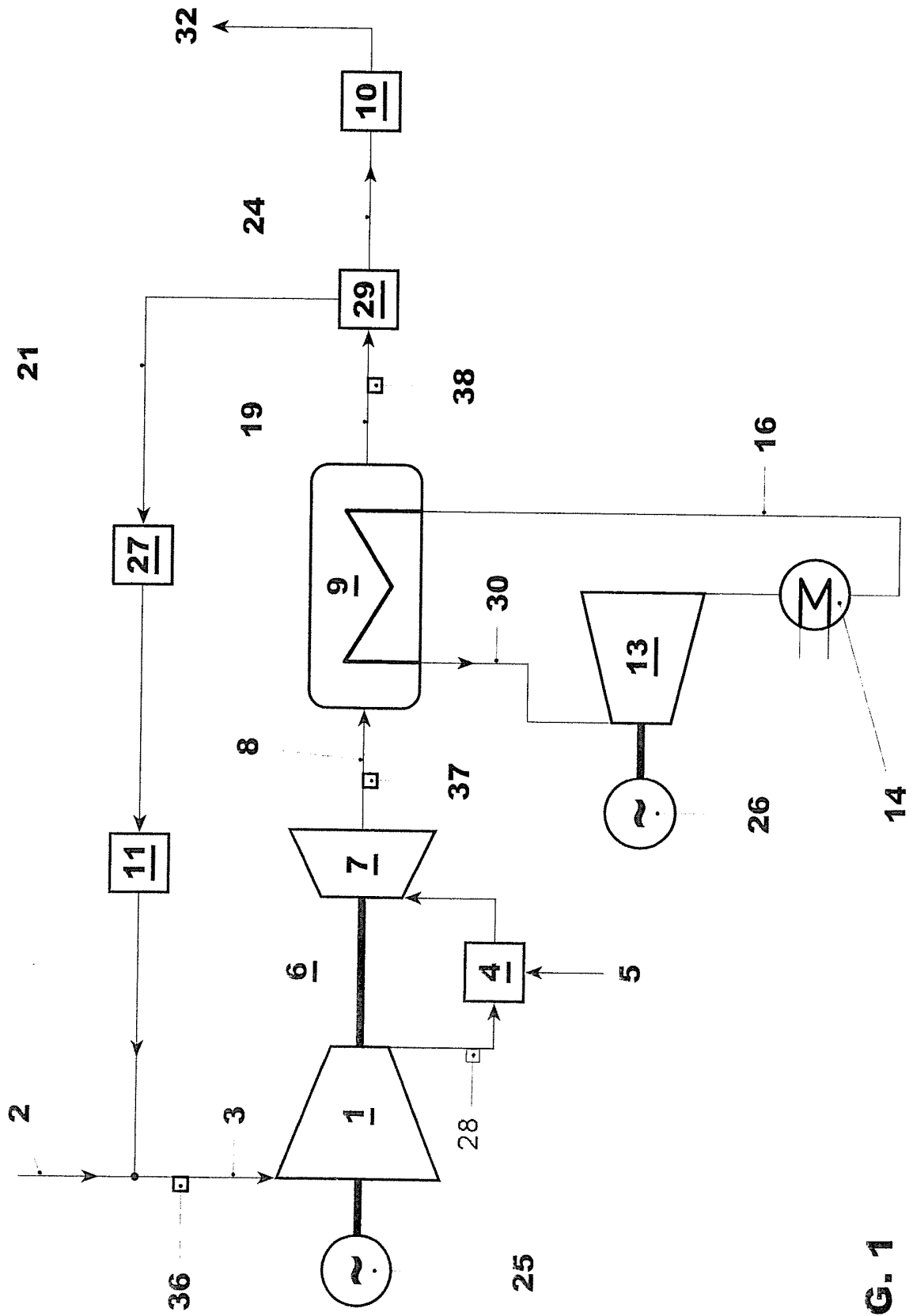


FIG. 1

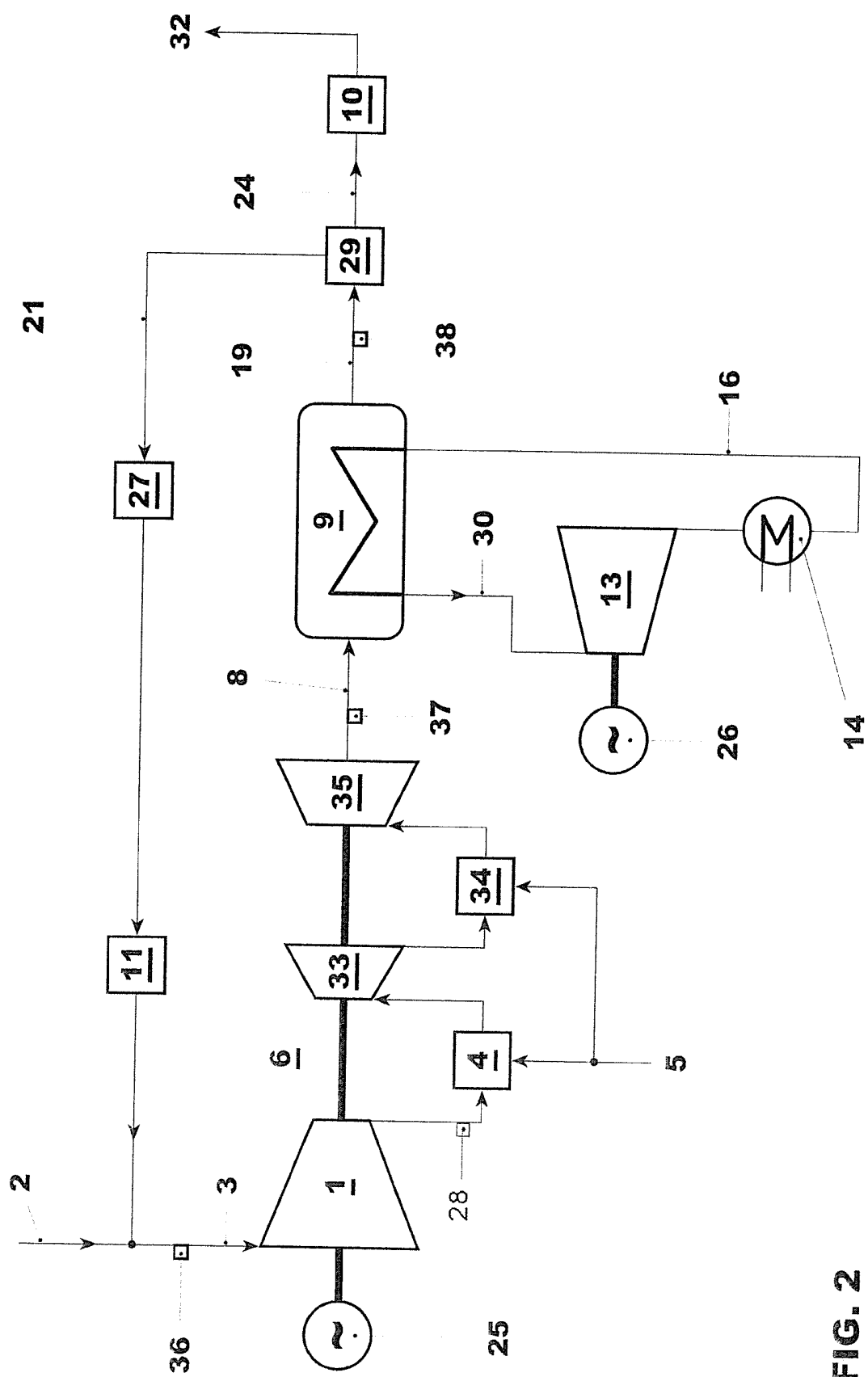


Fig. 2

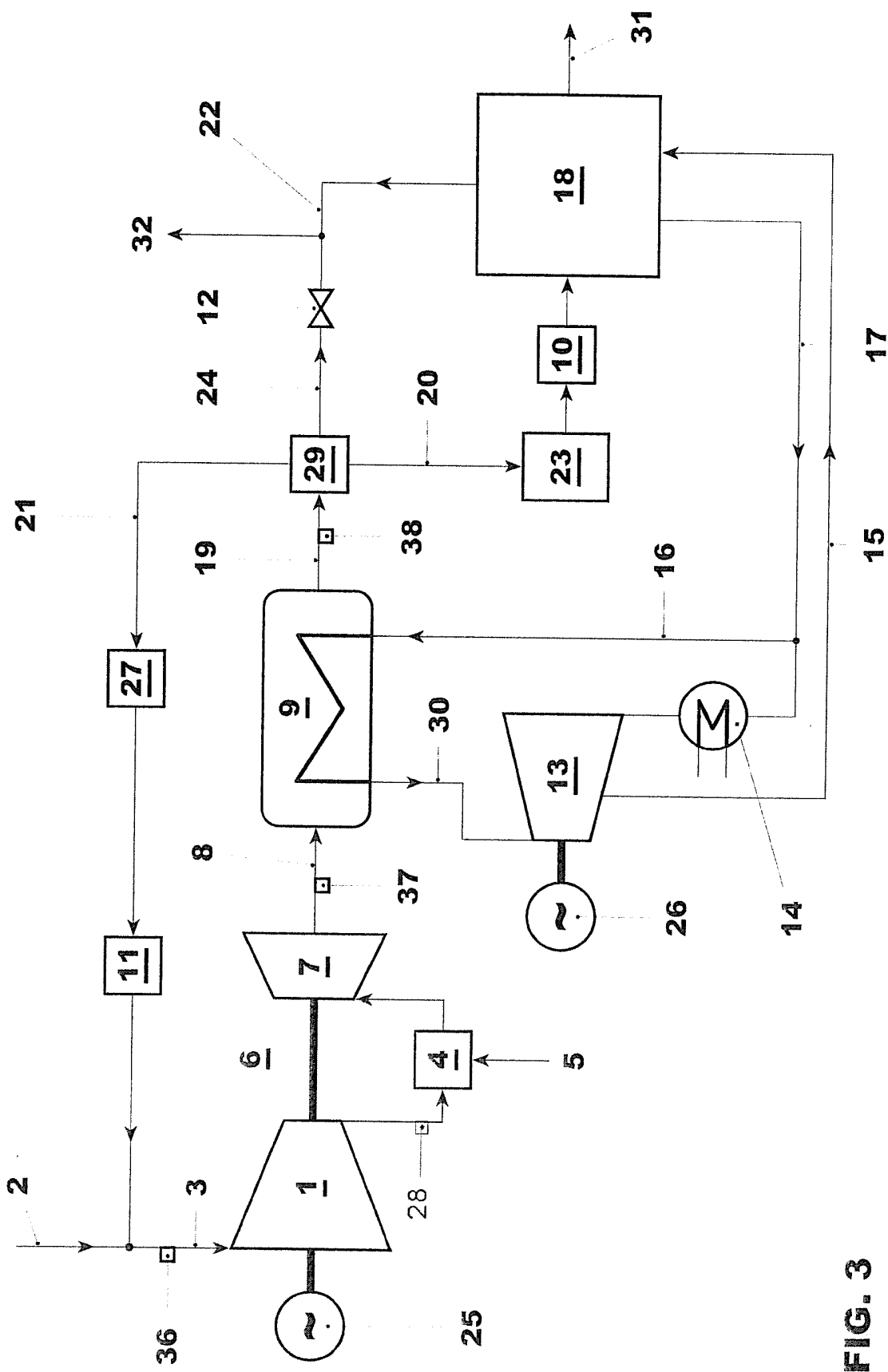


FIG. 3

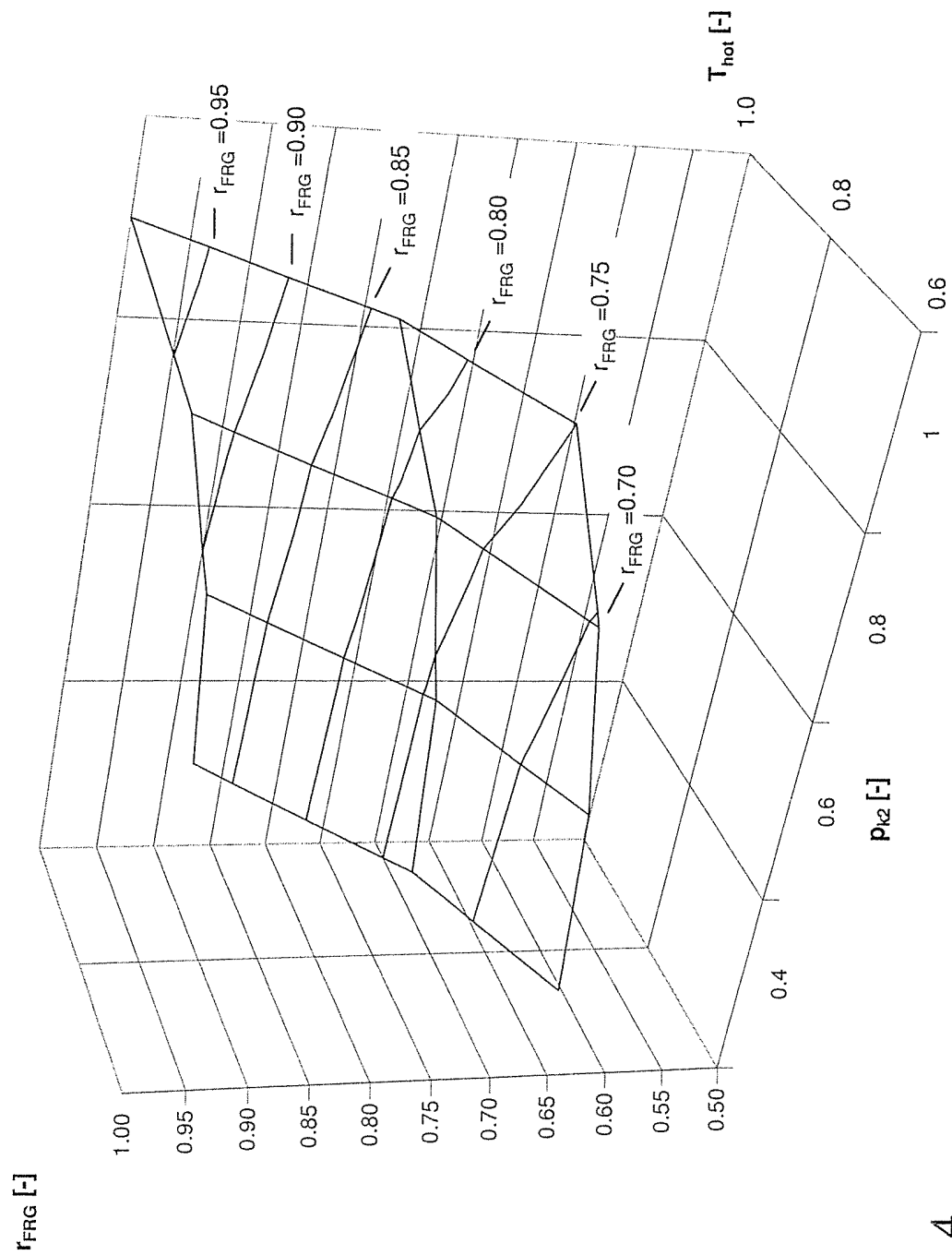


Fig. 4

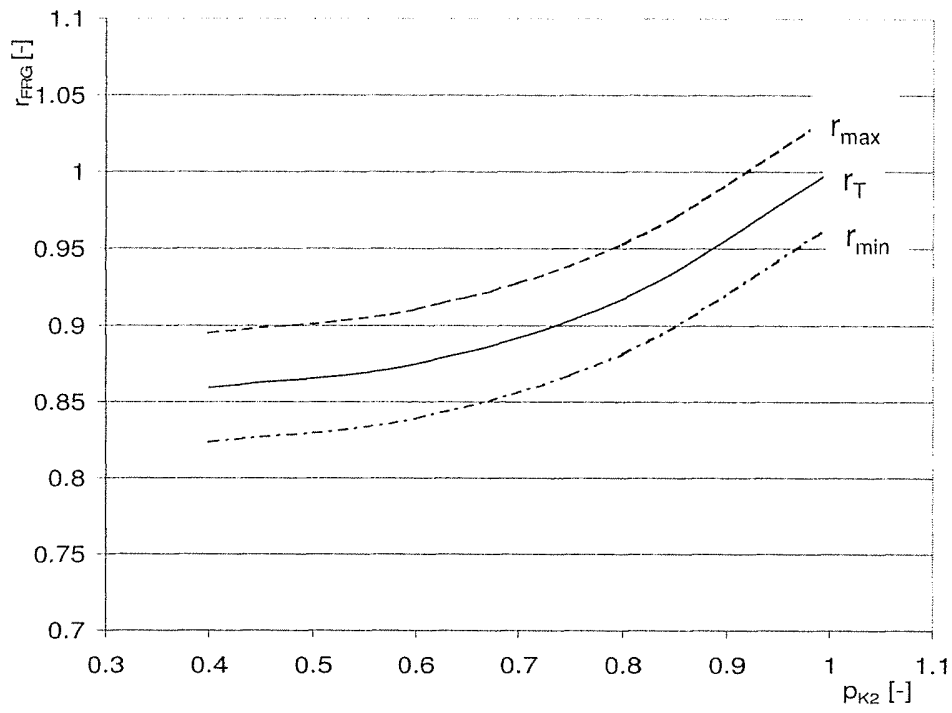


Fig. 5

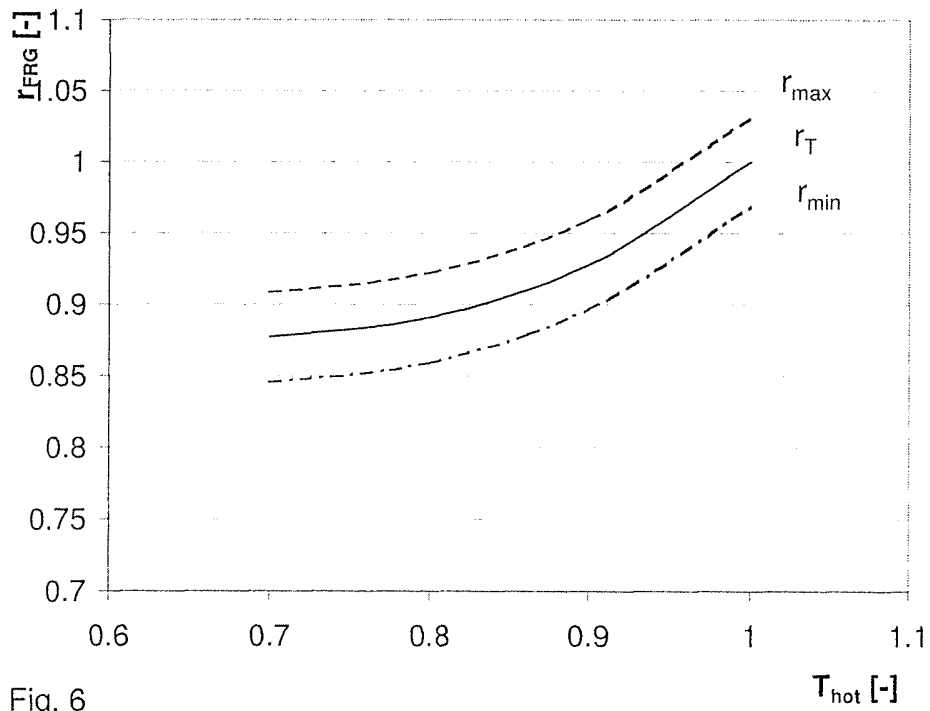


Fig. 6

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG		AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS	
		B09/246-0 CH	
Nationales Aktenzeichen		Anmeldedatum	
841/2010		26-05-2010	
Anmelde land		Beanspruchtes Prioritätsdatum	
CH			
Anmelder (Name)			
ALSTOM TECHNOLOGY LTD.			
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art		Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat	
08-06-2010		SN 54279	
I. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)			
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC			
F01K23/10 F02C9/24		F02C3/34 F02C6/00 F02C6/18	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE			
Recherchierte(r) Mindestprüfstoff			
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole		
IPC	F01K F02C		
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen			
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			

Formblatt PCT/ISA 201 a (11/2000)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 8412010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. F01K23/10	F02C3/34	F02C6/00 F02C6/18 F02C9/24
ADD.		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der SPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F01K 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 VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bez. Anspruch Nr.
E	WO 2010/072710 A2 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; LI HONGTAO [CH]; HOFFMANN JUERGEN [CH]; NA) 1. Juli 2010 (2010-07-01) * Seite 4, Zeile 2 - Seite 6, Zeile 9 * * Seite 10, Zeile 2 - Zeile 20 * * Seite 15, Zeile 27 - Seite 16, Zeile 25 * * Seite 17, Zeile 6 - Zeile 7 * * Abbildung 1 *	1-11, 14, 15
E	WO 2010/072729 A2 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; LI HONGTAO [CH]; NAGEL HOLGER [DE]; NUGROH) 1. Juli 2010 (2010-07-01) * Seite 4, Zeile 30 - Seite 6, Zeile 18; Abbildung 1 *	1-5
-/-		
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anfang Patentfamilie		
* 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 Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "I" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelsfrei zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen in Recherchenbericht genannten Veröffentlichung bestätigt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "C" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Besprechung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "S" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipie 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 tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art		Absenderdatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
7. Februar 2011		11 FEB 2011
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde		Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 NV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-2016		Coquau, Stéphane

Formblatt PCT/ISA/201 (Bis 2) (Januar 2004)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 8412010

C (Fortsetzung): ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bez. Anspruch Nr.
X	US 6 173 562 B1 (UTAMURA MOTOAKI [JP] ET AL) 16. Januar 2001 (2001-01-16)	1
A	* Abbildung 15 *	11
	* Spalte 5, Zeile 56 - Spalte 6, Zeile 4 *	
	* Spalte 7, Zeile 48 - Spalte 8, Zeile 21 *	
X	US 2002/043063 A1 (KATAOKA MASAKI [JP] ET AL) 18. April 2002 (2002-04-18)	1
A	* Absätze [0054] - [0060], [0112]; Abbildung 17 *	11
X	DE 27 31 387 A1 (HYDRAGON CORP) 26. Januar 1978 (1978-01-26)	1
A	* Seite 23, Absatz 3 - Seite 25, Absatz 1; Abbildung 1 *	11
A	US 2010/058758 A1 (GILCHRIST III GEORGE MARTIN [US] ET AL) 11. März 2010 (2010-03-11)	1, 11
	* Absatz [0017]; Abbildung 3 *	

Formblatt PCT/ISA301 (Fortsetzung von Blatt 2) (Januar 2004)

Seite 2 von 2

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 8412010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglieder der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010072710	A2	01-07-2010 EP 2248999 A1	10-11-2010
WO 2010072729	A2	01-07-2010 EP 2246532 A1	03-11-2010
US 6173562	B1	16-01-2001 KEINE	
US 2002043063	A1	18-04-2002 KEINE	
DE 2731387	A1	26-01-1978 JP 53013014 A	06-02-1978
US 2010058758	A1	11-03-2010 CN 101672222 A	17-03-2010
		DE 102009043896 A1	15-04-2010
		JP 2010065694 A	25-03-2010

Formblatt PCT/ISA/201 (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)